

Steffen Schaal
Konrad Kunsch
Steffen Kunsch

Der Mensch in Zahlen

Eine Datensammlung in Tabellen
mit über 20000 Einzelwerten

4. Auflage

Der Mensch in Zahlen

Steffen Schaal • Konrad Kunsch • Steffen Kunsch

Der Mensch in Zahlen

Eine Datensammlung in Tabellen mit über 20000 Einzelwerten

4., vollständig überarbeitete und ergänzte Auflage

Steffen Schaal
Pädagogische Hochschule Ludwigsburg
Ludwigsburg, Deutschland

Konrad Kunsch
Pädagogische Hochschule Ludwigsburg
Ludwigsburg, Deutschland

Steffen Kunsch
Klinik für Innere Medizin SP Gastroenterologie
Universitätsklinikum Gießen und Marburg
Marburg, Deutschland

ISBN 978-3-642-55398-1 ISBN 978-3-642-55399-8 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-642-55399-8

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Spektrum
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2006, 2016
Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen.

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier.

Springer Berlin Heidelberg ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media
(www.springer.com)

Vorwort zur 4. Auflage

Wir bedanken uns bei den Lesern der 3. Auflage des Buches „Der Mensch in Zahlen“, das sehr positiv aufgenommen wurde und so großes Interesse fand, dass nun eine Neuauflage erforderlich wurde. Diese Neuauflage wurde auf Grundlage des eingeführten Werkes von Konrad und Steffen Kunsch fortgesetzt und erweitert das bewährte Konzept. Für die Möglichkeit an diesem Werk weiterarbeiten zu können gilt mein besonderer Dank den beiden Begründern des „Mensch in Zahlen“.

Der menschliche Körper besteht aus bis zu 100 Billionen Zellen, die Gesamtlänge aller Nervenfasern entspricht der Wegstrecke von der Erde zum Mond und wieder zurück und es werden 2,4 Millionen rote Blutzellen pro Sekunde gebildet. Der komplexe Aufbau des Körpers und seine fast unbegreiflichen Leistungen bringen uns zum Staunen und damit sollen die Kapitel der 4. Auflage eingeführt werden.

Die Daten werden möglichst verständlich eingeführt und lassen dadurch leichter erkennen, was mit den Zahlen in den Tabellen, die wissenschaftlichen Standards entsprechen müssen, gemeint ist. Durch diese Kombination hoffen die Autoren allgemeines Interesse mit Wissenschaftlichkeit zu verbinden.

Ansonsten werden die konzeptionellen Grundlagen der bisherigen Auflagen beibehalten und Zahlenwerte zum menschlichen Körper, zur Gesundheit, zur Evolution und zur Bevölkerungsentwicklung in tabellarischer Form aufbereitet und aktualisiert. Damit soll allen Interessierten, besonders in Schulen und Hochschulen, ein schneller Zugriff auf wichtige und interessante Daten ermöglicht und Internetrecherchen in wissenschaftlich abgesicherter Buchform ergänzt werden.

Durch die jetzt sehr umfangreichen „Zahlen zum Staunen“ soll das Buch zum Schmökerin einladen und nicht nur ein Nachschlagewerk sein. Um den Umfang des Buches im bisherigen Rahmen zu halten, wird bei statistischen Daten der Fokus mehr auf tendenzielle Entwicklungen gelegt und es werden Hilfen für den Zugang zu aktuellen Internetdaten gegeben.

Mein ganz besonderer Dank gilt Gabriele Topaltzis für die Unterstützung bei der Literaturarbeit. Ebenso bedanke ich mich bei Stefanie Wolf und bei Martina Mechler vom Springer Verlag für die Unterstützung und die freundliche Zusammenarbeit. Für das gründliche und sehr zuverlässige Auffinden von Fehlern und Inkonsistenzen im Manuskript bin ich Anabel Haas zu Dank verpflichtet. Ihre Geduld beim Korrekturlesen war unermesslich

und sie hat wesentlich zur Qualität der Datentabellen beigetragen. Zuletzt geht ein dickes Dankeschön an Sonja Schaal, die mich bei der Erstellung dieses Werkes unermüdlich unterstützt hat und mir zur Seite stand. Ein großer Dank gilt auch Pauline und Johanna, die sich geduldig die spannenden Entdeckungen bei der Recherche angehört und sich bei der Auswahl interessanter Themenfelder beteiligt haben

Im Februar 2015

Steffen Schaal

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------------|--|----|
| 1 | Der Körper des Menschen | 1 |
| 1.1 | Die Zelle | 1 |
| Tabelle 1.1.1 | Zahlen zum Staunen | 2 |
| Tabelle 1.1.2 | Fortschritte bei der Erforschung der Zelle | 2 |
| Tabelle 1.1.3 | Die Zelle und das Problem der Größe | 5 |
| Tabelle 1.1.4 | Ausgewählte Angaben zur Zahl und Größe menschlicher Zellen | 6 |
| Tabelle 1.1.5 | Lebensdauer verschiedener Zellarten im menschlichen Körper | 7 |
| Tabelle 1.1.6 | Die Zellmembran | 9 |
| Tabelle 1.1.7 | Endoplasmatisches Retikulum und Ribosomen | 10 |
| Tabelle 1.1.8 | Golgiapparat, Lysosomen und Peroxisomen | 11 |
| Tabelle 1.1.9 | Zellkompartimente am Beispiel einer Leberzelle | 12 |
| Tabelle 1.1.10 | Oberflächendifferenzierungen der Zelle | 13 |
| Tabelle 1.1.11 | Das Cytoskelett der Zelle | 14 |
| Tabelle 1.1.12 | Mitochondrien | 15 |
| Tabelle 1.1.13 | Der Zellkern (Nucleus) | 16 |
| Tabelle 1.1.14 | Chromatin, Histone und Nukleosomen | 18 |
| Tabelle 1.1.15 | Desoxyribonukleinsäure DNA | 19 |
| Tabelle 1.1.16 | Chemische Zusammensetzung der Zelle | 20 |
| Tabelle 1.1.17 | Die Chromosomen des Menschen | 20 |
| Tabelle 1.1.18 | Anzahl der Chromosomen in einer diploiden Zelle bei verschiedenen Arten | 22 |
| Tabelle 1.1.19 | Der DNA-Gehalt einer menschlichen Zelle im Vergleich zu anderen Spezies | 23 |
| Tabelle 1.1.20 | Die Dauer des Zellteilungszyklus am Beispiel einer Knochenzelle | 23 |
| Tabelle 1.1.21 | Die Gesamtdauer der Meiose beim Menschen im Vergleich zu anderen Organismen | 24 |
| Tabelle 1.1.22 | Nukleotide der menschlichen DNA | 25 |
| Tabelle 1.1.23 | Die Gene des Menschen | 26 |
| Tabelle 1.1.24 | Die Gendichte beim Menschen im Vergleich zu anderen Organismen | 27 |

| | | |
|----------------|---|----|
| Tabelle 1.1.25 | Das Genom des Menschen im Vergleich zum Schimpansen | 27 |
| Tabelle 1.1.26 | Das Genom des Menschen im Vergleich zu anderen Spezies | 28 |
| Tabelle 1.1.27 | Fortschritte in Genetik und Gentechnik | 29 |
| 1.2 | Der Stütz- und Bewegungsapparat | 32 |
| Tab. 1.2.1 | Zahlen zum Staunen | 33 |
| Tab. 1.2.2 | Die Muskeln des Menschen | 34 |
| Tab. 1.2.3 | Motorische Einheiten | 34 |
| Tab. 1.2.4 | Die Skelettmuskulatur | 35 |
| Tab. 1.2.5 | Energiequellen der Skelettmuskulatur | 36 |
| Tab. 1.2.6 | Energiequellen der Skelettmuskulatur in Abhängigkeit von ausgewählten sportlichen Belastungen | 38 |
| Tab. 1.2.7 | Die Durchblutung der Skelettmuskulatur | 38 |
| Tab. 1.2.8 | Die Herzmuskelatur | 39 |
| Tab. 1.2.9 | Die glatte Muskulatur | 40 |
| Tab. 1.2.10 | Die Reizung der Muskulatur und Auslösung einer Dauerkontraktion (Tetanus) | 41 |
| Tab. 1.2.11 | Die Knochen des Menschen | 42 |
| Tab. 1.2.12 | Der Aufbau der Knochen des Menschen | 43 |
| Tab. 1.2.13 | Zusammensetzung des Knochengewebes | 45 |
| Tab. 1.2.14 | Anzahl der Knochen | 46 |
| Tab. 1.2.15 | Verknöcherung und Fontanellenschluss | 48 |
| Tab. 1.2.16 | Bindegewebe und Knorpel | 50 |
| Tab. 1.2.17 | Die Gelenkmechanik der Extremitäten | 51 |
| Tab. 1.2.18 | Die Gelenkmechanik von Kopf-, Schulter- und Wirbelsegmenten | 53 |
| Tab. 1.2.19 | Extreme Größen und extreme Gewichte | 54 |
| 1.3 | Das Blut | 55 |
| Tab. 1.3.1 | Zahlen zum Staunen | 56 |
| Tab. 1.3.2 | Zusammensetzung und Eigenschaften des Blutes | 57 |
| Tab. 1.3.3 | Die zellulären Bestandteile des Blutes | 58 |
| Tab. 1.3.4 | Die Blutkörperchensenkungsgeschwindigkeit (BSG) | 60 |
| Tab. 1.3.5 | Die roten Blutkörperchen (Erythrozyten) | 60 |
| Tab. 1.3.6 | Das Hämoglobin in den roten Blutkörperchen | 61 |
| Tab. 1.3.7 | Weiße Blutkörperchen (Leukozyten) | 63 |
| Tab. 1.3.8 | Blutplättchen (Thrombozyten) und Blutgerinnung | 64 |
| Tab. 1.3.9 | Ausgewählte Plasmafaktoren der Blutgerinnung | 65 |
| Tab. 1.3.10 | Das Blutplasma | 66 |
| Tab. 1.3.11 | Der Sauerstofftransport im Blut | 67 |
| Tab. 1.3.12 | Der Kohlenstoffdioxidtransport im Blut | 68 |

| | | |
|-------------|--|-----|
| Tab. 1.3.13 | Verteilung des Kohlenstoffdioxids im arteriellen und venösen Blut | 68 |
| Tab. 1.3.14 | Arterielle und venöse Blutgasanalyse | 69 |
| Tab. 1.3.15 | Serumproteine | 70 |
| Tab. 1.3.16 | Die verschiedenen Immunglobulin-Klassen | 71 |
| Tab. 1.3.17 | Häufigkeit der Blutgruppen bei verschiedenen Völkern | 71 |
| Tab. 1.3.18 | Prozentuale Verteilung der Rhesus-Faktoren bei ausgewählten Völkern | 73 |
| Tab. 1.3.19 | Zeittafel der Bluttransfusionen | 74 |
| Tab. 1.3.20 | Normalwerte des Blutes | 74 |
| 1.4 | Das Herz | 77 |
| Tab. 1.4.1 | Zahlen zum Staunen | 77 |
| Tab. 1.4.2 | Das Herz | 78 |
| Tab. 1.4.3 | Kammer- und Transportvolumen des Herzens | 80 |
| Tab. 1.4.4 | Arbeit und Leistung des Herzens sowie Druckverhältnisse im Herz | 81 |
| Tab. 1.4.5 | Herzzyklus, Erregung des Herzens und Herztöne | 83 |
| Tab. 1.4.6 | Die Herzschlagfrequenz | 84 |
| Tab. 1.4.7 | Durchblutung und Sauerstoffversorgung des Herzens in Ruhe und bei schwerer Arbeit | 85 |
| Tab. 1.4.8 | Erregungsleitung und Automatiezentren im Herz | 86 |
| 1.5 | Blutkreislauf und Stoffaustausch | 87 |
| Tab. 1.5.1 | Zahlen zum Staunen | 88 |
| Tab. 1.5.2 | Größenangaben zu den Blutgefäßen | 89 |
| Tab. 1.5.3 | Der Blutdruck in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht | 90 |
| Tab. 1.5.4 | Die Verteilung des Blutvolumens im Gefäßsystem und die Verteilung des Herzminutenvolumens auf die Organe | 92 |
| Tab. 1.5.5 | Die Durchblutung verschiedener Organe | 93 |
| Tab. 1.5.6 | Der Sauerstoffverbrauch der Organe | 94 |
| Tab. 1.5.7 | Die Kapillaren | 95 |
| Tab. 1.5.8 | Stoffaustausch durch Filtration und Reabsorption in den Kapillaren | 96 |
| Tab. 1.5.9 | Porenweite der Kapillaren und Molekülradien | 97 |
| Tab. 1.5.10 | Veränderungen im Herzkreislaufsystem beim Übergang vom Liegen zum Stehen | 98 |
| Tab. 1.5.11 | Einfluss des hydrostatischen Drucks im Stehen auf venöse und arterielle Druckwerte in Organen und Extremitäten | 98 |
| Tab. 1.5.12 | Pulswellengeschwindigkeit im Blutgefäßsystem | 99 |
| Tab. 1.5.13 | Der fetale Blutkreislauf | 100 |

| | | |
|-------------|--|-----|
| 1.6 | Atmung | 101 |
| Tab. 1.6.1 | Zahlen zum Staunen | 101 |
| Tab. 1.6.2 | Die Lunge und die Luftröhre des Menschen | 102 |
| Tab. 1.6.3 | Aufzweigungsschritte des Atemwegsystems | 104 |
| Tab. 1.6.4 | Atemfrequenz, Atemzugvolumen und Atemminutenvolumen in Abhängigkeit vom Alter und dem Geschlecht | 104 |
| Tab. 1.6.5 | Lungenvolumina und Ventilation | 105 |
| Tab. 1.6.6 | Unterschiede der Vitalkapazität nach Geschlecht, Alter, Körperlänge und bei Sportlern | 107 |
| Tab. 1.6.7 | Sauerstoffverbrauch und Gasaustausch | 108 |
| Tab. 1.6.8 | Zusammensetzung der Atemluft sowie Partialdrücke . | 109 |
| Tab. 1.6.9 | Atemgase im Blut und im Gewebe | 110 |
| Tab. 1.6.10 | Partialdrücke der Atemgase im fetalen Blut | 111 |
| Tab. 1.6.11 | Atembedingungen beim Tauchen | 112 |
| Tab. 1.6.12 | Drücke und Lungenvolumen beim Tauchen | 112 |
| Tab. 1.6.13 | Atembedingungen in großer Höhe | 113 |
| Tab. 1.6.14 | Das Atemgift Kohlenmonoxid (CO) | 114 |
| Tab. 1.6.15 | Das Kohlenstoffdioxid (CO ₂) als Atemgift | 114 |
| Tab. 1.6.16 | Grund-, Freizeit- und Arbeitsumsatz | 115 |
| Tab. 1.6.17 | Äußere Einflüsse auf den Energieumsatz | 116 |
| Tab. 1.6.18 | Anteile verschiedener Organe am Grundumsatz | 116 |
| Tab. 1.6.19 | Die Energievorräte im Körper | 117 |
| Tab. 1.6.20 | Unterschiedliche Tätigkeiten und die dabei erbrachte Leistung | 118 |
| 1.7 | Verdauung und Verdauungsorgane | 119 |
| Tab. 1.7.1 | Zahlen zum Staunen | 119 |
| Tab. 1.7.2 | Kohlenhydrate und ihre Verdauung | 120 |
| Tab. 1.7.3 | Eiweiße und ihre Verdauung | 121 |
| Tab. 1.7.4 | Fette und ihre Verdauung | 123 |
| Tab. 1.7.5 | Flüssigkeitsbilanz und Verweildauer des Speisebreis im Magen-Darm-Kanal | 124 |
| Tab. 1.7.6 | Resorption im Magen-Darm-Kanal | 125 |
| Tab. 1.7.7 | Das Milchgebiss | 126 |
| Tab. 1.7.8 | Das Dauergebiss | 126 |
| Tab. 1.7.9 | Zusammensetzung eines Zahnes | 128 |
| Tab. 1.7.10 | Speichel, Speicheldrüsen und Speichelproduktion . | 128 |
| Tab. 1.7.11 | Die Speiseröhre und der Schluckvorgang | 130 |
| Tab. 1.7.12 | Magen und Verweildauer der Nahrung im Magen . | 131 |
| Tab. 1.7.13 | Der Magensaft | 132 |
| Tab. 1.7.14 | pH-Werte des Darminhaltes im Magen-Darm-Kanal | 133 |
| Tab. 1.7.15 | Die Leber | 134 |

| | | |
|-------------|--|-----|
| Tab. 1.7.16 | Die Galle. | 135 |
| Tab. 1.7.17 | Die Gallenblase | 137 |
| Tab. 1.7.18 | Die Bauchspeicheldrüse (Pankreas) und der Pankreasssaft | 137 |
| Tab. 1.7.19 | Der Dünndarm | 139 |
| Tab. 1.7.20 | Oberflächenvergrößerung der Schleimhaut des Dünndarms | 141 |
| Tab. 1.7.21 | Dickdarm und Mastdarm | 142 |
| Tab. 1.7.22 | Die Kotmenge und Passagezeiten in Abhängigkeit von der Ernährung | 143 |
| Tab. 1.7.23 | Die Zusammensetzung des Kots. | 144 |
| Tab. 1.7.24 | Die Darmgase | 145 |
| 1.8 | Harnorgane, Harnbildung und Wasserhaushalt | 146 |
| Tab. 1.8.1 | Zahlen zum Staunen | 147 |
| Tab. 1.8.2 | Entwicklung, Lage und Bau der Nieren | 147 |
| Tab. 1.8.3 | Das Nephron. | 149 |
| Tab. 1.8.4 | Die Filtration in den Nierenkörperchen | 150 |
| Tab. 1.8.5 | Durchblutung, Sauerstoffverbrauch und Energiehaushalt der Nieren | 151 |
| Tab. 1.8.6 | Das harnableitende System | 153 |
| Tab. 1.8.7 | Der Harn und das Harnsediment. | 154 |
| Tab. 1.8.8 | Täglich ausgeschiedene Inhaltsstoffe des Harns. | 155 |
| Tab. 1.8.9 | Filtrations-, Resorptions- und Ausscheidungswerte verschiedener Stoffe in der Niere | 155 |
| Tab. 1.8.10 | Die Beziehung zwischen Molekulargewicht, Molekülgröße und glomerulärer Filtrierbarkeit | 156 |
| Tab. 1.8.11 | Normalwerte der Harninhaltsstoffe | 157 |
| Tab. 1.8.12 | Die Wasserbilanz bei Erwachsenen und Säuglingen. | 158 |
| Tab. 1.8.13 | Der tägliche Wasserbedarf. | 159 |
| Tab. 1.8.14 | Die Verteilung des Körperwassers. | 160 |
| 1.9 | Haut, Haare, Geschmacks- und Geruchssinn | 160 |
| Tab. 1.9.1 | Zahlen zum Staunen | 161 |
| Tab. 1.9.2 | Anatomie, Physiologie und die Blutversorgung der Haut | 162 |
| Tab. 1.9.3 | Die Oberhaut | 163 |
| Tab. 1.9.4 | Der Tastsinn der Haut und die simultanen Raumschwellen | 164 |
| Tab. 1.9.5 | Der Wärmesinn der Haut | 166 |
| Tab. 1.9.6 | Die Schweißsekretion und Schweißdrüsen | 167 |
| Tab. 1.9.7 | Die Haare des Menschen | 169 |
| Tab. 1.9.8 | Anzahl der Haare an verschiedenen Körperstellen bei Menschen und zum Vergleich bei Affen | 170 |

| | | |
|--|---|-----|
| Tab. 1.9.9 | Wachstum und Verlust der Haare | 171 |
| Tab. 1.9.10 | Wachstum bei Fingernägel und bei Zehennägel | 172 |
| Tab. 1.9.11 | Der Wärmehaushalt des menschlichen Körpers | 173 |
| Tab. 1.9.12 | Wärmeabgabe, Wärmebildung und Temperaturen | 174 |
| Tab. 1.9.13 | Der Geschmackssinn der Zunge | 175 |
| Tab. 1.9.14 | Das Riechsystem | 177 |
| Tab. 1.9.15 | Wahrnehmungsschwelle für Geruchstoffe | 178 |
| 1.10 Auge | | 179 |
| Tab. 1.10.1 | Zahlen zum Staunen | 179 |
| Tab. 1.10.2 | Das Auge und die äußere Augenhaut | 180 |
| Tab. 1.10.3 | Die mittlere Augenhaut, Glaskörper und Linse | 182 |
| Tab. 1.10.4 | Die innere Augenhaut (Netzhaut) | 183 |
| Tab. 1.10.5 | Die Sehsinneszellen in der Netzhaut | 184 |
| Tab. 1.10.6 | Das abbildende System des Auges | 185 |
| Tab. 1.10.7 | Das Kammerwasser | 186 |
| Tab. 1.10.8 | Angaben zur Funktion des Auges | 186 |
| Tab. 1.10.9 | Die Tränenflüssigkeit | 188 |
| Tab. 1.10.10 | Die Vererbung der Augenfarben | 188 |
| Tab. 1.10.11 | Äußeres Ohr und Mittelohr | 189 |
| Tab. 1.10.12 | Das Innenohr | 190 |
| Tab. 1.10.13 | Hörleistungen | 192 |
| Tab. 1.10.14 | Stimme und Sprache | 193 |
| Tab. 1.10.15 | Schallpegelkataloge und Gehörschutzmehrleistungen . | 194 |
| 1.11 Nervensystem und Gehirn | | 197 |
| Tab. 1.11.1 | Zahlen zum Staunen | 197 |
| Tab. 1.11.2 | Das periphere Nervensystem | 198 |
| Tab. 1.11.3 | Dendriten und Axone einer Nervenzelle | 200 |
| Tab. 1.11.4 | Gehirn und Rückenmark des Menschen | 201 |
| Tab. 1.11.5 | Das Großhirn | 203 |
| Tab. 1.11.6 | Das Kleinhirn | 204 |
| Tab. 1.11.7 | Die Synapsen | 205 |
| Tab. 1.11.8 | Gehirngewichte bedeutender Menschen | 206 |
| Tab. 1.11.9 | Die Durchblutung und die Sauerstoffversorgung des Gehirns | 206 |
| Tab. 1.11.10 | Informationsfluss, Gedächtnis und Extremleistungen des Gedächtnisses | 208 |
| Tab. 1.11.11 | Die Gehirn-Rückenmarksflüssigkeit (Liquor) | 209 |
| Tab. 1.11.12 | Stoffwechselvorgänge im Gehirn | 210 |
| Tab. 1.11.13 | EEG bei unterschiedlichen Aktivitätszuständen des Gehirns | 211 |
| Tab. 1.11.14 | Tägliche durchschnittliche Schlafdauer in Abhängigkeit vom Alter | 212 |

| | |
|---|-----|
| 1.12 Hormone | 212 |
| Tab. 1.12.1 Zahlen zum Staunen | 213 |
| Tab. 1.12.2 Die Schilddrüse | 214 |
| Tab. 1.12.3 Die Hormone der Schilddrüse | 215 |
| Tab. 1.12.4 Die Epithelkörperchen der Schilddrüse und das Parathormon | 216 |
| Tab. 1.12.5 Die Nebenniere und ihre Hormone | 217 |
| Tab. 1.12.6 Häufigkeit klinischer Symptome bei einer Überproduktion von Aldosteron (primärer Hyperaldosteronismus, Morbus Conn) | 219 |
| Tab. 1.12.7 Häufigkeit klinischer Symptome bei einer Minderfunktion der Nebennierenrinde | 219 |
| Tab. 1.12.8 Die Hormone der Bauchspeicheldrüse | 220 |
| Tab. 1.12.9 Die Zuckerkrankheit (<i>Diabetes mellitus</i>) | 221 |
| Tab. 1.12.10 Kriterien zur Beurteilung der Stoffwechseleinstellung eines Patienten mit Zuckerkrankheit | 222 |
| Tab. 1.12.11 Häufigkeit des Jugenddiabetes | 223 |
| Tab. 1.12.12 Ausgewählte Hormone des Hypothalamus | 224 |
| Tab. 1.12.13 Die Hypophyse | 224 |
| Tab. 1.12.14 Hypophysenadenome | 226 |
| Tab. 1.12.15 Die Hormone der Hypophyse | 226 |
| Tab. 1.12.16 Häufigkeit der Symptome bei Überproduktion des Wachstumshormons (Akromegalie) | 227 |
| Tab. 1.12.17 Häufigkeit der Symptome bei erhöhtem Kortisolspiegel (Cushing-Syndrom) | 228 |
| Tab. 1.12.18 Die Zirbeldrüse und Melatonin | 228 |
| Tab. 1.12.19 Normalwerte der Hormone im Blut | 229 |
| Tab. 1.12.20 Normalwerte der Hormone und Hormonabbauprodukte im Urin | 232 |
| Tab. 1.12.21 Zeittafel der Hormonforschung | 233 |
| 1.13 Geschlechtsorgane | 235 |
| Tab. 1.13.1 Fragen und Antworten zum Staunen | 236 |
| Tab. 1.13.2 Die Anatomie der Hoden | 236 |
| Tab. 1.13.3 Samenzellen und ihre Entwicklung | 238 |
| Tab. 1.13.4 Die Samenwege | 239 |
| Tab. 1.13.5 Der Penis und die Geschlechtsdrüsen | 240 |
| Tab. 1.13.6 Die Zusammensetzung der Samenflüssigkeit | 241 |
| Tab. 1.13.7 Anzahl der Samenzellen im Ländervergleich und im Zeitraster | 243 |
| Tab. 1.13.8 Die Eierstöcke | 244 |
| Tab. 1.13.9 Der Eileiter und die Gebärmutter | 245 |

| | | |
|--------------|---|-----|
| Tab. 1.13.10 | Die Plazenta und die Zottenbäume | 247 |
| Tab. 1.13.11 | Scheide, Kitzler und weibliche Harnröhre | 248 |
| Tab. 1.13.12 | Der Menstruationszyklus | 249 |
| 1.14 | Befruchtung, Geburt und Entwicklung | 250 |
| Tab. 1.14.1 | Fragen und Antworten zum Staunen | 251 |
| Tab. 1.14.2 | Die Befruchtung | 252 |
| Tab. 1.14.3 | Die Entwicklung des Embryos | 253 |
| Tab. 1.14.4 | Die Gewichtszunahme während der Schwangerschaft | 256 |
| Tab. 1.14.5 | Die Geburt | 256 |
| Tab. 1.14.6 | Meilensteine der kindlichen Entwicklung | 257 |
| Tab. 1.14.7 | Mehrlingsgeburten und die Häufigkeit von Missbildungen | 259 |
| Tab. 1.14.8 | Die Häufigkeit monogener Erbleiden | 259 |
| Tab. 1.14.9 | Chromosomeninstabilitätssyndrome | 261 |
| Tab. 1.14.10 | Die Häufigkeit von Mutanten in Keimzellen bei monogenen Erbleiden | 262 |
| Tab. 1.14.11 | Polygene (multifaktorielle) Vererbung am Beispiel ausgewählter Erkrankungen | 263 |
| Tab. 1.14.12 | Die Erbbedingtheit von Körpermaßen | 265 |
| Tab. 1.14.13 | Das Down-Syndrom | 266 |
| Tab. 1.14.14 | Die Häufigkeit von Chromosomenanomalien | 267 |
| Tab. 1.14.15 | Ursachen des Schwachsinn (Oligophrenie) | 267 |
| 1.15 | Die Zusammensetzung des Körpers | 268 |
| Tab. 1.15.1 | Zahlen zum Staunen | 268 |
| Tab. 1.15.2 | Die Zusammensetzung des Körpers in Prozent der Körpermasse | 269 |
| Tab. 1.15.3 | Die Zusammensetzung des Körpers nach Alter und Geschlecht | 270 |
| Tab. 1.15.4 | Die Zusammensetzung des Körpers nach ausgewählten Elementen | 271 |
| Tab. 1.15.5 | Der Wassergehalt verschiedener Organe | 272 |
| Tab. 1.15.6 | Die Zusammensetzung verschiedener Organe des Körpers nach dem Anteil ausgewählter Stoffe | 272 |
| Tab. 1.15.7 | Spurenelemente in Organen und Geweben | 273 |
| Tab. 1.15.8 | Das Eisen – ein Spurenelement im Körper | 274 |
| Tab. 1.15.9 | Der Cholesteringehalt von Geweben | 275 |
| Tab. 1.15.10 | Die Zusammensetzung von Gehirn und Nerven nach ausgewählten anorganischen Bestandteilen | 275 |
| Tab. 1.15.11 | Zusammensetzung von Gehirn und Nerven nach ausgewählten organischen Bestandteilen | 276 |
| Tab. 1.15.12 | Frei austauschbarer Anteil wichtiger Elektrolyte | 276 |

| | | |
|----------------|--|------------|
| Tab. 1.15.13 | Verteilung wichtiger Ionen in der extrazellulären und der intrazellulären Flüssigkeit. | 277 |
| Tab. 1.15.14 | Ionenkonzentration in den Flüssigkeitskompartimenten des Körpers | 278 |
| Tab. 1.15.15 | pH-Werte verschiedener Körperflüssigkeiten | 278 |
| 2 | Gesundheit | 281 |
| 2.1 | Ernährung und Nahrungsmittel | 281 |
| Tabelle 2.1.1 | Essgewohnheiten im Überblick | 281 |
| Tabelle 2.1.2 | Körpergröße, Körbergewicht und Körpermassenindex (BMI) nach Altersgruppen und Geschlecht in Deutschland 2013 | 283 |
| Tabelle 2.1.3 | Körpermassenindex (BMI) Grenzwerte bei Jungen und Mädchen in Deutschland im Alter von 12 bis 16 Jahren. | 285 |
| Tabelle 2.1.4 | Energiegewinnung bei unterschiedlichen Anteilen von Kohlenhydraten und Fetten in der Nahrung. | 286 |
| Tabelle 2.1.5 | Adipositas und Krankheiten | 287 |
| Tabelle 2.1.6 | Extremes Gewicht | 287 |
| Tabelle 2.1.7 | Täglicher Energiebedarf des Menschen | 288 |
| Tabelle 2.1.8 | Empfehlungen zur Deckung des täglichen Bedarfs an ausgewählten Nährstoffen | 289 |
| Tabelle 2.1.9 | Empfehlungen zur Deckung des täglichen Wasserbedarfs | 292 |
| Tabelle 2.1.10 | Empfehlungen zur Deckung des täglichen Bedarfs an ausgewählten Vitaminen | 293 |
| Tabelle 2.1.11 | Vitamingehalt von Früchten, Fruchtsäften, Gemüse und Salaten | 294 |
| Tabelle 2.1.12 | Inhaltsstoffe ausgewählter Nahrungsmittel: Protein-, Fett-, Kohlenhydrat-, Ballaststoff- und Energiegehalt | 296 |
| Tabelle 2.1.13 | Inhaltsstoffe ausgewählter Nahrungsmittel: Wasser-, Mineralstoff-, Na-, K-, Ca- und Fe-Gehalt. . | 298 |
| Tabelle 2.1.14 | Inhaltsstoffe ausgewählter Nahrungsmittel: Vitamingehalt | 300 |
| Tabelle 2.1.15 | Die Menge ausgewählter Nahrungsmittel mit vergleichbarem Energiegehalt | 303 |
| Tabelle 2.1.16 | Verbrauch von Nahrungsmitteln in Deutschland 1995–2012. | 307 |
| Tabelle 2.1.17 | Verbrauch von Gemüse und Zitrusfrüchten in Deutschland 1995–2012 | 309 |

| | | | |
|----------------|---|---|-----|
| Tabelle 2.1.18 | Verbrauch von Getränken in Deutschland 1995–2012 | 311 | |
| Tabelle 2.1.19 | Aufwendungen für Nahrungsmittel, Getränke und Tabakwaren je Haushalt und Monat in Deutschland 1998 bis 2012 | 312 | |
| 2.2 | Kreislauferkrankungen und Sport | 313 | |
| | Tabelle 2.2.1 | Daten im Überblick | 313 |
| | Tabelle 2.2.2 | Ausgewählte Krankheiten des Kreislaufsystems, Sterbefälle je 100.000 Einwohner in Deutschland 1990–2012 | 315 |
| | Tabelle 2.2.3 | Ausgewählte Krankheiten des Kreislaufsystems, Sterbefälle je 100.000 Einwohner im früheren Bundesgebiet von 1965–1997 | 316 |
| | Tabelle 2.2.4 | Ausgewählte Krankheiten des Kreislaufsystems im internationalen Vergleich zu Deutschland | 318 |
| | Tabelle 2.2.5 | Das Risiko, durch einen erhöhten Blutdruck an Herzkrankheiten zu erkranken: Häufigkeit der Blutdruckklassen in der Bevölkerung | 319 |
| | Tabelle 2.2.6 | Das Risiko, durch erhöhte Cholesterinwerte an Kreislauferkrankungen zu erkranken: Gesamtserum-cholesterinspiegel und HDL-Cholesterin, Risikoklassen | 320 |
| | Tabelle 2.2.7 | Beurteilung ausgewählter Trendsportarten nach sportmedizinischen Gesichtspunkten | 321 |
| | Tabelle 2.2.8 | Gesamtbewertung ausgewählter Sportarten | 323 |
| | Tabelle 2.2.9 | Beurteilung ausgewählter Sportarten nach der Umweltverträglichkeit | 326 |
| | Tabelle 2.2.10 | Veränderung biochemischer Parameter im Blut vor und nach einem 800-m-Lauf | 328 |
| | Tabelle 2.2.11 | Sportliche Leistungen bei Frauen und Männern im Vergleich | 329 |
| | Tabelle 2.2.12 | Trainingsempfehlungen nach Altersstufen und Geschlecht | 330 |
| 2.3 | Alkohol, Tabak, illegale Drogen und Medikamente | 331 | |
| | Tabelle 2.3.1 | Alkohol – Konsum und Folgen | 331 |
| | Tabelle 2.3.2 | Alkohol im Körper | 332 |
| | Tabelle 2.3.3 | Häufigkeit von Fehlbildungen bei Kindern, die durch mütterliche Alkoholkrankheit bedingt sind . | 334 |
| | Tabelle 2.3.4 | Promillegrenzen in Europa | 335 |
| | Tabelle 2.3.5 | Gesamter Alkoholkonsum in reinem Alkohol pro Einwohner der Bevölkerung in Deutschland 1900–2012 | 336 |

| | | | |
|----------------|---|---|-----|
| Tabelle 2.3.6 | Rangfolge der EU-Staaten und ausgewählter Länder hinsichtlich des Alkoholkonsums (in reinem Alkohol) pro Kopf der Bevölkerung | 336 | |
| Tabelle 2.3.7 | Rangfolge der EU-Staaten und ausgewählter Länder hinsichtlich des Bierkonsums | 338 | |
| Tabelle 2.3.8 | Rangfolge der EU-Staaten und ausgewählter Länder hinsichtlich des Weinkonsums | 339 | |
| Tabelle 2.3.9 | Verbrauch alkoholischer Getränke pro Einwohner der Bevölkerung in Deutschland 1960–2012 | 341 | |
| Tabelle 2.3.10 | Einnahmen aus alkoholbezogenen Steuern | 341 | |
| Tabelle 2.3.11 | Alkoholkonsum von Jugendlichen nach Alter und Geschlecht | 342 | |
| Tabelle 2.3.12 | Alkohol im Straßenverkehr, Deutschland 2000–2012 | 344 | |
| Tabelle 2.3.13 | Unfälle unter Alkoholeinfluss mit Personenschäden in Deutschland 2012 | 344 | |
| Tabelle 2.3.14 | Rauchen – Konsum und Kosten in Deutschland | 345 | |
| Tabelle 2.3.15 | Tabakkonsum von Schülerinnen und Schülern | 347 | |
| Tabelle 2.3.16 | Illegalen Drogen – Konsum und Verkehrsunfälle | 349 | |
| Tabelle 2.3.17 | Rauschgiftdelikte und Rauschgiftsicherstellung in Deutschland 1995–2004 | 350 | |
| Tabelle 2.3.18 | Rauschgiftdelikte in den Bundesländern 2013 | 350 | |
| Tabelle 2.3.19 | Rauschgiftdelikte in den Großstädten ab 200.000 Einwohner und in den Landeshauptstädten 2012 | 351 | |
| Tabelle 2.3.20 | Rauschgifttote (Mortalität) 1995–2012 | 352 | |
| Tabelle 2.3.21 | Erstauffällige Konsumenten harter Drogen in Deutschland 2008–2012 und nach Rauschgiftart 2004 | 352 | |
| Tabelle 2.3.22 | Trends der Prävalenz des Konsums illegaler Drogen bei 18- bis 24-Jährigen und bei 18- bis 39-Jährigen in Deutschland | 353 | |
| Tabelle 2.3.23 | Arzneimittel – Konsum und Suchtpotenzial | 354 | |
| Tabelle 2.3.24 | Die meistverkauften Arzneimittel in Deutschland 2004 | 355 | |
| Tabelle 2.3.25 | Die umsatzstärksten Arzneimittel in Deutschland 2004 | 357 | |
| Tabelle 2.3.26 | Veränderungen im Verbrauch der Benzodiazepin-Mengen 1993–2004 | 358 | |
| 2.4 | Aids, Krebs und andere ausgewählte Krankheiten | 359 | |
| | Tabelle 2.4.1 | HIV/AIDS-Daten und Trends weltweit | 359 |
| | Tabelle 2.4.2 | Chronik der AIDS-Epidemie | 360 |
| | Tabelle 2.4.3 | HIV/AIDS – in den Regionen der Welt | 362 |
| | Tabelle 2.4.4 | HIV – in Europa 2008–2012 | 363 |

| | | |
|----------------|---|-----|
| Tabelle 2.4.5 | HIV/AIDS – Deutschland und ausgewählte Bundesländer 2013 | 366 |
| Tabelle 2.4.6 | HIV und AIDS in Deutschland – nach Altersgruppen und Geschlecht. | 373 |
| Tabelle 2.4.7 | Krebs – Daten und Trends in Deutschland. | 374 |
| Tabelle 2.4.8 | Krebs bei Kindern in Deutschland. | 375 |
| Tabelle 2.4.9 | Überlebenswahrscheinlichkeit für Krebsdiagnosen bei Kindern unter 15 Jahren in Deutschland. | 377 |
| Tabelle 2.4.10 | Geschätzte Zahl der Krebsneuerkrankungen in Deutschland 2009. | 377 |
| Tabelle 2.4.11 | Erkrankungs- und Sterberisiko ausgewählten Krebserkrankungen nach Alter und Geschlecht in Deutschland 2010. | 378 |
| Tabelle 2.4.12 | Ausgewählte Krankheiten – Erreger und Inkubationszeiten | 389 |
| Tabelle 2.4.13 | Meldepflichtige Infektionserkrankungen in Deutschland 2011 und 2012. | 393 |
| Tabelle 2.4.14 | Entwicklung der Tuberkuloseerkrankungen in Deutschland seit 1991. | 395 |
| Tabelle 2.4.15 | Anzahl und Inzidenz der Tuberkuloseerkrankungen nach Bundesländern 2007–2012. | 396 |
| Tabelle 2.4.16 | Resistente Tuberkuloseerreger 2009 der Erkrankten . | 396 |
| Tabelle 2.4.17 | Zeitlicher Verlauf von Anzahl und Inzidenz der Tuberkulose nach Geschlecht und Altersgruppe. . | 397 |
| Tabelle 2.4.18 | Inkubationszeiten und Krankheitsbilder der durch Zecken übertragenen Frühsommer-Hirnhautentzündung (FSME) und der Lyme-Borreliose | 398 |
| Tabelle 2.4.19 | Das Auftreten von Frühsommer-Hirnhautentzündung (FSME) in Süddeutschland sowie Empfehlungen zum Verhalten nach dem Zeckenbiss. | 399 |
| 2.5 | Todesursachen und Unfälle | 401 |
| Tabelle 2.5.1 | Sterbefälle nach ausgewählten Todesursachen in Deutschland 1990–2013 | 401 |
| Tabelle 2.5.2 | Sterbeziffern nach ausgewählten Todesursachen in Deutschland nach Alter und Geschlecht 2013. . . | 402 |
| Tabelle 2.5.3 | Unfälle als Todesursache in Deutschland nach Alter und Geschlecht 2013 | 408 |
| Tabelle 2.5.4 | Sterbefälle durch vorsätzliche Selbstbeschädigung in Deutschland 1998–2013 | 409 |

| | | |
|--|---|-----|
| Tabelle 2.5.6 | Verunglückte im Straßenverkehr nach Verkehrsbeteiligung, Alter und Geschlecht 2014 | 409 |
| Tabelle 2.5.7 | Verunglückte im Straßenverkehr nach Straßenart 2013 und 2014 | 412 |
| 3 Evolution und Fortschritte | | 415 |
| 3.1 Die Evolution des Menschen | | 415 |
| Tabelle 3.1.1 | Unsere Vergangenheit – ein Überblick | 415 |
| Tabelle 3.1.2 | Zeittafel zur Evolution des Menschen | 416 |
| Tabelle 3.1.3 | Bedeutende Funde zur Evolution des Menschen | 418 |
| Tabelle 3.1.4 | Zum Vergleich – Anatomische Daten der Menschenaffen | 420 |
| Tabelle 3.1.5 | Anatomische Daten zu den Funden | 420 |
| Tabelle 3.1.6 | Die Evolution des Menschen in einer 24-Stunden- Projektion | 422 |
| Tabelle 3.1.7 | Vergleich der Zahl der Aminosäuren zwischen dem Menschen und anderen Organismen am Beispiel des Cytochrom c | 422 |
| Tabelle 3.1.8 | Entwicklung der Bevölkerungsdichte und der Größe der Bevölkerung von der Altsteinzeit bis zur Neuzeit | 424 |
| 4 Bevölkerungsentwicklung | | 425 |
| 4.1 Die Bevölkerungsentwicklung der Welt | | 425 |
| Tabelle 4.1.1 | Demographische Entwicklungen und Trends im Zeitvergleich 1950–2010 | 425 |
| Tabelle 4.1.2 | Das Wachstum der Weltbevölkerung | 427 |
| Tabelle 4.1.3 | Weltbevölkerungsuhr für 2014 im Vergleich der Industrieländer und der Entwicklungsländer | 428 |
| Tabelle 4.1.4 | Verteilung der Weltbevölkerung in verschiedenen Regionen der Erde sowie Prognosen für 2025 und 2050 | 429 |
| Tabelle 4.1.5 | Die 10 bevölkerungsreichsten Länder 2014 und Prognosen für 2050 | 430 |
| Tabelle 4.1.6 | Länder der Erde mit Extremwerten der Fruchtbarkeitsrate | 430 |
| Tabelle 4.1.7 | Länder der Erde mit Extremwerten der Lebenserwartung | 431 |
| Tabelle 4.1.8 | Durchschnittliche Lebenserwartung der Bevölkerung in verschiedenen Regionen der Erde sowie im Vergleich von Industrieländern und von Entwicklungsländern | 432 |
| Tabelle 4.1.9 | Mittlere Lebensdauer der Bevölkerung in verschiedenen Kulturperioden | 432 |

| | | |
|-----------------------------|--|-----|
| Tabelle 4.1.10 | Bevölkerungsdichte, Bruttosozialprodukt, Stadtbesiedlung, Kontrazeptivaanwendung, Bewegungsmangel und Trinkwasserversorgung in den Regionen der Welt für das Jahr 2013 | 433 |
| Tabelle 4.1.11 | Schwangerschaften und Schwangerschaftsabbrüche weltweit | 435 |
| Tabelle 4.1.12 | Angehörige ausgewählter Weltreligionen 2012 | 436 |
| 4.2 | Die Bevölkerungsentwicklung in Deutschland | 437 |
| Tabelle 4.2.1 | Kennzahlen für Deutschland im Zeitvergleich. | 437 |
| Tabelle 4.2.2 | Bevölkerungsentwicklung und Bevölkerungsdichte in Deutschland vor 1945 und in der früheren Bundesrepublik | 439 |
| Tabelle 4.2.3 | Bevölkerungsentwicklung und Bevölkerungsdichte in der ehemaligen DDR und in der Bundesrepublik Deutschland ab 1990. | 440 |
| Tabelle 4.2.4 | Entwicklung der Bevölkerung Deutschlands nach Altersgruppen bis 2060: Variante 1 | 442 |
| Tabelle 4.2.5 | Entwicklung der Bevölkerung Deutschlands nach Altersgruppen bis 2060: Variante 5 | 443 |
| Tabelle 4.2.6 | Entwicklung der Lebenserwartung Neugeborener seit 1901 sowie Prognosen bis 2050 in Deutschland . | 444 |
| Tabelle 4.2.7 | Lebenserwartung in Jahren im Alter x von 1901–2003 sowie Prognosen für 60-Jährige bis 2050 | 446 |
| Tabelle 4.2.8 | Grundzahlen für Eheschließungen, Geborene und Gestorbene in Deutschland von 1950–2004. | 447 |
| Tabelle 4.2.9 | Bevölkerung nach Altersgruppen und Familienstand in Deutschland im Mai 2011. | 449 |
| Tabelle 4.2.10 | Schwangerschaftsabbrüche in Deutschland | 450 |
| Tabelle 4.2.11 | Lebendgeborene, Geburtenziffern, Totgeborene nach dem Alter der Mutter 2012. | 451 |
| Tabelle 4.2.12 | Durchschnittliches Heiratsalter nach dem bisherigen Familienstand der Ehepartner 1985–2012 . | 453 |
| Tabelle 4.2.13 | Frauen nach der Zahl der geborenen Kinder und nach dem Alter der Mütter bei der Geburt ihrer ehelich lebend geborenen Kinder in Deutschland | 453 |
| Literatur | | 455 |
| Stichwortverzeichnis | | 463 |

1.1 Die Zelle (Purves 2011, S. 99 ff)

Alle Organismen, vom Einzeller bis zum höchstorganisierten Säugetier, bestehen aus Zellen (lateinisch *cellula* = kleine Kammer, Zelle). Die Zelle ist die strukturelle und funktionelle Einheit aller Lebewesen und damit der kleinste Baustein des Lebens.

Während Einzeller aus einer einzigen Zelle bestehen, die alle Aufgaben für den ganzen Organismus erledigt, wird der Körper eines Menschen aus 10 bis 100 Billionen Zellen aufgebaut. Diese biologische Evolution (Purves 2011, S. 701 ff) vom Einzeller zum hochkomplexen mehrzelligen Organismus hat vor etwa 3,8 Milliarden Jahren begonnen. Die Erkenntnis, dass auch der Mensch selbst aus Zellen besteht, ist in der wissenschaftlichen Welt gerade einmal 200 Jahre alt.

Beim Erwachsenen gehen täglich zwischen 50 und 70 Milliarden Zellen zugrunde und trotz der etwa 120.000 Replikations-Fehler während eines Zellteilungszyklus tragen die insgesamt etwa 220 verschiedenen menschlichen Zell- und Gewebetypen zur tadellosen Funktion des Organismus bei.

Tabelle 1.1.1 Zahlen zum Staunen

Literatur siehe nachfolgende Tabellen

Ausgewählte Angaben zu Zellen aus den nachfolgenden Tabellen

| Gesamtzahl der Zellen eines Durchschnittsmenschen: | |
|---|--|
| Anzahl der menschlichen Zellen | ca. 10–100 Billionen |
| Anzahl der Bakterienzellen im Darm eines Menschen | ca. 100 Billionen |
| Anzahl der Bakterienzellen auf der Haut eines Menschen | ca. 10 Billionen |
| Aufbau und Abbau von menschlichen Zellen | ca. 10–50 Mio./s |
| Gesamtzahl aller Nervenzellen | ca. 30 Milliarden |
| Täglicher, normaler Verlust von Nervenzellen (entspricht dem Spinalganglion einer Stubenfliege) | 50.000–100.000 |
| Die kleinsten Zellen sind Spermien | 3–5 μm |
| Die größten Zellen sind Eizellen | 100–120 μm |
| Zeitdauer, nach der alle Membranen des Körpers durch Neubildung vollständig ersetzt sind | ca. 20 Tage |
| Zeitdauer, in der ein Lipidmolekül in einer Membran eines Roten Blutkörperchens die Zelle umrunden kann | 4 Sekunden |
| Länge des gesamten DNA-Fadens aller Chromosomen einer diploiden menschlichen Zelle | 1,8 m |
| Geschätzte Länge der gesamten DNA eines Menschen zum Vergleich: Abstand Erde–Sonne | ca. $200 \cdot 10^{11}$ m 1,5 $\cdot 10^{11}$ m |
| Gesamtzahl der Nukleotidpaare im haploiden Chromosomensatz einer menschlichen Zelle | $3,069 \cdot 10^9$ |
| Durchschnittliche Anzahl der Ribosomen in einer Zelle | 100.000–70 Millionen |
| Gesamtfläche des Endoplasmatischen Retikulums aller Leberzellen | |
| zum Vergleich: Fußballfeld nach FIFA-Vorgaben | 7875 m^2 7140 m^2 |

Tabelle 1.1.2 Fortschritte bei der Erforschung der Zelle

Für Aristoteles (384–322 v. Chr.) bestand der menschliche Körper aus Gliedern, Sinnesorganen, Flüssigkeiten und unteilbaren Geweben – ihm war der Mikrokosmos einer Zelle verschlossen. Erst durch die Verwendung des Lichtmikroskops konnten die Naturforscher nachweisen, dass die Gewebe bei Pflanzen, bei Tieren und beim Menschen aus Zellen aufgebaut sind (siehe Tab. 1.1.27 und 3.2. Fortschritte in Medizin und Biologie).

Neue chemische und physikalische Verfahren, besonders aber die Einführung der Elektronenmikroskopie Anfang der 50er-Jahre, haben die Lücke zwischen dem Lichtmikroskop und dem atomaren Bereich der Röntgenmikroanalyse geschlossen.

| Wegweisende Entdeckungen | Name, Erläuterungen | Zeit |
|---|--|------|
| Konstruktion des ersten zweilinsigen Mikroskops | <i>Hans Janssen</i> , (Brillenschleifer) Mikroskop aus 3 verschiebbaren Röhren, Vergrößerung 3–9-fach | 1595 |
| Benutzung eines Fernrohres als Mikroskop | <i>Galileo Galilei</i> (1564–1642), italienischer Mathematiker, Physiker und Astronom | 1610 |
| Entdeckung der Pflanzenzelle in einem mikroskopischen Präparat der Korceiche | <i>Robert Hooke</i> (1635–1703), englischer Physiker u. Mathematiker | 1665 |
| Entdeckung der roten Blutkörperchen, der Einzeller und der Bakterien | <i>Antony van Leeuwenhoek</i> (1632–1723), holländischer Kaufmann, Mikroskop mit 300-facher Vergrößerung | 1682 |
| Entdeckung des Zellkerns | <i>Robert Brown</i> (1773–1858), schottischer Botaniker | 1831 |
| Formulierung der Zelltheorie für Pflanzen | <i>Matthias Jakob Schleiden</i> (1804–1881), deutscher Botaniker | 1838 |
| Formulierung der Zelltheorie für Tiere | <i>Theodor Schwann</i> (1810–1882), deutscher Physiologe | 1839 |
| Formulierung der Theorie der Zellbildung, Unterscheidung zwischen Teilungs- und Dauergewebe | <i>Carl Wilhelm von Nägeli</i> (1817–1891), Botaniker in Zürich | 1850 |
| „ <i>Omnis cellula e cellula</i> “ Jede Zelle kann nur aus einer anderen Zelle entstehen. | <i>Rudolf Virchow</i> (1821–1902), deutscher Pathologe | 1855 |
| Entdeckung der Gesetzmäßigkeiten der Vererbung | <i>Gregor Mendel</i> (1822–1884), Augustinermönch und Naturforscher aus Schlesien (heute Tschechien) | 1865 |
| Entdeckung der Zellteilung (Mitose) bei höheren Pflanzen | <i>Wilhelm Hofmeister</i> (1824–1877) | 1867 |
| Entdeckung der Nukleinsäuren in Eileiterzellen | <i>Johann F. Miescher</i> (1844–1895), Mediziner und Physiologe in Basel | 1869 |
| Entdeckung von Kernteilung und Kernverschmelzung bei Pflanzen | <i>Eduard Strasburger</i> (1844–1912), deutscher Botaniker | 1875 |
| Entdeckung der Befruchtung als Verschmelzung zweier Zellen | <i>Oscar Hertwig</i> (1849–1922), deutscher Biologe | 1875 |
| Entdeckung der Centriolen bei der Zellteilung | <i>Theodor von Boveri</i> (1862–1915), deutscher Zoologe | 1878 |

| Wegweisende Entdeckungen | Name, Erläuterungen | Zeit |
|---|--|---------------|
| Beschreibung der Mitose (Zellteilung) und des Chromatins | <i>Walther Flemming</i> (1843–1905), deut. Biologe, Begründer der Cytogenetik | 1879 |
| Entdeckung des Golgiapparates in menschlichen Nervenzellen | <i>Camillo Golgi</i> (1844–1926), italienischer Pathologe | 1898 |
| Entdeckung der Mitochondrien in den Zellen (Auflösungsgrenze eines Lichtmikroskops) | <i>Carl Benda</i> (1857–1932), deutscher Pathologe | 1899 |
| Gene (Erbanlagen) liegen auf den Chromosomen einer Taufliege | <i>Thomas Hunt Morgan</i> (1866–1945), amerikanischer Zoologe und Genetiker | 1910 |
| Entwicklung des Elektronenmikroskops (EM), das gegenüber dem Lichtmikroskop mit viel kurzwelligeren Elektronenstrahlen betrieben wird | <i>Ernst Ruska</i> , (1906–1988), deutscher Ingenieur, <i>Hans Knoll</i> und <i>Bodo von Borries</i> in Berlin. Die Auflösung moderner EM liegt heute bei 0,2 nm (Nanometer = 1/Millionstel mm). | 1930 bis 1933 |
| Die genetische Information ist in den Nukleinsäuren gespeichert. | <i>Oswald Avery</i> (1877–1955), amerikanischer Arzt und Physiologe | 1944 |
| Die 4 Basen der DNA liegen in einem bestimmten Verhältnis zueinander vor. | <i>Erwin Chargaff</i> (1905–2002), österreichisch-amerikanischer Biochemiker | 1950 |
| Aufklärung der Struktur der DNA-Doppelhelix | <i>Harry Compton Crick</i> (1916–2004), <i>James Dewey Watson</i> (*1928) <i>Rosalind Franklin</i> (1920–1958) | 1953 |
| Erklärung der Muskelkontraktion durch die Filament-Gleittheorie | <i>Sir A. F. Huxley</i> , britischer Physiologe | 1969 |
| Jede der 20 Aminosäuren wird durch drei Basen der DNA definiert | <i>Marshall Warren Nirenberg</i> (*1927), amerikanischer Biochemiker, zusammen mit <i>Heinrich Matthaei</i> | 1961 |
| Erste Sequenzierung einer zellulären Transfer-RNA | <i>Robert William Holley</i> (1922–1993), US-amerikanischer Biochemiker | 1964 |
| Erfolgreiches Klonen des erwachsenen Schafes „Dolly“ (starb 2003 an frühzeitigen Alterserscheinungen) | <i>Ian Wilmut</i> (*1944), britischer Embryologe | 1997 |
| Entschlüsselung des menschlichen Genoms zu 99,9 % | Ergebnisse aus USA, Japan, China, Großbritannien, Frankreich und Deutschland im Internet | 2003 |
| Entscheidende Arbeiten zur Begründung der Epigenetik | Nobelpreis für <i>Andrew Fire</i> und <i>Craig Mello</i> zur RNA Interferenz | 2006 |
| Hochauflösende Fluoreszenzmikroskopie an lebenden Zellen | Nobelpreis für <i>Stefan Hell</i> , <i>Eric Betzig</i> und <i>William Moerner</i> | 2014 |

Sajonski und Smollich 1990; Fire et al. 1998; Ude, Koch 2002; Junqueira, Carneiro, Gratzl 2004

Tabelle 1.1.3 Die Zelle und das Problem der Größe

Zellen kann man in der Regel mit dem bloßen Auge oder einer Lupe nicht erkennen. *Robert Hooke* musste ein Lichtmikroskop benutzen, um die Zellen zu entdecken. Beim Versuch tief in den Mikrokosmos einer Zelle einzudringen, sind verschiedene Färbemethoden anzuwenden und auch das Lichtmikroskop kommt schnell an seine Grenzen. Nur hochauflösende Hilfstechniken erschließen uns den Bereich der Zellstrukturen bis hin zu den Atomen.

Arbeitsbereich Lichtmikroskop: $1 \mu\text{m}$ (Mikrometer) = 10^{-3} mm (1/Tausendstel mm).

Arbeitsbereich Elektronenmikroskop: 1 nm (Nanometer) = 10^{-9} m = 10^{-6} mm (1/Millionstel mm).

Weniger verbreitet: 1 pm (Pikometer) = 10^{-12} m = 10^{-9} mm .

| Strukturen im Mikrokosmos des Menschen | Größe der Strukturen | |
|---|--------------------------------|---|
| Das menschliche Auge ohne Hilfsmittel | | |
| Grenze des Auflösungsvermögen des Auges im Abstand von 20 cm | 0,1 mm (100 μm) | 10^{-4} m |
| Menschliche Eizelle | 0,12 mm | $1,2 \cdot 10^{-4} \text{ m}$ |
| Das Lichtmikroskop | | |
| Grenze des Auflösungsvermögens des Lichtmikroskops | 0,2 μm (200 nm) | $2 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ |
| Pyramidenzellen des Gehirns | bis 100 μm | $1,2 \cdot 10^{-4} \text{ m}$ |
| Leberzelle des Menschen | 30–50 μm | $3\text{--}5 \cdot 10^{-5} \text{ m}$ |
| Rote Blutkörperchen des Menschen | 7 μm | $7 \cdot 10^{-6} \text{ m}$ |
| Zellkern einer Nierenzellen | 6,2 μm | $6,2 \cdot 10^{-6} \text{ m}$ |
| Kopf eines Spermiums | 3–5 μm | $3\text{--}5 \cdot 10^{-6} \text{ m}$ |
| Zellkern einer Spinalganglionzelle | 1,2 μm | $1,2 \cdot 10^{-6} \text{ m}$ |
| Durchschnittsgröße eines menschlichen Chromosoms in der Metaphase | 4,5 μm | $4,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}$ |
| Durchschnittliche Länge der Mitochondrien | 2 μm | $2 \cdot 10^{-6} \text{ m}$ |
| Durchschnittliche Länge eines Mikrovilli | 1–2 μm | $1\text{--}2 \cdot 10^{-6} \text{ m}$ |
| Zum Vergleich: Bakterien | 0,3–2 μm | $3\text{--}20 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ |
| Das Elektronenmikroskop | | |
| Grenze des Auflösungsvermögens des Elektronenmikroskops | 0,1–0,3 nm | $1\text{--}3 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ |
| Durchschnittliche Dicke der Mikrovilli | ca. 100 nm | $1 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ |
| Durchmesser der Ribosomen | 15–25 nm | $1,5\text{--}2,5 \cdot 10^{-8} \text{ m}$ |
| Dicke der äußeren Zellmembran | 8,0 nm | $8 \cdot 10^{-9} \text{ m}$ |

| Strukturen im Mikrokosmos des Menschen | Größe der Strukturen | |
|--|----------------------|--|
| Dicke der Glykokalyx-Filamente | 2,5–5,0 nm | $2,5–5 \cdot 10^{-9}$ m |
| Durchmesser der DNA-Doppelhelix | 2 nm | $2 \cdot 10^{-9}$ m |
| Länge von Aminosäuren | 0,8–1,1 nm | $8–11 \cdot 10^{-10}$ m |
| Zum Vergleich: Pockenviren (größte humanpathogene Viren) Picorna-Viren (kleinste humanpathogene Viren) | 200–400 nm 30 nm | $2–4 \cdot 10^{-7}$ m $3 \cdot 10^{-8}$ m |
| Die Röntgenmikroanalyse | | |
| Atome | 0,1–0,5 nm | $1–5 \cdot 10^{-10}$ m |

Leonhardt 1990; Junqueira, Carneiro, Gratzl 2004

Tabelle 1.1.4 Ausgewählte Angaben zur Zahl und Größe menschlicher Zellen

Der menschliche Körper besteht aus Billionen von Zellen. Insgesamt werden ca. 200 verschiedene Zellarten unterschieden. Zellen mit hoher Regenerationsfähigkeit sind Blutzellen, Zellen der Haut und der Schleimhäute. Die Angabe der Gesamtzellzahlen sind Hochrechnungen, welche die unvorstellbaren Dimensionen veranschaulichen sollen. Erstaunlicherweise übersteigt die Anzahl der Bakterien im und auf dem Körper sogar die Anzahl der menschlichen Zellen.

| Zellzahlen eines Menschen | |
|---|---|
| Geschätzte Gesamtzahl der Zellen eines Erwachsenen | ca. 10–100 Billionen (10^{13} – 10^{14}) |
| Geschätzte Anzahl aller Bakterien im Darm | ca. 100 Billionen (10^{14}) |
| Geschätzte Anzahl aller Bakterien auf der Haut | ca. 10 Billionen (10^{13}) |
| Geschätzte Anzahl aller Leberzellen eines Erwachsenen | ca. 200 Milliarden ($2 \cdot 10^{11}$) |
| Geschätzte Gesamtzahl aller Nervenzellen | ca. 30 Milliarden ($3 \cdot 10^{10}$) |
| Normaler täglicher Verlust von Nervenzellen | 50.000–100.000 |
| Anzahl der verschiedenen Zellarten des Menschen | ca. 200 |
| Zellumsatz pro Sekunde im menschlichen Körper | ca. 10–50 Mio./s |
| Neubildung von Erythrozyten pro Sek. beim Mensch | ca. 2 Mio./s |

| Zellen im Blut eines Menschen | |
|---|--|
| Anzahl der roten Blutkörperchen (Erythrozyten) in der Gesamtblutmenge von 5 l | ca. 25 Billionen ($25 \cdot 10^{12}$) |
| Anzahl der weißen Blutkörperchen (Leukozyten) in der Gesamtblutmenge von 5 l | ca. 25–100 Milliarden ($25\text{--}100 \cdot 10^9$) |
| Anzahl der Blutplättchen (Thrombozyten) in der Gesamtblutmenge von 5 l | ca. 1–1,5 Billionen ($1\text{--}1,5 \cdot 10^{12}$) |
| Extremwerte für die Größe von Zellen | |
| Die kleinste Zellen des Menschen | |
| <i>Blutplättchen (Thrombozyten)</i> | 1–4 μm |
| <i>Spermium (Kopf des Spermiums ohne Schwanz)</i> | 3–5 μm |
| <i>Gliazellen aus dem Großhirn (Oligodendrozyten)</i> | 6–8 μm |
| <i>Rote Blutkörperchen (Erythrozyten)</i> | 7,7 μm |
| Die größten Zellen des Menschen | |
| <i>Eizellen (Oozyten)</i> | 100–120 μm |
| <i>Pyramidenzellen aus der Großhirnrinde</i> | bis 100 μm |
| <i>Durchschnittliche Zellgröße einer Leberzelle</i> | 30–50 μm |

Junqueira, Carneiro, Gratzl 2004; Pschyrembel 2014

Tabelle 1.1.5 Lebensdauer verschiedener Zellarten im menschlichen Körper

Die Zelle eines Einzellers, die sich durch Zellteilung (Mitose) vermehrt, wird dadurch potentiell unsterblich. Bei vielzelligen Organismen sind die Zellen durch arbeitsteilige Differenzierung spezialisiert und haben häufig die Fähigkeit zur Teilung verloren. Sie haben je nach Zelltyp eine sehr unterschiedliche Lebensdauer.

| Zellen in Geweben und Organen | Durchschnittliche Lebensdauer |
|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Deckepithelien | |
| After | 4,3 Tage |
| Bauchhaut | 19,4 Tage |
| Dickdarm | 10,0 Tage |
| Dünndarm | 1,4 Tage |
| Enddarm | 6,2 Tage |

| Zellen in Geweben und Organen | Durchschnittliche Lebensdauer |
|---|---|
| Fußsohlenepidermis | 19,1 Tage |
| Harnblase | 66,5 Tage |
| Hautepidermis | 19,2 Tage |
| Lippen | 14,7 Tage |
| Luftröhre | 47,6 Tage |
| Lunge (Alveolen) | 8,1 Tage |
| Mageneingang (Cardia) | 9,1 Tage |
| Magenausgang (Pylorus) | 1,8–1,9 Tage |
| Ohr | 34,5 Tage |
| Drüsenepithelien | |
| Leber | 222 Tage |
| Nieren | 286 Tage |
| Schilddrüse | 287 Tage |
| Binde- und Stützgewebe | |
| Knochenzellen | 25–30 Jahre |
| Blutzellen | |
| Blutplättchen (Thrombozyten) | 10 Tage |
| Rote Blutkörperchen (Erythrozyten) | 120 Tage |
| Weiße Blutkörperchen (Leukozyten) | |
| <i>Neutrophile Granulozyten</i> | 4–5 Tage |
| <i>Eosinophile Granulozyten</i> | 10 Tage |
| <i>Lymphozyten (langlebig)</i> | mehrere 100 Tage |
| <i>Monozyten</i> | wenige Monate |
| Nervenzellen (nachgewiesen für den Hippocampus) | keine Angabe zur Lebensdauer aber: Erneuerungsrate etwa 700 Neuronen/Tag |
| Nicht vermehrungsfähige Zellen | |
| Eizellen (Oozyten) | keine Erneuerung |
| Haarfollikel | keine Erneuerung |
| Schweißdrüsenzellen | keine Erneuerung |

Klima 1967; Kaboth und Begemann 1977; Finch 1990; Leonhardt 1990; Frisén et al. 2013;

Tabelle 1.1.6 Die Zellmembran

Die Zellmembran (Purves 2011, S. 137 ff) umschließt die Zelle. Sie besteht nach dem Flüssig-Mosaik-Modell aus einer Doppelschicht von Phospholipiden, in die ein Mosaik von Membranproteinen eingelagert ist. Diese sind nicht starr fixiert, sondern dynamisch in Bewegung. Sie werden hauptsächlich durch hydrophobe Wechselwirkungen zusammengehalten, die vielfältige seitliche Bewegungen erlauben. Membranen sind durch intensiven gleichzeitigen Ab- und Aufbau gekennzeichnet. Der Kohlenhydratanteil (Glykokalix) der Zellmembran verleiht der Zelle ihre Spezifität. Sonderbildungen sind fingerförmige Ausstülpungen (Mikrovilli), welche die Oberfläche der Membran vergrößern und einen „Bürtensaum“ der Zelle bilden. Auf diese Weise wird die Oberfläche vergrößert und so werden beispielsweise die Reaktionsräume, die Resorptions- oder Kontaktfläche vergrößert.

Angaben zur Struktur und Funktion der Zellmembran beim Menschen

| | |
|---|--------------------|
| Zeitdauer, nach der alle Membranen des Körpers durch Neubildung vollständig ersetzt sind | 20 Tage |
| Zeitdauer, in der ein Lipidmolekül einer Erythrozytenzellmembran die gesamte Zelle einmal umrunden kann | 4 Sekunden |
| Gesamtdicke der Zellmembran bei Körpertemperatur | 8,0 nm |
| Dicke der äußeren Lamelle | 2,5 nm |
| Dicke der Mittelschicht | 3,0 nm |
| Dicke der inneren Lamelle | 2,5 nm |
| Gesamtdicke der Zellmembran bei niederer Temperatur | 6,0 nm |
| Gesamtdicke der Zellmembran bei hoher Temperatur | 9,0 nm |
| Geschätzte Fläche aller Zellmembranen der Leberzellen eines erwachsenen Menschen | 355 m ² |
| Prozentualer Anteil der Zellmembran an allen Membranen einer Leberzelle | 2,5 % |
| Durchschnittlicher Kohlenhydratanteil der Zellmembran | < 10 % |
| in einer Leberzelle | 2 % |
| in einem weißen Blutkörperchen (Granulozyt) | 15 % |
| Durchschnittlicher Fettanteil der Zellmembran | ca. 50 % |
| Verhältnis Lipid zu Protein (abhängig vom Zelltyp und der Stoffwechselaktivität) | 1:4 – 4:1 |
| Verhältnis Lipid zu Protein in unterschiedlichen Membranen | |
| in der Myelinscheide (umhüllt Nervenfasern) | 1:0,23 |
| in der Erythrozytenmembran | 1:1,1 |

Angaben zur Struktur und Funktion der Zellmembran beim Menschen

| | |
|---|------------|
| in der Membran einer Tumorzelle | 1:1,5 |
| in der inneren Mitochondrienmembran | 1:3,2 |
| Dicke der Membranporen nach der Lipid-Filter-Theorie | 0,4 nm |
| Durchschnittliche Anzahl von Hormonrezeptoren in der Zellmembran einer menschlichen Zelle | ca. 10.000 |
| Dicke der Glykokalyx-Filamente | 2,5–5,0 nm |
| Anzahl der Mikrovilli auf einer Dünndarmzelle | ca. 3.000 |
| Länge der Mikrovilli | 100–800 nm |
| Dicke der Mikrovilli | 50–100 nm |

Leonhardt 1990; Mörike et al. 2007; Campbell 2009

Tabelle 1.1.7 Endoplasmatisches Retikulum und Ribosomen

Das endoplasmatische Retikulum (ER *endoplasmatisch* bedeutet im Cytoplasma und *Retikulum* ist das lateinische Wort für Netz) (Purves 2011, S. 116 ff) ähnelt in Struktur und Zusammensetzung der Plasmamembran, steht in Verbindung zur Kernmembran und macht in menschlichen Zellen etwa die Hälfte aller Membranen in der Zelle aus. Durch das ER kommt es zu einer extremen Oberflächenvergrößerung in der Zelle und zur Bildung von abgeschlossenen Reaktionsräumen (Kompartimentierung).

Zum endoplasmatischen Retikulum gehören zwei Bereiche. Das raue ER ist mit Ribosomen besetzt, die wichtige Aufgaben bei der Eiweißsynthese (Proteinbiosynthese) haben. Hier werden entsprechend der Kodierung der Messenger-RNA aus Aminosäuren Eiweiße zusammengesetzt. Ribosomen kommen auch frei im Zytoplasma vor und sind dort ebenfalls die Orte der Eiweißsynthese.

Das glatte ER ist frei von Ribosomen. Hier werden körpereigene Stoffe wie das Glykogen synthetisiert, Kalzium gespeichert und Stoffwechselprodukte modifiziert. Enzyme im glatten ER sind für die Entgiftung der Zelle, z. B. auch für den Abbau von Medikamenten, zuständig.

Endoplasmatisches Retikulum (ER) in Zellen des Menschen

| | |
|--|----------------------|
| Membrändicke des endoplasmatischen Retikulums | 7–8 nm |
| Breite des Raumes zwischen den Membranen | 40–70 nm |
| Calciumkonzentration im Cytoplasma einer Zelle | 10^{-7} Mol |
| Calciumkonzentration im ER | 10^{-3} Mol |
| Gesamtfläche des ER aller Leberzellen | 7.875 m ² |

| | |
|---|---------------------------|
| Prozentualer Anteil des ER an den Membranen einer Leberzelle | 55 % |
| Gesamtfläche der Membranen von 1 ml Lungengewebe | 10 m^2 |
| Anteil des ER an dieser Fläche | $6,7 \text{ m}^2 (67 \%)$ |
| Ribosomen in Zellen des Menschen | |
| Durchmesser eines Ribosoms | 15–25 nm |
| Anzahl der Untereinheiten eines Ribosoms | 2 |
| Molekulargewicht eines Ribosoms | $4,2 \cdot 10^6$ |
| Anzahl der Ribosomen pro Zelle | |
| durchschnittlich | $10^5\text{--}10^7$ |
| Leberzelle | $4 \cdot 10^6$ |
| Retikulozyt | $3 \cdot 10^4$ |
| zum Vergleich: Anzahl der Ribosomen in einer Bakterienzelle | 10^4 |
| Zeit, nach der ein Ribosom durch Neubildung ersetzt wird | ca. 6 Stunden |
| Neubildung der Ribosomen pro Zelle | |
| Leberzelle | 180 pro Sekunde |
| unreifes rotes Blutkörperchen | 1,4 pro Sekunde |
| Anteil der RNA an der Gesamtmasse eines Ribosoms | 40 % |
| Anteil der Proteine an der Gesamtmasse eines Ribosoms | 60 % |
| Leonhardt 1990; Sajonski und Smollich 1990; Junqueira, Carneiro, Gratzl 2004; Mörike et al. 2007; Campbell 2009 | |

Tabelle 1.1.8 Golgiapparat, Lysosomen und Peroxisomen (Purves 2011, S. 116 ff)

Der Golgiapparat besteht aus abgeflachten Membranstapeln mit Hohlräumen, den so genannten Dictyosomen. Hier werden Stoffwechselprodukte gefertigt, gelagert, sortiert und weiter transportiert. So gelangen die im rauen endoplasmatischen Retikulum gebildeten Eiweiße in Transportvesikeln (von lat. *vesicula* – Bläschen) zum Golgiapparat, wo komplexe Proteinverbindungen (z. B. Glykoproteine) aufgebaut werden. Golgivesikel transportieren diese anschließend zu verschiedenen Zielorten.

Die Lysosomen stellen das Verdauungssystem der Zelle dar. Es handelt sich um von einer Membran umschlossene Zellorganellen. Sie entstehen aus Abschnürungen des Golgiapparates. Ihre Hauptfunktion besteht darin, aufgenommene Fremdstoffe mittels der in ihnen enthaltenen Enzyme zu verdauen.

Peroxisomen sind evolutionär sehr alte Zellorganellen. Es handelt sich um kleine, membranumhüllte Vesikel, die sich im Cytoplasma einer Zelle befinden. Die Hauptaufgabe

besteht in der Entgiftung von Produkten des Intermediärstoffwechsels. Im Unterschied zu den Lysosomen sind Peroxisomen keine Abkömmlinge des Golgiapparates, sondern wie Mitochondrien „selbstreplizierend“.

| Golgiapparat (Aufbau aus Diktyosomen) | |
|--|-----------------------|
| Anzahl der Membransäckchen (Diktyosomen) pro Golgi-Feld | 5–10 |
| Anzahl der Golgi-Felder einer Drüsenzelle | 100–200 |
| Anzahl der Golgi-Felder in einer Leberzelle | 250 |
| Größe des Golgiapparates | 0,3–1,5 µm |
| Volumenanteil des Golgiapparates in einer Leberzelle | 2 % |
| Zeit, nach der ein Golgiapparat durch Neubildung vollständig ersetzt wird | 20 min |
| Durchmesser der Transportvesikel zwischen endoplasmatischem Retikulum und Golgiapparat | ca. 50 nm |
| Lysosomen | |
| Durchmesser der Lysosomen | 0,2–0,5 µm |
| Prozentualer Anteil der Lysosomen an den Membranen einer Leberzelle | 0,3 % |
| Gesamtfläche der Lysosomen aller Leberzellen eines erwachsenen Menschen | ca. 50 m ² |
| pH-Wert im Innern der Lysosomen | 5 |
| <i>zum Vergleich: pH-Wert im Zytoplasma</i> | 7 |
| Anzahl der verschiedenen Enzyme in einem Lysosom | >40 |
| Peroxisomen (Mikrobodies) | |
| Durchmesser eines Peroxisoms | 0,3–0,5 µm |
| Anzahl der Enzyme eines Peroxisoms | ca. 60 |
| Anzahl der Peroxisomen in einer Leberzelle | ca. 1000 |

Sajonski und Smollich 1990; Kleinig und Sitte 1999; Junqueira, Carneiro, Gratzl 2004; Campbell 2009

Tabelle 1.1.9 Zellkompartimente am Beispiel einer Leberzelle

Gestalt und Größe der Zellkompartimente sind in den verschiedenen Zellen des menschlichen Körpers sehr unterschiedlich. Sie können sich auch in ein und derselben Zelle mit dem Aktivitätsgrad der Zelle ändern. Durch die Kompartimentierung können unterschiedliche Stoffwechselprozesse in der Zelle räumlich getrennt gleichzeitig ablaufen. Diese Trennung ist beispielsweise nötig, damit die räumliche Struktur von Stoffwechselprodukten korrekt festgelegt werden kann (z. B. bei Enzymen wichtig für Schlüssel-Schloss-Prinzip).

| Kompartiment | Volumen | | Membranfläche | |
|-----------------------------|--------------------|-------|--------------------|-------|
| | in μm^3 | in % | in μm^2 | in % |
| Zellkern | 300 | 5,9 | 220 | 2,0 |
| Endoplasmatisches Retikulum | 950 | 18,8 | 78.750 | 55,0 |
| Mitochondrien | 1070 | 21,1 | | |
| Hüllmembran | – | – | 7450 | 5,2 |
| Innere Membran | – | – | 52.200 | 36,4 |
| Peroxisomen | 70 | 1,4 | 570 | 0,4 |
| Lysosomen | 40 | 0,8 | 500 | 0,3 |
| Plasmamembran | – | – | 3550 | 2,5 |
| Cytoplasma | 2630 | 52,0 | – | – |
| Summe | 5060 | 100,0 | 143.240 | 100,0 |

Kleinig und Sitte 1999

Tabelle 1.1.10 Oberflächendifferenzierungen der Zelle

Zellen besitzen Ausstülpungen der Zellmembran mit unterschiedlichen Funktionen. Kinozillen (Flimmerhärrchen) führen rhythmische Bewegungen durch. Im Bereich der Atemwege sind sie für die Selbstreinigung der Bronchien verantwortlich und transportieren Schleim und Fremdpartikel kontinuierlich in Richtung Mund, wo sie geschluckt oder abgehustet werden. Stereozillen haben nicht die Fähigkeit zur Eigenbewegung. Stereozillen kommen an den Sinneszellen (Haarzellen) der Schnecke des Innenohrs sowie den Epithelien der inneren Geschlechtsorgane vor. Mikrovilli dienen der Oberflächenvergrößerung vieler Zellen.

Oberflächendifferenzierungen bei menschlichen Zellen

| Kinozillen | |
|---|-----------------------|
| Anzahl der aufbauenden Mikrotubuli | 9·2 + 2 |
| Dicke einer Kinozilie | 0,25 μm |
| Länge einer Kinozilie | 7–10 μm |
| Schlagfrequenz einer Kinozilie in der Luftröhre | 20/s |
| Stereozillen | |
| Länge einer Stereozilie | 100–200 μm |

Oberflächendifferenzierungen bei menschlichen Zellen

| Mikrovilli | |
|--|--------|
| Länge | 1–2 µm |
| Dicke | 0,1 µm |
| Faktor der Zelloberflächenvergrößerung | 20 |

Schmidt et al. 2010; Pschyrembel 2014

Tabelle 1.1.11 Das Cytoskelett der Zelle (Purves 2011, S. 124ff)

Das Cytoplasma einer Zelle wird von einem Netzwerk aus unterschiedlichen fadenförmigen Strukturen durchzogen. Es gibt der Zelle mechanische Stabilität und ihre äußere Form, es ist sehr dynamisch und kann sich durch ständige Auf- und Abbauprozesse den Erfordernissen der Zelle anpassen. Zudem ist das Cytoskelett maßgeblich an zellulären Signalwegen beteiligt, es ermöglicht aktive Bewegungen und stellt sozusagen das Schienensystem für Transportvorgänge im Inneren der Zelle dar. Das Cytoskelett der menschlichen Zelle besteht aus Mikrotubuli, Mikrofilamenten (Aktinfilamenten) und intermediären Filamenten.

| Mikrotubuli | |
|---|-------------|
| Durchmesser der Mikrotubuli | |
| <i>insgesamt</i> | 24 nm |
| <i>Lichte Weite des Innenlumens</i> | 14 nm |
| <i>Wanddicke</i> | 5 nm |
| Anzahl der Tubulinfilamente pro Mikrotubulus | 13 |
| Länge eines Mikrotubulus | |
| <i>im Axon einer Nervenzelle</i> | 25 µm |
| <i>Maximale Verlängerung der Mikrotubuli (in Zellkultur)</i> | 7,2 µm/min |
| <i>Maximale Verkürzung der Mikrotubuli (in Zellkultur)</i> | 17,3 µm/min |
| Mikrofilamente (Aktinfilamente) | |
| Durchmesser eines Aktinfilaments (Mikrofilament) | 5–7 nm |
| Länge eines Aktinfilaments im Skelettmuskel | bis 1 µm |
| Anzahl der Einzelfäden pro Aktinfilament | 2 |
| Durchschnittlicher Anteil des Aktins am Gesamtprotein der Zelle | 10 % |
| Anzahl der Aminosäuren eines Aktinmoleküls | 375 |

Intermediärfilamente

| | |
|---|---------------|
| Anzahl der Proteine eines Keratinfilaments | >15 |
| Vimentin (in vielen Zellen mesenchymalen Ursprungs) | |
| Molekulargewicht | 57.000 |
| Desmin (in Muskelzellen) | |
| Molekulargewicht | 53.000 |
| Saures Gliafaserprotein (in Astrozyten) | |
| Molekulargewicht | 45.000 |
| Neurofilamente (in Nervenzellen) | |
| Molekulargewicht | 68.000 |
| Nukleäres Laminin (in Zellkernen) | |
| Molekulargewicht | 65.000–75.000 |

Leonhardt 1990; Junqueira, Carneiro, Gratzl 2004; Mörike et al. 2007

Tabelle 1.1.12 Mitochondrien (Purves 2011, S. 120)

Mitochondrien sind membranumschlossene Zellorganellen im Cytoplasma der Zelle. Sie dienen den Zellen zur Energieumwandlung (Kraftwerke der Zellen). Energie, die aus dem Abbau energiereicher organischer Substrate stammt, wird hier in Form von Adenosintriphosphat (ATP) gespeichert. Die Zahl der Mitochondrien in einer Zelle steigt mit dem Energiebedarf der Zelle oder des Gewebes. Mitochondrien unterscheiden sich in Bau und Funktion je nach Zelltyp. Leberzellen enthalten weniger Lammellen der Innenmembran als M. der Muskelzellen, dafür mehr synthetisierende Enzyme.

Nach der Endosymbiontentheorie sind zu Beginn der biologischen Evolution Mitochondrien aus einer Endosymbiose von aeroben Bakterien mit anderen Prokaryoten entstanden. Die Mitochondrien besitzen ein eigenes Genom, das etwa 1% der genetischen Information des Menschen ausmacht. Nach neueren Erkenntnissen werden Mitochondrien nicht nur von der Mutter vererbt. Bei der Befruchtung werden auch einige männliche Mitochondrien importiert.

Angaben zur Anzahl, Größe und Funktion von Mitochondrien beim Menschen**Anzahl der Mitochondrien**

| | |
|-----------------|-----------------|
| in Eizellen | 200.000–300.000 |
| in Nervenzellen | bis zu 10.000 |
| in Leberzellen | 500–2500 |
| in Spermien | 100 |
| in Thrombozyten | 2–6 |

Angaben zur Anzahl, Größe und Funktion von Mitochondrien beim Menschen

| | |
|--|-----------------|
| in Erythrozyten | 0 |
| Durchmesser (durchschnittlich) | 0,5 µm |
| Länge der Mitochondrien durchschnittlich, Variationsbreite | 2 µm 1–10 µm |
| Lebensdauer der Mitochondrien | |
| in Leber und Nierenzellen | 5–12 Tage |
| in Herzmuskelzellen | 10–31 Tage |
| Prozentualer Anteil der Mitochondrien an der gesamten Zelle | |
| Zapfen (Sinneszelle des Auges) | 80 % |
| äußere Augenmuskelzelle | 60 % |
| Herzmuskelzelle | 40 % |
| Leberzelle | 20 % |
| Dünndarmzelle | 13 % |
| Proteinanteil eines Mitochondriums | 70 % |
| Größe der Ribosomen in den Mitochondrien | 12 nm |
| Durchmesser der Matrixgranula in Mitochondrien (Granula mitochondrialia) | 30–50 nm |
| Gewicht der für alle zellulären Prozesse eines Menschen täglich benötigten Menge an ATP | 70 kg |
| Durchschnittliche Anzahl der Enzyme in einem Mitochondrium | >100 |
| Anzahl der Basenpaare der menschlichen mitochondrialen DNA | 16.569 |
| Anteil der mitochondrialen DNA an der Gesamt-DNA einer menschlichen Zelle | 1 % |
| Anzahl der Gene, die für die Entstehung und Funktion von Mitochondrien notwendig sind | 3000 |
| Anzahl der Gene, die durch mitochondriale DNA kodiert werden | 37 |

Flindt 2002; Junqueira, Carneiro, Gratzl 2004; Mörike et al. 2007; Pschyrembel 2014

Tabelle 1.1.13 Der Zellkern (Nucleus)

Der meist rundliche Zellkern (Purves 2011, S. 114 ff) liegt im Cytoplasma einer Zelle und ist von diesem durch eine Doppelmembran (Kernmembran mit Kernporen) abgegrenzt. In dieser Form sind Zellkerne für alle Organismen außer den prokaryotischen Bakterien typisch.

Der Zellkern hat einen durchschnittlichen Durchmesser von 5 µm und kann im Lichtmikroskop leicht erkannt werden. Er enthält den größten Teil des genetischen Materials der Zelle (Mitochondrien haben eine eigene DNA). Das Erbgut der Zelle liegt in Form von Genen auf der Desoxyribonukleinsäure (DNA, DNS = deutsche Schreibweise) vor. Diese ist im Innern des Zellkerns als Chromatin (Steuerzentrum der Zelle) organisiert.

Auffällige Strukturen im Zellkern sind die Kernkörperchen (Nucleoli). Diese bauen aus der ribosomalen RNA und bereitgestellten Proteinen die Untereinheiten der Ribosomen auf, die dann durch die Kerporen in das Cytoplasma der Zelle exportiert werden.

Weitere Informationen zum Zellkern siehe Tab. 1.1.15–1.1.27.

Angaben zur Anzahl, Größe und Struktur des Zellkerns (Nucleus) beim Menschen

| Anzahl der Zellkerne pro Zelle | |
|--|------------------------|
| Durchschnitt | 1 |
| Skelettmuskelfaser (aus mehreren Myoblasten entstanden) | >1000 |
| Osteoklast (im Knochengewebe) | 5–20 |
| Bei 20 % der Leberzellen | 2 |
| Bei 80 % der Leberzellen | 1 |
| Oberflächenepithel der ableitenden Harnwege | 2 |
| Erythrozyt und Thrombozyt | 0 |
| Größe und Volumen des Zellkerns (sehr variabel) | |
| Durchschnittliches Zellkernvolumen | 20–500 µm ³ |
| Durchschnittlicher Anteil des Zellkerns <i>am Gesamtvolumen der Zelle</i> | 5–20 % |
| <i>extremer Anteil bei einem Lymphozyt</i> | 60 % |
| Größe des Zellkerns in einer Nierenzelle | 6 µm |
| Größe des Zellkerns in einer Spinalganglienzelle | 1,2 µm |
| Größe des Zellkerns in einer Alveolenzelle der Lunge | 5 µm |
| Durchschnittliche Größe eines Kernkörperchens (Nucleolus) | 1–2 µm |
| Kernhülle (Nukleolemma) | |
| Anzahl der Membranen der Kernhülle | 2 |
| Dicke einer Membran | 7–8 nm |
| Abstand zwischen den beiden Membranen | bis zu 20–70 nm |
| Kernporen | |
| Durchmesser | 50–70 nm |
| Anteil der Kernporen an der Kernoberfläche | bis 20 % |
| Anzahl der Poren pro Kern | 3000–4000 |

Angaben zur Anzahl, Größe und Struktur des Zellkerns (Nucleus) beim Menschen

| | |
|--|--------|
| Relative Molekülmasse von Molekülen, die gerade noch die Kernporen passieren können | 60.000 |
| Dicke des Diaphragmas, das die Poren durchzieht | 5 nm |
| Leonhardt 1990; Mörike et al. 1991, 2007; Kleinig und Sitte 1999; Flindt 2002; Junqueira, Carneiro, Gratzl 2004; Campbell 2009 | |

Tabelle 1.1.14 Chromatin, Histone und Nukleosomen (Purves 2011, S. 273 ff)

Im Inneren des Zellkerns liegt das Chromatin (griech. chroma = Farbe). Dieser Name wurde gewählt, weil das Chromatin mit basischen Kernfarbstoffen leicht anzufärben ist. Im Lichtmikroskop erscheint es dann als sichtbares Fadengerüst. Es besteht aus langen DNA-Molekülen, die zum Teil um Proteine, die Histone, geschlungen sind. Eine solche Verbindung aus DNA und Histonen bezeichnet man als Nukleosom. Während der Mitose und Meiose wandeln sich die fädigen Chromatinstränge in sehr viel kompaktere Strukturen, die Chromosomen, um (siehe Tab. 1.1.20 und 1.1.21).

Histone sind basische Zellkernproteine, die mit der DNA interagieren, ihre Aufspiralisierung (Komprimierung) ermöglichen und an der (epigenetischen) Regulation der Genaktivität beteiligt sind.

In den Nukleosomen ist die DNA an die Histone gebunden. Sie sind kettenförmig aneinander gereiht und können mit Hilfe der Nichthistone-Proteine dichter gepackt vorliegen (Hetero-chromatin). Dadurch wird das Abschreiben der Information (Transkription) verhindert und es zeigt sich keine Genaktivität. Sind die Nukleosomen locker gepackt (Euchromatin), ist hohe Genaktivität zu beobachten.

| DNA- und Protein-Gehalt des Chromatins | |
|--|-----------|
| DNA-Gehalt des Chromatins | 20 % |
| Protein-Gehalt des Chromatins | 80 % |
| Histone, Nukleosomenkerne und Nukleotide | |
| Anzahl der Histone | |
| <i>Anzahl der verschiedenen Histontypen einer menschlichen Zelle</i> | 5 |
| <i>Anzahl der Histone eines Nukleosomenkerns</i> | 2 |
| Breite eines Nukleosomenkerns | 11 nm |
| Höhe eines Nukleosomenkerns | 5 nm |
| Anzahl der Nukleotide eines unkomprimierten DNA-Stranges | 3 Mio./mm |

| | |
|---|-------------|
| Anzahl der Nukleotide eines komprimierten DNA-Stranges ohne das Histon H1 | 20 Mio./mm |
| Anzahl der Nukleotide eines komprimierten DNA-Stranges mit dem Histon H1 | 120 Mio./mm |
| Angaben zu Nukleosomen | |
| Anzahl der Windungen des DNA-Stranges um ein Nukleosom | 1,8 |
| Anzahl der Basenpaare des DNA-Stranges um ein Nukleosom | 140–150 |
| Anzahl der Basenpaare des DNA-Stranges zwischen zwei Nukleosomen (Linker) | 50–60 |
| Dicke der Faser, zu der sich die Nukleosomenkette beim lebenden Menschen zusammenlagert | 30 nm |

Löffler und Petrides 1997; Kleinig und Sitte 1999; Campbell 2009; Pschyrembel 2014

Tabelle 1.1.15 Desoxyribonukleinsäure DNA

Die Desoxyribonukleinsäure (DNA, DNS = deutsche Schreibweise) dient als Träger der Erbinformation. Die Struktur der DNA wurde 1953 von Watson und Crick aufgeklärt, Rosalind Franklin leistete hierfür durch ihre Arbeiten zur Röntgenstrukturanalyse einen entscheidenden Beitrag. Aufgebaut ist die DNA aus Desoxyribonukleotiden, die aus zwei gegenläufigen DNA-Einzelsträngen bestehen (Doppelhelixstruktur). Die Basenpaare in der DNA werden von den jeweils komplementären Basen Adenin und Thymin sowie Guanin und Cytosin gebildet. Histone sind basische Proteine, die mit der DNA interagieren und ihre Aufspiralisierung (Komprimierung) ermöglichen.

Desoxyribonukleinsäure (DNA) in der menschlichen Zelle

| | |
|--|--|
| Durchmesser der DNA-Doppelhelix (spiralförmig) | 2 nm |
| Ganghöhe der DNA-Doppelhelix | 3,4 nm |
| Anzahl der Basen pro Ganghöhe (entspricht einer Schraubenwindung des DNA-Stranges) | 10 |
| Abstand der Basenpaare (Sprossen) in der Strickleiter des DNA-Doppelstrang | 0,34 nm |
| Gewicht der DNA einer menschlichen diploiden Zelle | ca. $5,8 \cdot 10^{-12}$ g |
| Länge des gesamten DNA-Fadens aller Chromosomen einer diploiden menschlichen Zelle | 1,8 m |
| Geschätzte Länge der gesamten DNA eines Menschen zum Vergleich: Abstand Erde–Sonne | ca. $200 \cdot 10^{11}$ m 1,5 · 10^{11} m |

Desoxyribonukleinsäure (DNA) in der menschlichen Zelle

| | |
|--|------------------------|
| Durchschnittlicher Durchmesser eines Zellkerns (beinhaltet die gesamte DNA einer Zelle) | 5 µm |
| Länge des gesamten DNA-Fadens einer menschlichen Zelle im Verhältnis zum Zellkerndurchmesser | ca. 400.000:1 |
| Volumen des DNA-Fadens im Zellkern einer menschlichen Zelle | ca. 40 µm ³ |

Löffler und Petrides 1997; Kleinig und Sitte 1999; Campbell 2009

Tabelle 1.1.16 Chemische Zusammensetzung der Zelle

In der Tabelle sind Durchschnittswerte angegeben, da die Zusammensetzung der Zellen je nach Zellart variiert.

| Bestandteil der Zelle | Anteil am Gesamtgewicht |
|-----------------------|-------------------------|
| Wasser | 70 % |
| Proteine | 15–20 % |
| Fette | 2–3 % |
| Kohlenhydrate | 1 % |
| Mineralsalze | 1 % |
| Nukleinsäuren | 10 % |

Sajonski und Smollich 1990

Tabelle 1.1.17 Die Chromosomen des Menschen

Ein Chromosom ist ein langer, kontinuierlicher DNA-Doppelstrang, der um eine Vielzahl von Histonen (Kernproteinen) herumgewickelt ist und der zu unterschiedlich kompakten Formen spiralisiert werden kann (vergleiche Tab. 1.1.15).

Bei der Zellteilung (Mitose) werden die Chromatinfäden verdoppelt, verkürzen sich dann zu Chromosomen (Transportform) und werden dann auf zwei gleichwertige Tochterkerne verteilt.

Während der Teilungsruhe, im so genannten Interphasenkern, sind die Chromosomen nicht sichtbar. Dies ändert sich in den verschiedenen Phasen der Zellkernteilung (Mitose), in der die Chromosomen als hakenförmige Gebilde anfärbbar und im Lichtmikroskop erkennbar sind.

Der diploide Chromosomensatz (46) des Menschen enthält 22 autosomale Chromosomenpaare und die Geschlechtschromosomen XX (Frau) bzw. XY (Mann). Bei der Bildung von Gameten (Eizellen und Spermien) wird in der Meiose der diploide Chromosomensatz auf einen haploiden reduziert. In einem haploiden Chromosomensatz ist jedes Chromosom nur einmal vorhanden. Beim Menschen sind das 23 Chromosomen.

Die Sequenzierung des menschlichen Genoms 2003 erbrachte die vollständige Nukleotidsequenz der menschlichen Erbinformation. Der Begriff „Entschlüsselung“ ist jedoch irreführend, da die biologischen Effekte noch weitgehend unbekannt sind. 2004 waren bereits 19.923 der geschätzten 23.000 Gene des Menschen bekannt.

| Chromosom | Anzahl der Basenpaare | Gesamtzahl identifizierte Gene (Stand 2014) | CG | LNCG | Davon Gene die Krankheiten verursachen |
|--------------|-----------------------|---|------|------|--|
| Chromosom 1 | 249.250.621 | 3325 | 2079 | 1246 | 157*/144 ⁺ |
| Chromosom 2 | 243.199.373 | 2338 | 1333 | 1005 | 103*/115 ⁺ |
| Chromosom 3 | 198.022.430 | 1789 | 1081 | 708 | 93*/85 ⁺ |
| Chromosom 4 | 191.154.276 | 1405 | 769 | 636 | 67*/66 ⁺ |
| Chromosom 5 | 180.915.260 | 1707 | 894 | 813 | 82*/72 ⁺ |
| Chromosom 6 | 171.115.067 | 1683 | 1055 | 628 | 90*/74 ⁺ |
| Chromosom 7 | 159.138.663 | 1562 | 983 | 579 | 79*/63 ⁺ |
| Chromosom 8 | 146.364.022 | 1413 | 702 | 711 | 53*/52 ⁺ |
| Chromosom 9 | 141.213.431 | 1294 | 809 | 485 | 66*/63 ⁺ |
| Chromosom 10 | 135.534.747 | 1332 | 772 | 560 | 66*/51 ⁺ |
| Chromosom 11 | 135.006.516 | 2016 | 1327 | 689 | 132*/98 ⁺ |
| Chromosom 12 | 133.851.895 | 1784 | 1071 | 713 | 92*/93 ⁺ |
| Chromosom 13 | 115.169.878 | 641 | 329 | 312 | 33*/38 ⁺ |
| Chromosom 14 | 107.349.540 | 1360 | 856 | 504 | 54*/51 ⁺ |
| Chromosom 15 | 102.531.392 | 1174 | 631 | 543 | 49*/49 ⁺ |
| Chromosom 16 | 90.354.753 | 1608 | 885 | 723 | 68*/58 ⁺ |
| Chromosom 17 | 81.195.210 | 1996 | 1209 | 787 | 98*/88 ⁺ |
| Chromosom 18 | 78.077.248 | 693 | 289 | 404 | 30*/22 ⁺ |
| Chromosom 19 | 59.128.983 | 2130 | 1485 | 645 | 70*/71 ⁺ |
| Chromosom 20 | 63.025.520 | 850 | 560 | 290 | 36*/31 ⁺ |
| Chromosom 21 | 48.129.895 | 491 | 243 | 248 | 23*/20 ⁺ |

| Chromosom | Anzahl der Basenpaare | Gesamtzahl identifizierte Gene (Stand 2014) | CG | LNCG | Davon Gene die Krankheiten verursachen |
|--------------|-----------------------|---|-----|------|--|
| Chromosom 22 | 51.304.566 | 798 | 499 | 299 | 36*/25 ⁺ |
| X-Chromosom | 155.270.560 | 1102 | 830 | 272 | 208*/126 ⁺ |
| Y-Chromosom | 59.373.566 | 142 | 72 | 70 | 3*/5 ⁺ |

European Bioinformatics Institute, <http://www.ensembl.org>, ⁺Genetics Home Reference <http://http://ghr.nlm.nih.gov>, *Deutsches Humangenom Projekt, <http://www.dghp.de> [Stand 2004]

Tabelle 1.1.18 Anzahl der Chromosomen in einer diploiden Zelle bei verschiedenen Arten

Die Tabelle ist nach der Anzahl der Chromosomen geordnet.

| Spezies | Chromosomen | Spezies | Chromosomen |
|---------------------|-------------|-----------------|-------------|
| Natternzunge (Farn) | 1260 | Schwein | 38 |
| Streifenfarn | 144 | Apfelbaum | 34 |
| Adlerfarn | 104 | Regenwurm | 32 |
| Karpfen | 104 | Birke | 28 |
| Hund | 78 | Löwenzahn | 24 |
| Haushuhn | 78 | Seidenspinner | 20 |
| Pferd | 66 | Runkelrübe | 18 |
| Weinbergschnecke | 54 | Meerschweinchen | 16 |
| Schaf | 54 | Taube | 16 |
| Menschenaffen | 48 | Himbeere | 14 |
| Kartoffel | 48 | Roggen | 14 |
| Mensch | 46 | Ruhramöbe | 12 |
| Ratte | 42 | Taufliege | 8 |
| Saatweizen | 42 | Pferdespulwurm | 4 |
| Maus | 40 | | |

Knußmann 1996; Mörike, Betz, Mergenthaler 2007

Tabelle 1.1.19 Der DNA-Gehalt einer menschlichen Zelle im Vergleich zu anderen Spezies

Die Tabelle ist nach der Länge der DNA-Fäden geordnet. Dabei wird der Chromosomensatz einer haploiden Zelle zugrunde gelegt. Ein Basenpaar entspricht einer relativen Atommasse von 660.

| Spezies | DNA-Länge in m | Anzahl der Basenpaare | Relative Masse | Haploider Chromosomen Satz |
|------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|----------------------------|
| Lilie | 100,00 | $3,00 \cdot 10^{11}$ | $2,0 \cdot 10^{14}$ | 11 |
| Mais | 2,20 | $6,60 \cdot 10^9$ | $4,4 \cdot 10^{12}$ | 10 |
| Mensch | 0,93 | $2,75 \cdot 10^9$ | $1,9 \cdot 10^{12}$ | 23 |
| Kuh | 0,83 | $2,45 \cdot 10^9$ | $1,6 \cdot 10^{12}$ | 30 |
| Drosophila | 0,06 | $1,75 \cdot 10^8$ | $1,2 \cdot 10^{11}$ | 4 |
| Hefe | $6,0 \cdot 10^{-3}$ | $1,75 \cdot 10^7$ | $1,2 \cdot 10^{10}$ | 18 |
| T4-Phage | $6,0 \cdot 10^{-5}$ | $1,75 \cdot 10^5$ | $1,2 \cdot 10^8$ | 1 |
| λ -Phage | $1,6 \cdot 10^{-5}$ | $4,65 \cdot 10^4$ | $3,3 \cdot 10^7$ | 1 |
| SV40-Virus | $1,7 \cdot 10^{-6}$ | $5,22 \cdot 10^3$ | $3,5 \cdot 10^6$ | 1 |

Hirsch-Kauffmann und Schweiger 2004

Tabelle 1.1.20 Die Dauer des Zellteilungszyklus am Beispiel einer Knochenzelle

Ein regulärer Zellteilungszyklus (Mitose) besteht aus einer Interphase und den anschließenden Mitose-Stadien. Die Interphase beginnt mit der G1-Phase (gap = Lücke). Hier steht die Proteinsynthese im Vordergrund. In der S-Phase (Synthese) verdoppelt die Zelle ihre DNA im Zellkern. In der G2-Phase bereitet sich die Zelle auf die eigentliche Mitose vor, z. B. durch die Ausbildung des Spindelfaserapparates.

Während der Mitose wird das in der S-Phase verdoppelte genetische Material gleichmäßig auf die beiden Tochterzellen aufgeteilt.

| | |
|--|-----------------------|
| Durchschnittlicher Zellteilungszyklus gesunder Zellen | ca. 37 Stunden |
| Menschliche Tumorzelle | ca. 19,5 Stunden |
| zum Vergleich: Schleimpilz | ca. 7,7 Stunden |

| | |
|--|-----------------------|
| Durchschnittlicher Zellteilungszyklus gesunder Zellen | ca. 37 Stunden |
| Menschliche Zelle: | |
| Interphase | ca. 34–35 Stunden |
| <i>G1-Phase</i> | 25 Stunden |
| <i>S-Phase</i> | 8 Stunden |
| <i>G2-Phase</i> | 1–2 Stunden |
| Mitose | ca. 2–3 Stunden |
| <i>Prophase</i> | 1 Stunde |
| <i>Metaphase</i> | < 1 Stunde |
| <i>Anaphase</i> | < 30 Minuten |
| <i>Telophase</i> | einige Minuten |

Kompaktlexikon der Biologie 2001; Junqueira, Carneiro, Gratzl 2004; Campbell 2009

Tabelle 1.1.21 Die Gesamtdauer der Meiose beim Menschen im Vergleich zu anderen Organismen

Die lange Dauer der Entwicklung der weiblichen Eizelle verursacht ein erhöhtes Risiko bei einer Schwangerschaft in fortgeschrittenem Alter der Frau. Schädigende Einflüsse summieren sich und können zu Veränderungen des Genmaterials und damit zu Fehlbildungen der Frucht führen.

| Spezies | Meiosedauer in Tagen |
|---------------------------------|-----------------------------|
| Mensch (Spermiose) | 40–60 |
| Mensch (Oogenese) | 4700–18.500 |
| Weizen (Pollenentwicklung) | 1 |
| Roggen (Pollenentwicklung) | >2 |
| Weiße Lilie (Pollenentwicklung) | 7–14 |
| Wanderheuschrecke (Spermiose) | 5–7 |
| Kaninchen (Oogenese) | 15 |

Kleinig und Sitte 1999

Tabelle 1.1.22 Nukleotide der menschlichen DNA

Nukleotide sind die Bausteine der Nukleinsäuren. Dazu gehört die DNA = *desoxyribonucleic acid* (DNS = Desoxyribonukleinsäure = deutsche Schreibweise) und RNA = *ribonucleic acid* (RNS = Ribonukleinsäure).

Chemisch besteht ein Nukleotid aus einer Phosphorsäure, einer Pentose (DNA: Desoxyribose, RNA: Ribose) und einer von insgesamt fünf Nukleobasen (Adenin, Guanin, Cytosin, Thymin oder Uracil). Die DNA besteht aus vier Basen (A, G, C, T). In der RNA ist die Nukleobase Thymin (T) gegen Uracil (U) ausgetauscht.

Die genetische Information (genetischer Code) wird durch die Reihenfolge der Nukleotide kodiert. Drei miteinander verbundene Nukleotide bilden die kleinste Informationseinheit des genetischen Codes. Man nennt diese Informationseinheit ein Codon. Sie kodiert für genau eine Aminosäure. Rechnerisch könnte die menschliche DNA somit für 64 Aminosäuren kodieren. Jedoch kommen im menschlichen Körper lediglich 20 Aminosäuren vor.

Angaben zur Struktur und Funktion von Nukleotiden in der menschlichen DNA

| | |
|--|------------------------------|
| Atomgewicht eines Nukleotidpaars | $1 \cdot 10^{-21} \text{ g}$ |
| Gesamtzahl der Nukleotidpaare im haploiden Chromosomensatz einer menschlichen Zelle | $3,069 \cdot 10^9$ |
| Zahl der Nukleotidpaare in einer ringförmigen Doppelhelix der mitochondrialen Nukleinsäure (mtDNA) | 16.569 |
| Anteile der Nukleotide an der menschlichen DNA | |
| Thymin (T) | 31 % |
| Adenin (A) | 31 % |
| Cytosin (C) | 19 % |
| Guanin (G) | 19 % |
| Anzahl der Nukleotide (Basen), die für eine Aminosäure kodieren | 3 |
| Anzahl der verschiedenen Basen der DNA (Adenin, Guanin, Cytosin, Thymin) | 4 |
| Anzahl der Kodierungsmöglichkeiten für eine Aminosäure | 43 |
| Zahl der Kodierungsmöglichkeiten für ein Basentriplett | 64 |
| Anzahl der Aminosäuren im menschlichen Körper | 20 |
| Unterschiedliche Sequenzen (Basenfolgen) der DNA beim Menschen | |
| Anteil einmaliger Sequenzen | 70 % |
| Anteil repetitiver (sich wiederholender) Sequenzen | 30 % |
| davon hochrepetitiv | 30 % |
| davon einfachrepetitiv | 70 % |

Löffler und Petrides 1997; Kleinig und Sitte 1999; Junqueira, Carneiro, Gratzl 2004; Campbell 2009

Tabelle 1.1.23 Die Gene des Menschen

Ein Gen nimmt einen bestimmten Abschnitt auf der menschlichen DNA ein und enthält die Grundinformationen zur Herstellung eines Proteins. Dieses Protein prägt durch seine Funktion ein Merkmal. Bei Menschen werden die kodierenden Abschnitte (Exons) durch nicht kodierende Abschnitte (Introns) unterbrochen. Die kodierenden Abschnitte werden in RNA transkribiert (umgeschrieben). Im Rahmen der Proteinbiosynthese entsteht das Protein an den Ribosomen im Cytoplasma der Zellen. Benachbarte DNA-Segmente (Promotoren oder Silencer) regulieren die Aktivität des Genes.

Pseudogene kodieren nicht für funktionierende Proteine. Über die Entstehung von Pseudogenen existieren mehrere Hypothesen; zwei davon gelten als am wahrscheinlichsten: (i) Einzelne Gene wurden durch Mutationen so verändert, dass sie nicht in funktionsfähige Genprodukte transkribiert werden können. (ii) Durch reverse Transkription von mRNA und die anschließende Aufnahme der entstandenen cDNA entstehen prozessierte Pseudogene.

Angaben zu den Genen des Menschen

| | |
|--|----------------|
| Genetische Übereinstimmung zweier beliebiger menschlicher Individuen | 99,9 % |
| Größte Anzahl proteinkodierender Gene, die theoretisch auf die DNA eines Menschen passen | > 1 Millionen |
| Geschätzte Gesamtzahl der proteinkodierenden Gene im haploiden Chromosomensatz eines Menschen | |
| 1990 vor Beginn der Sequenzierung des Genoms | 140.000 |
| 2006 nach dem Ende der Sequenzierung | 23.000 |
| Geschätzte Gesamtzahl der daraus kodierten Proteine | 500.000 |
| Anzahl der 2013 bekannten proteinkodierenden Gene | 21.541 |
| Anzahl der 2004 bekannten Gene, die Krankheiten verursachen | *1788 |
| Anteil viraler Fremd-DNA im menschlichen Genom | 9 % des Genoms |
| Anzahl der Pseudogene im menschlichen Genom | ca. 20.000 |
| Anteil der proteinkodierenden Gene an der Gesamt-DNA eines Menschen | ca. 3 % |

*Deutsches Humangenom Projekt, <http://www.dghp.de> [Stand 2004]; GEOkompakt Nr. 7 2006; www.ensemble.org; www.pseudogene.org; www.encodeproject.org; Balasubramanian et al. 2011

Tabelle 1.1.24 Die Gendichte beim Menschen im Vergleich zu anderen Organismen

Als Gendichte bezeichnet man die Anzahl der Gene pro Million Basenpaare des Genoms. Eine hohe Gendichte bedeutet folglich einen hohen Anteil proteinkodierender DNA im Gesamtgenom der Spezies. Man geht jedoch davon aus, dass auch die nicht kodierende DNA regulatorische Aufgaben erfüllen kann. Es wird die Möglichkeit diskutiert, dass die Komplexität eines Organismus in Zusammenhang mit der Menge an DNA steht, die zwar keine Proteine kodiert, aber dennoch transkribiert, also in RNA übertragen wird.

Gendichte = Anzahl der Gene pro Millionen Basenpaare

| Lebewesen | Genomgröße in Basenpaaren | Anzahl der Gene | Gendichte |
|---|---------------------------|-----------------|-----------|
| Darmbakterium (<i>Escherichia coli</i>) | $4,6 \cdot 10^6$ | 4500 | 900 |
| Bäckerhefe (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>) | $1,2 \cdot 10^7$ | 6034 | 483 |
| Ackerschmalwand (<i>Arabidopsis thaliana</i>) | $1 \cdot 10^8$ | 25.500 | 221 |
| Fadenwurm (<i>Caenorhabditis elegans</i>) | $9,7 \cdot 10^7$ | 19.000 | 200 |
| Taufliege (<i>Drosophila melanogaster</i>) | $1,8 \cdot 10^8$ | 13.061 | 117 |
| Maus | $2,5 \cdot 10^9$ | 30.000 | 12 |
| Mensch | $3 \cdot 10^9$ | 23.000 | 10 |

Deutsches Humanenom Projekt (DHGP) 2005; GEOkompakt Nr. 7 2006

Tabelle 1.1.25 Das Genom des Menschen im Vergleich zum Schimpansen

Die erste Version des sequenzierten Schimpansenengoms wurde 2003 vorgelegt. Die folgenden Analysen bestätigten 2005, was frühere genetische Studien schon erahnen ließen. Die Unterschiede zwischen dem Menschen und dem Schimpansen sind minimal und die Trennung der beiden Entwicklungslinien ist nicht, wie bislang angenommen, vor mindestens 20 Millionen Jahren erfolgt, sondern erst vor wenigen Millionen Jahren.

Vergleichende Angaben zum Genom des Menschen und des Schimpansen

| | |
|--|-----------------------|
| Anzahl der Chromosomen beim Menschen | 46 |
| Anzahl der Chromosomen beim Schimpansen | 48 |
| Gemeinsame Vorfahren von Mensch und Schimpanse | vor ca. 6 Mio. Jahren |

Vergleichende Angaben zum Genom des Menschen und des Schimpansen

| | |
|--|----------------------|
| Unterschiede im Genoms von Schimpanse und Mensch | 1,2 % |
| Übereinstimmungen im Genom von Schimpanse und Mensch | 98,8 % |
| Anzahl der Stellen des Genoms mit Unterschieden | 35 Millionen |
| Geschätzte Anzahl proteinkodierender Gene (Stand 2005) | |
| beim Menschen | ca. 23.000 |
| beim Schimpansen | ca. 25.000 |
| Anteil der exakt identischen Proteine beim Menschen und beim Schimpansen | 29 % |
| Anteil der Proteine mit wesentlichen Unterschieden | 20 % |
| Unterschiedliche Aktivität der Gene von Schimpanse und Mensch | durchschnittlich 8 % |

siehe nachfolgende Tabelle; Deutsches Humangenom Projekt, <http://www.dghp.de> [Stand 2004]

Tabelle 1.1.26 Das Genom des Menschen im Vergleich zu anderen Spezies

Nicht nur die Sequenzierung des Genoms von Mensch und Schimpanse stehen im Fokus des wissenschaftlichen Interesses. Mittlerweile wurden die Genome vieler Lebewesen veröffentlicht. Von besonderer Wichtigkeit sind die Studien an Maus und Ratte, da sie in der tierexperimentellen Forschung menschlicher Krankheiten eingesetzt werden.

| | |
|---|------------------------------|
| Genom und Chromosomen des Menschen | |
| Geschätzte Entstehung des Y-Chromosoms während der Evolution | vor ca. 300 Millionen Jahren |
| Geschätzte Zeit bis das Y-Chromosom auf Grund von kumulierten Mutationen aus dem Genom verschwunden sein wird | in ca. 10 Millionen Jahren |
| Durchschnittslänge eines Chromosoms im Zustand maximaler Spiralisierung (Metaphase der Mitose) | 4,5 µm |
| Vergleichende Angaben zum Genom der Maus | |
| Evolutionäre Distanz zwischen Mensch und Maus | 60–100 Millionen Jahre |
| Veröffentlichung der Genomsequenz der Maus | 2002 |
| Anzahl der Basenpaare einer diploiden Mauszelle | 2,6 Milliarden |
| Geschätzte Anzahl der Mausgene | ca. 30.000 |
| Anzahl der im Jahr 2005 bekannten Mausgene | ca. 5000 |

| | |
|---|-----------------|
| Geschätzte genetische Übereinstimmung von Maus und Mensch | 98 % |
| Vergleichende Angaben zum Genom der Ratte | |
| Veröffentlichung der Genomsequenz der Laborratte (<i>Rattus norvegicus</i>) | 2004 |
| Anzahl der Basenpaare einer diploiden Rattenzelle | 2,75 Milliarden |
| Geschätzte Anzahl der Gene einer Ratte | ca. 30.000 |
| Übereinstimmung der Gene bei Mensch und Ratte | 90 % |
| Vergleichende Angaben zum Genom der Bakterien und der Reispflanze | |
| Veröffentlichung der Genomsequenz des kleinsten Bakteriums (SAR 11) | 2005 |
| <i>Anzahl der Basenpaare von SAR 11</i> | 1,3 Millionen |
| Veröffentlichung der Genomsequenz der Reispflanze (<i>Oryza sativa</i>) | 2002 |
| <i>Anzahl der Basenpaare</i> | 389 Millionen |
| <i>Anzahl der bekannten Gene</i> | 37.544 |
| <i>Anzahl der Chromosomen</i> | 12 |

Gibbs 2004; Giovannoni et al. 2005; IRGSP 2005

Tabelle 1.1.27 Fortschritte in Genetik und Gentechnik

Ergänzend zu den Tab. 1.1.2 Fortschritte bei der Erforschung der Zelle und 3.2 Fortschritte in Biologie und Medizin werden in dieser Tabelle wegweisende Entdeckungen zur Genetik und Gentechnik chronologisch zusammengefasst.

| Wegweisende Entdeckungen | Jahr |
|--|------|
| Der österreichische Augustinermönch <i>J.G. Mendel</i> entdeckte durch systematische Kreuzungsversuche bei Bohnen und Erbsen die grundlegenden Gesetze der Vererbung (Mendel'sche Regeln). | 1865 |
| Der Schweizer <i>Friedrich Miescher</i> beschrieb erstmalig die Nukleinsäure in Eizellen. | 1869 |
| Der deutsche Biologe <i>Walther Flemming</i> beschrieb das Chromatin. | 1880 |
| Der amerikanische Zoologe <i>Thomas Hunt Morgan</i> erkannte, dass die Chromosomen die Träger der Gene, also der Erbinformation, sind. | 1910 |
| <i>Frederick Griffith</i> , britischer Mediziner und Bakteriologe, lieferte den ersten experimentellen Hinweis darauf, dass das Erbmaterial nicht aus Proteinen aufgebaut sein kann. | 1928 |

| Wegweisende Entdeckungen | Jahr |
|--|------|
| Der amerikanische Physiologe <i>Oswald Avery</i> wies nach, dass die genetische Information in den Nukleinsäuren gespeichert ist. | 1944 |
| <i>Erwin Chargaff</i> , Biochemiker in Amerika, fand heraus, dass vier Basen in der DNA in einem bestimmten Verhältnis zueinander vorliegen. | 1950 |
| <i>Rosalind Franklin</i> zeigte über Röntgenstrukturanalysen, dass die DNA wie eine Spirale (Helix) aufgebaut ist. | |
| <i>James Watson</i> und <i>Francis Crick</i> beschrieben die DNA-Doppelhelixstruktur. | 1953 |
| <i>Albert Levan</i> und <i>Joe Hin Tjio</i> wiesen nach, dass der Mensch 46 Chromosomen hat. | 1956 |
| <i>Marshall Warren Nirenberg</i> und <i>Heinrich Matthaei</i> zeigten, dass jede der 20 Aminosäuren durch drei Basen in der DNA definiert wird. | 1961 |
| <i>Vernon Ingram</i> und <i>Antony Stratton</i> führten die Sichelzellenanämie auf eine einzelne Mutation im Hämoglobin zurück. | 1965 |
| Der Franzose <i>Jacques Monod</i> klärte die Genexpression durch grundlegende Versuche an Bakterien auf. | 1965 |
| Der amerikanische Biochemiker <i>Robert W. Holley</i> sequenzierte die erste Transfer-RNA. | 1966 |
| Isolierung des ersten Gens (Harvard Medical School, USA). | 1969 |
| <i>Herbert Boyer</i> , <i>Stanley Cohen</i> und <i>Paul Berg</i> entwickelten Klonierungstechniken und stellten das erste gentechnisch veränderte Bakterium her (DNA aus einem afrikanischen Krallenfrosch im Darmbakterium <i>Escherichia coli</i>). | 1972 |
| <i>Frederick Sanger</i> , <i>Allan Maxam</i> und <i>Walter Gilbert</i> führten die DNA-Sequenzierung („Entschlüsselung des Erbguts“) ein. | 1975 |
| <i>Philip A. Sharp</i> unterschied aktive Gene (Exons) und inaktive Gene (Introns) auf der DNA. | 1977 |
| Das erste Virus wurde vollständig sequenziert (~5200 Basenpaare). | 1978 |
| Das erste gentechnisch hergestellte Medikament (Insulin) kam in Amerika auf den Markt. | 1982 |
| Das erste Krankheitsgen (Veitstanz, Chorea Huntington) wurde entdeckt. | 1983 |
| <i>Alec Jeffreys</i> entwickelte den „genetischen Fingerabdruck“, mit dem Sequenzvariationen bei Organismen verglichen werden können. | 1984 |
| <i>Kary Mullis</i> entwickelte die Polymerase-Kettenreaktion (PCR). | 1986 |
| Die automatische DNA-Sequenzierung wurde eingeführt. | 1987 |
| Gründung der Human Genome Organisation (HUGO). | 1988 |

| Wegweisende Entdeckungen | Jahr |
|--|------|
| Das Humangenomprojekt startete zur vollständigen Sequenzierung des menschlichen Genoms. | 1990 |
| Erster Gentherapieversuch bei ADA (Erkrankung des Immunsystems) misslang. | 1990 |
| Die Flavr-Savr (Antimatsch) Tomate wurde als erstes gentechnisch verändertes Nahrungsmittel in den USA zugelassen. | 1994 |
| Etwa 10 Millionen Basen des menschlichen Genoms wurden sequenziert. | 1994 |
| Das Genom des Bakteriums <i>Haemophilus influenzae</i> wurde von <i>Craig Venter</i> in den USA vollständig sequenziert („entschlüsselt“). | 1995 |
| <i>Jan Wilmut</i> klonnte erstmals ein Tier (Schaf Dolly). | 1996 |
| Das Genom der ersten Eukaryonten (Bierhefe) wurde in einem internationalen Projekt vollständig sequenziert. | 1996 |
| Ca. 50 Millionen Basen des menschlichen Genoms wurden sequenziert. | 1996 |
| Die erste Maus wurde geklont. | 1998 |
| Das erste Rind wurde geklont. | 1998 |
| Das Genom des ersten Mehrzellers, des Fadenwurms <i>Caenorhabditis elegans</i> , wurde vollständig sequenziert. | 1998 |
| Das menschliche Chromosom 22 wurde sequenziert. | 1999 |
| Das Genom der Fruchtfliege (<i>Drosophila melanogaster</i>) wurde komplett sequenziert. | 2000 |
| Ca. 300 Millionen Basen des menschlichen Genoms wurden sequenziert. | 2000 |
| Der erste menschliche Embryo wurde in den USA zum Zwecke der Stammzellgewinnung geklont. | 2001 |
| Das Genom der Hausmaus (<i>Mus musculus</i>) wurde annähernd vollständig sequenziert. | 2002 |
| Start des HapMap-Projekts. Ziel ist es, die genetische Variabilität anhand von Erbgutblöcken zu erfassen. | 2002 |
| Das Genom des Menschen wurde nahezu vollständig sequenziert. Es besteht aus ca. 3,2 Milliarden Basen. | 2003 |
| In Südkorea wurde der erste Hund geklont. | 2005 |
| Erstmalige Nutzung von viralen Vektoren um a) genetischen Hemmstoff gegen HIV-Viren in menschliche Zellen und b) Ersatzgen in Knochenmarkszellen einzuschleusen. | 2006 |
| Start des The Cancer Genome Atlas – Projekts (TCGA) mit dem Ziel, Krebskrankungen zu vermeiden, besser diagnostizieren und behandeln zu können | 2006 |
| Erstmalige Entschlüsselung des Erbguts eines Individuums, das Genom von <i>James Watson</i> | 2007 |

| Wegweisende Entdeckungen | Jahr |
|---|------|
| Start des 1000 Genomes Projekts. Ziel ist es, das Genom von mindestens eintausend Menschen zu sequenzieren und Aufschluss über Unterschiede verschiedener Populationen zu erhalten. | 2008 |
| Heilung einer Form von Farbblindheit bei einem Rhesusaffen mittels Gentherapie. | 2009 |
| HapMap-Projekt veröffentlicht eine umfangreiche Karte genetischer Unterschiede bei Menschen. | 2010 |
| Erste Behandlung der Blutkrankheit Beta-Thalassämie mittels Gentherapie. Nach drei Jahren normalisieren sich die Werte der Erythrozyten annähernd vollständig | 2010 |
| ENCODE-Projekt entschlüsselt alle funktionellen Elemente des Genoms sowie die an der Transkription der Gene beteiligten Moleküle und Prozesse | 2012 |
| 1000-Genomes-Projekt stellt umfassende Karte des menschlichen Genoms mit Unterschieden verschiedener Individuen und ethnischer Gruppen vor. | 2012 |
| Zulassung des ersten gentherapeutischen Medikaments in der EU zur Behandlung der erblichen Lipoproteinlipasedefizienz | 2012 |
| Entdeckung von 21 gemeinsamen Signaturen von über 30 Krebsarten im Rahmen des TCGA-Projekts. | 2013 |

Sajonski und Smollich 1990; Junqueira, Carneiro, Gratzl 2004; Campbell 2009; National Human Genome Research Institute www.genome.gov; Podbregar und Lohmann 2013; Alexandrov et al. 2013; The Cancer Genome Atlas cancergenome.nih.gov

1.2 Der Stütz- und Bewegungsapparat (Purves 2011, S. 1330ff)

Zellen mit einheitlicher Struktur und Funktion bilden Gewebe. Wie bei den Tieren kann man die Gewebe beim Menschen in vier Gruppen einteilen: Epithelgewebe, Binde- und Stützgewebe, Muskelgewebe und Nervengewebe.

Die Skelettmuskulatur des Menschen macht rund 40 % des Körnergewichts aus, die Knochen dagegen nur 10 %. Für einen einzigen Schritt bedarf es der Aktivität von etwa 200 Muskeln, in einer Stunde Lesen vollführen die äußeren Augenmuskeln etwa 10.000 koordinierte Bewegungen.

Der menschliche Stützapparat (Purves 2011, S. 1347ff), die Knochen, befinden sich in einem ständigen Auf- und Abbauprozess, so dass nach etwa sieben Jahren beispielsweise der Oberschenkelknochen vollständig erneuert wurde. Wie im gesamten Körper gilt hier besonders „use it or lose it!“ – auch Knochensubstanz wird bei mangelnder Belastung abgebaut und verliert dadurch an Dichte und Festigkeit. Die Druckfestigkeit des Knochen gewebes beträgt rund 15 Kilogramm pro Quadratmillimeter, das entspricht in etwa der Druckfestigkeit von Granit.

Tab. 1.2.1 Zahlen zum Staunen

Literatur siehe nachfolgende Tabellen

Ausgewählte Angaben zum Bewegungsapparat aus den nachfolgenden Tabellen

| | |
|---|----------------------|
| Anzahl aller Muskeln im menschlichen Körper | ca. 640 |
| Gesamtzahl aller Skelettmuskeln | ca. 400 |
| Maximale Verkürzung eines Skelettmuskels | 40 % |
| Anzahl der beim Lachen beteiligten Muskeln | 15 |
| Anzahl der beim Stirnrunzeln beteiligten Muskeln | 43 |
| Geschätzte tägliche Arbeit aller Muskeln (vergleichbar: Ein Kran hebt einen 6 t-LKW 50 m hoch) | ca. $3 \cdot 10^6$ N |
| Wirkungsgrad der Skelettmuskulatur beim Radfahren | 20–25 % |
| Anteil der Knochen am Körpergewicht eines 70 kg schweren Menschen | 7 kg (10 %) |
| Der längste gemessene Knochen war der Oberschenkelknochen eines 2,40 m großen Mannes | 76 cm |
| Durchschnittslänge eines Oberschenkelknochens | 46 cm |
| Länge des kleinsten Knochens im menschlichen Körper (Steigbügel im Mittelohr) | 2,6–3,4 mm |
| Tragfähigkeit eines Oberschenkelknochens | 1,65 Tonnen |
| Kalziumverlust eines Knochens in Schwerelosigkeit | 1–2 % pro Monat |
| Anzahl der Osteoblasten, die die gleiche Knochenmenge aufbauen, die ein Osteoklast abbaut | 100–150 |
| Der größte Mann, der je lebte, war <i>Robert Wadlow</i> (1918–1940) in den USA | 272 cm |
| Der kleinste ausgewachsene Mensch, der je gelebt hat, war <i>Gul Mohammed</i> (1961–1997) aus Indien | 57 cm |
| Der schwerste Mann in der Geschichte der Medizin war <i>Jon Brower Minnoch</i> (1941–1983) in den USA | 635 kg |
| Die erfolgreichste Schlankheitskur machte <i>Rosalie Bradford</i>, geb. 1944 in den USA | |
| <i>Gewicht im Januar 1987</i> | 476 kg |
| <i>Gewicht im September 1992</i> | 142 kg |
| <i>Gewichtsverlust</i> | 334 kg |

Tab. 1.2.2 Die Muskeln des Menschen (Purves 2011, S. 1330 ff)

Man unterscheidet die Skelettmuskulatur (quergestreifte Muskulatur), die glatte Muskulatur der inneren Organe und die Herzmuskelatur. Quergestreifte Skelettmuskeln bestehen aus langen, erregbaren Muskel-Fasern, die während der Embryonalentwicklung aus der Verschmelzung mehrere Muskelbildungszellen (= Myoblasten) entstanden sind. Eine Besonderheit der Muskelfasern ist die Vielkernigkeit – unter dem Sarkolemma (= Membran um die Muskelfaser) liegen bis zu 100 Zellkerne, das macht bis zu 40 Zellkerne pro Millimeter Muskelfaser. Die Zahl der Muskelfasern ist von Geburt an relativ konstant, so dass die Muskelzunahme durch gezieltes Krafttraining durch ein Dickenwachstum der Muskulatur erreicht wird. Die glatte Muskulatur besteht vorwiegend aus einzelnen Zellen, ebenso die meisten Zellen der Herzmuskelatur. Die Zellen der Herzmuskelatur sind (zum Teil verzweigt) miteinander verbunden – so genannte Glanzstreifen sorgen für eine Erregungsleitung von Zelle zu Zelle, um eine koordinierte Kontraktion des Herzmuskels zu gewährleisten.

Übersicht zur Anzahl, Struktur und Funktion der Muskeln beim Menschen

| | |
|--|-----------------------------|
| Anzahl aller Muskeln im menschlichen Körper | ca. 640 |
| Gesamtzahl der Skelettmuskeln | ca. 400 |
| Anteil der Muskelmasse am Körpergewicht | |
| Mann | ca. 40 % |
| Frau | ca. 23 % |
| Schneidermuskel (<i>M. sartorius</i>), verläuft diagonal über dem Oberschenkelmuskel | längster Muskel >40 cm |
| Großer Gesäßmuskel (<i>M. gluteus maximus</i>) | kräftigster Strecker |
| Steigbügelmuskel (<i>M. stapedius</i>), beeinflusst den Steigbügel im Ohr | kleinster Muskel (1,2 mm) |
| Flacher Rückenmuskel (<i>M. latissimus dorsi</i>) | flächenmäßig größter Muskel |
| Beim Lachen beteiligte Muskeln | 15 |
| Beim Stirnrunzeln beteiligte Muskeln | 43 |

Keidel 1985; McCutcheon 1991; Campbell 2009; Schmidt, Lang, Heckmann 2010

Tab. 1.2.3 Motorische Einheiten

Eine motorische Einheit besteht aus einem Motoneuron (motorische Nervenzelle) und der von diesem Motoneuron innervierten Gruppe von Muskelfasern. Je kleiner die motorische Einheit ist, desto weniger Muskelfasern werden von einem Motoneuron innerviert und desto feiner können Muskelbewegungen abgestuft werden.

| Die kleinste motorische Einheit | |
|---|---------|
| Seitlicher gerader Augenmuskel | |
| Zahl der motorischen Einheiten pro Muskel | 1740 |
| Zahl der Muskelfasern pro motorischer Einheit | 13 |
| Maximalkraft pro motorischer Einheit | 0,001 N |
| Die größte motorische Einheit | |
| Zweiköpfiger Oberarmmuskel | |
| Zahl der motorischen Einheiten pro Muskel | 774 |
| Zahl der Muskelfasern pro motorischer Einheit | 750 |
| Maximalkraft pro motorischer Einheit | 0,5 N |

Keidel 1985; Mörike, Betz, Mergenthaler 2007; Campbell 2009; Schmidt, Lang, Heckmann 2010

Tab. 1.2.4 Die Skelettmuskulatur

Die Skelettmuskulatur (quergestreifte Muskulatur) ist vor allem für die willkürliche Körperbewegung zuständig. Die lichtmikroskopisch sichtbare Querstreifung ergibt sich aus der regelmäßigen Anordnung der kontraktilen Filamente (Myofilamente) Aktin und Myosin. Die funktionalen Einheiten des Skelettmuskels sind die Sarkomere, in denen Myosinfilamente in zwei gegenüber liegende Aktinfilamente gleiten und auf diese Weise die Muskelkontraktion ermöglichen. Mehrere Sarkomere bilden die hochgeordneten Muskelfibrillen. Die Myosinfilamente sorgen lediglich für eine Verkürzung der Muskelfaser, die Streckung kann nur passiv erfolgen.

Die Skelettmuskeln kann man in rote und weiße Muskulatur unterteilen. Die rote ST-Muskulatur (Rotfärbung durch Myoglobin, ST für *slow twitching* = langsam kontrahierend) ist eher für die ausdauernden Bewegungen zuständig und beinhaltet deutliche mehr Mitochondrien. Die weiße FT-Muskulatur (FT für *fast twitching* = schnell kontrahierend) kontrahiert sich schneller und kräftiger, ermüdet aber rasch. Sie bildet bei Kraftsportlern und Sprintern einen erheblichen Teil der Muskelmasse.

Angaben zur Struktur der menschlichen Skelettmuskulatur

| Proteingehalt von 1 g Skelettmuskulatur | |
|---|------------|
| davon Aktin | 100 mg |
| davon Myosin | 30 % |
| Muskelfaser (Synzytium) mit Hunderten von Zellkernen | |
| Länge | 70 % |
| | 1 mm–15 cm |

| | |
|--|----------------------|
| Durchmesser | 10–200 µm |
| Zellkerne pro mm Muskelfaser | 20–40 |
| Myofibrillen | |
| Durchmesser | 0,5–2 µm |
| Volumenanteil der Filamentproteine | 80 % |
| Sarkomer | |
| Länge | 2 µm |
| Sarkomerlänge bei optimaler Kraftentwicklung | 2 µm |
| Sarkomerlänge ohne Kraftentwicklung | >3,6 oder <1,5 µm |
| Zahl der Myosin-Filamente in einem Sarkomer | ca. 1000 |
| Zahl der Aktin-Filamente in einem Sarkomer | ca. 2000 |
| Myosin-Filamente | |
| Länge/Durchmesser | 1,6 µm/10 nm |
| Aktin-Filamente | |
| Länge/Durchmesser | 1 µm/5–7 nm |
| Angaben zur Funktion der menschlichen Skelettmuskulatur | |
| Verkürzungsgeschwindigkeit eines Skelettmuskels | 1–8 m/s |
| Dauer einer Einzelkontraktion | 10–80 ms |
| Maximale Verkürzung eines Skelettmuskels | 40 % |
| Ruhemembranpotential einer Skelettmuskelfaser | –90 mV |
| Dauer eines Aktionspotentials | 5–10 ms |
| Fortleitungsgeschwindigkeit des Aktionspotentials | 5 m/s |
| Maximale aktive Spannungsentwicklung bei einer Kontraktion | 40 N/cm ² |
| Latenzzeit zwischen Ca-Einstrom und Kontraktion | 5 ms |

Thews, Mutschler, Vaupel 1999; Campbell 2009; Schmidt, Lang, Heckmann 2010

Tab. 1.2.5 Energiequellen der Skelettmuskulatur

Der universelle Energieträger des Zellstoffwechsels ist Adenosintriphosphat (ATP). Bei Muskelarbeit wird ATP (chemische Energie) in mechanische Energie und thermische Energie umgewandelt. Da in der Muskelzelle nur wenig ATP gespeichert ist, muss diese chemische Energie ständig im Muskelstoffwechsel erneuert werden. Zur Verfügung stehen hierfür Kreatinphosphat (CP), Kohlenhydrate (Glukose in Form von Glykogen) und Fette. In Ausnahmefällen zieht der Körper auch Aminosäuren zur Energiegewinnung heran.

Die Bildung von ATP unter Verbrauch von Sauerstoff (aerober Stoffwechsel) erfolgt durch die vollständige Oxidation von Kohlenhydraten (Glukose) und Fetten (Fettsäuren). Die Bildung von ATP ohne Verbrauch von Sauerstoff (anaerober Stoffwechsel) erfolgt durch die unvollständige Verbrennung von Glukose unter Bildung von Milchsäure (Laktat). Nur die Intensität und Dauer der körperlichen Belastung entscheiden, welche Energiespeicher zur Energiegewinnung (ATP) herangezogen werden. Weltklasseschwimmer bewältigen die 50 m Sprintdistanz bisweilen ohne einen einzigen Atemzug während bei Ausdauersportarten die Sauerstoffaufnahmefähigkeit der leistungsbegrenzende Faktor ist.

| Energiequellen pro g Muskelgewebe | |
|--|----------------------|
| Adenosintriphosphat (ATP) | 5 µmol |
| Kreatinphosphat (PC) | 11 µmol |
| Glukose in Form von Glykogen | 84 µmol |
| Triglyceride (Fettsäuren) | 10 µmol |
| Energiebereitstellung in Abhängigkeit von der Belastung | |
| Zeit einer intensiven Belastung, nach der die ATP-Vorräte der Muskeln aufgebraucht sind | 6–10 Sekunden |
| Zeit einer intensiven Belastung, nach der die Kreatinphosphat-Vorräte der Muskeln aufgebraucht sind | max. 15 Sekunden |
| Zeit, nach der bei Spitzenbelastung die Glykogenvorräte der Muskeln aufgebraucht sind (anaerober Stoffwechsel) | 15–60 Sekunden |
| Zeit, nach der bei Ausdauerbelastung die Glykogenvorräte aufgebraucht sind (aerober Stoffwechsel) | 90–120 min |
| Mögliche Zeitdauer einer Ausdauerbelastung mit geringer Intensität unter Fettverbrennung | Stunden bis zu Tagen |
| Gesamtdauer der Muskeltätigkeit ohne Sauerstoffversorgung | ca. 30–60 s |
| Wirkungsgrade (Arbeit/chemische Energie × 100) | |
| Ausbeute bei Abbau von 1 mol Glukose (aerob) | 38 mol ATP |
| Ausbeute bei Abbau von 1 mol Glukose (anaerob) | 2 mol ATP |
| Wirkungsgrad der Skelettmuskulatur (Anteil der Energie, die in mechanische Bewegung umgesetzt wird) | 25–33 % |
| Wirkungsgrad beim Rad fahren und Laufen <i>davon Wärmeverlust</i> | 20–25 % 75–80 % |
| Maximaler Wirkungsgrad, der experimentell erreichbar ist <i>davon Wärmeverlust</i> | 30–35 % 65–70 % |
| Geschätzte tägliche Arbeit aller Muskeln eines Menschen (zum Vergleich: ein Kran hebt einen 6 t-LKW 50 m hoch) | ca. $3 \cdot 10^6$ N |

Keidel 1985; Mörike, Betz, Mergenthaler 2007; Campbell 2009; Schmidt, Lang, Heckmann 2010

Tab. 1.2.6 Energiequellen der Skelettmuskulatur in Abhängigkeit von ausgewählten sportlichen Belastungen (Purves 2011, S. 1343 ff)

Die Intensität und Dauer der körperlichen Belastung entscheidet, welche Energiespeicher zur Energiegewinnung (ATP) herangezogen werden. Bei kurzen, intensiven Belastungen spielen die ATP-Bereitstellung aus dem Abbau von Kreatinphosphat (CP) und der anaeroben Glykolyse die Hauptrolle. Bei längerer Ausdauerbelastung verschiebt sich die Energiebereitstellung über die aerobe Glykolyse zum Fettabbau. Im Muskel wird Glykogen gespeichert.

| Belastungsform | Fett | Glykolyse aerob | Glykolyse anaerob | CP |
|----------------|----------|-------------------------------------|-------------------|-------------|
| Laufdistanz | | | | |
| 24-Std.-Lauf | ca. 88 % | Muskel ca. 10 % Leber ca. 2 % | – | – |
| Marathon | ca. 20 % | Muskel ca. 75 % Leber ca. 5 % | – | – |
| 10.000 m | – | ca. 95–97 % | ca. 3–5 % | – |
| 5000 m | – | ca. 85–90 % | ca. 10–15 % | – |
| 1500 m | – | ca. 75 % | ca. 25 % | – |
| 800 m | – | ca. 50 % | ca. 50 % | – |
| 400 m | – | ca. 25 % | ca. 60–65 % | ca. 10–15 % |
| 200 m | – | ca. 10 % | ca. 65 % | ca. 25 % |
| 100 m | – | – | ca. 50 % | ca. 50 % |

Moosburger 1995; Campbell 2009

Tab. 1.2.7 Die Durchblutung der Skelettmuskulatur

Bei körperlicher Anstrengung wird der Sympathikus des vegetativen Nervensystems von Rezeptoren erregt und führt über die Änderung der Gefäßweite zu einer vermehrten Durchblutung der Skelettmuskulatur und einer verminderten Durchblutung der Eingeweide Muskulatur.

Die Werte dieser Tabelle beziehen sich auf einen 70 kg schweren Erwachsenen.

Angaben zur Durchblutung im Ruhezustand und bei maximaler Arbeit

| Im Ruhezustand | |
|---|--------------------------------|
| Absolute Durchblutung der gesamten Muskulatur | 900 ml/min |
| Anteil am Herz-Zeit-Volumen (HZV = 5,4 l/min) | 17% |
| Durchblutung pro 100 g Muskelgewebe | 3 ml/min |
| O ₂ -Verbrauch der gesamten Muskulatur | ca. 60 ml/min |
| Arteriovenöse O ₂ -Differenz | 0,1 ml O ₂ /ml Blut |

| Bei maximal arbeitender Skelettmuskulatur | |
|---|---------------------------------|
| Absolute Durchblutung der gesamten Muskulatur | 20.000 ml/min |
| Anteil am Herz-Zeit-Volumen (HZV = 25 l/min) | 80% |
| Durchblutung pro 100 g Muskelgewebe | 60 ml/min |
| O ₂ -Verbrauch der gesamten Muskulatur | 3–3,5 l/min |
| Arteriovenöse O ₂ -Differenz | 0,15 ml O ₂ /ml Blut |

Thews, Mutschler, Vaupel 1999; Campbell 2009; Schmidt, Lang, Heckmann 2010

Tab. 1.2.8 Die Herzmuskelzellen

Die annähernd bandförmigen Herzmuskelzellen sind kürzer als die Skelettmuskelfasern, fügen sich aber zu längeren Zellsträngen miteinander verbundener Zellen zusammen. Die Verknüpfung der Zellen erfolgt in einem so genannten Glanzstreifen (*Disci intercalati*).

Die Herzmuskelzellen der Arbeitsmuskulatur sind für die Kontraktion des Herzens verantwortlich. Die Herzmuskelzellen des Reizleitungssystems sind für die Bildung und für die koordinierte Weiterleitung von Erregungen zuständig, so wird die Kontraktionsfolge von den Atrien über die Herzspitze zum gesamten Ventrikelmyokard gewährleistet. Die Herzaktionen laufen unwillkürlich ab. Im Gegensatz zu den anderen Muskelarten ist die Regenerationsfähigkeit beim Herzmuskel unter normalen Bedingungen sehr eingeschränkt.

Angaben zu Herzmuskelzellen beim Menschen

| | |
|--|-----------|
| Anzahl der Zellkerne pro Herzmuskelzelle | 1–2 |
| Dicke der Herzmuskelzelle | 10–25 µm |
| Länge der Herzmuskelzelle | 50–100 µm |

Angaben zu Herzmuskelzellen beim Menschen

| | |
|--|-----------------------|
| Volumenanteile der Filamentproteine in einer Herzmuskelzelle | 55–60 % |
| Aktin-zu-Myosin-Relation | 2 : 1 |
| Dauer einer Einzelkontraktion | 200–300 ms |
| Maximale Verkürzung des Herzmuskels | 40 % |
| Ruhemembranpotential einer Herzmuskelzelle | –90 mV |
| Dauer eines Aktionspotentials | 180–350 ms |
| Fortleitungsgeschwindigkeit des Aktionspotentials | 0,5–1 m/s |
| Maximale aktive Spannungsentwicklung bei einer Kontraktion | 1,3 N/cm ² |

Thews, Mutschler, Vaupel 1999; Bersell et al. 2009; Campbell 2009; Schmidt, Lang, Heckmann 2010

Tab. 1.2.9 Die glatte Muskulatur (Purves 2011, S. 1337 ff)

Die glatte Muskulatur des menschlichen Körpers wird vom vegetativen Nervensystem innerviert und unterliegt somit nicht der willkürlichen Kontrolle.

Im Gegensatz zu der quergestreiften Muskulatur kann sie sich ausdauernder zusammenziehen und die Spannung verglichen mit der Skelettmuskulatur sehr lange und mit geringem Energieaufwand aufrecht erhalten, sie ist aber vergleichsweise träge. Glatte Muskulatur kommt folglich überall dort vor, wo Spannung über längere Zeit aufrechterhalten werden muss (Peristaltik in Hohlorganen, Blutdruckregulation in den Innenwänden der Arterien). Die spindelförmigen kontraktilen Filamente Aktin und Myosin sind im Gegensatz zur quergestreiften Muskulatur nicht gleichmäßig in Myofibrillen organisiert.

Angaben zu Zellen und zum Muskel (glatte Muskulatur) beim Menschen

| | |
|--|----------------|
| Anzahl der Zellkerne pro Muskelzelle | 1 |
| Dicke einer Muskelzelle | 2–10 µm |
| Länge einer Muskelzelle | 30–200 µm |
| Volumenanteile der Filamentproteine in einer Muskelzelle | 15–50 % |
| Aktin zu Myosin Relation | 15 : 1 |
| Dauer einer Einzelkontraktion | 2–20 s |
| Ruhemembranpotential einer glatten Muskelzelle | –50 bis –70 mV |
| Dauer eines Aktionspotentials | 25–100 ms |
| Fortleitungsgeschwindigkeit des Aktionspotentials | 0,05–0,1 m/s |

Angaben zu Zellen und zum Muskel (glatte Muskulatur) beim Menschen

| | |
|---|----------------------|
| Latenzzeit zwischen Ca-Einstrom und Kontraktion | 300 ms |
| Verkürzungsgeschwindigkeit eines glatten Muskels | wenige mm/s |
| Maximale Verkürzung eines glatten Muskels | 75 % |
| Maximale Spannungsentwicklung bei einer Kontraktion | 60 N/cm ² |

Thews, Mutschler, Vaupel 1999; Campbell 2009; Schmidt, Lang, Heckmann 2010

Tab. 1.2.10 Die Reizung der Muskulatur und Auslösung einer Dauerkontraktion (Tetanus)

Zur Kontraktion des Muskels ist neben den Myofilamenten (Aktin und Myosin) auch die Anwesenheit von Kalzium (Ca) und ATP notwendig. Wird eine Muskelfaser von einem Motoneuron (Nervenzelle) aktiviert, breitet sich das Aktionspotential auf der Muskelfaser aus. Als Folge kommt es kurzzeitig zur Freisetzung von Kalzium aus dem sarkoplasmatischen Retikulum in der Muskelzelle und somit zur eigentlichen Kontraktion. Eine Dauerkontraktion (Tetanus) kann bei einer Skelettmuskelfaser durch eine hohe Erregungsfrequenz erreicht werden.

Die Reizung der Skelettmuskulatur beim Menschen

| | |
|--|------------------------|
| Erschlaffte Muskelfaser vor dem Reiz: | |
| Membranpotential (Ruhepotential) | -90 mV |
| Kalziumkonzentration in der Muskelfaser | 10 ⁻⁷ mol/l |
| ATP-Konzentration in der Muskelfaser | 5 mmol/l |
| Kontrahierte Muskelfaser 5 ms nach dem Reiz: | |
| Aktionspotential | +30 mV |
| Kalziumkonzentration in der Muskelfaser | 10 ⁻⁵ mol/l |
| Kontrahierte Muskelfaser 20 ms nach dem Reiz: | |
| Membranpotential | -80 mV |
| Kalziumkonzentration in der Muskelfaser | 10 ⁻⁵ mol/l |
| Dauer eines Aktionspotentials | 5–10 ms |
| Dauer des absoluten Refraktärstadiums | 4 ms |
| Dauer des relativen Refraktärstadiums | 3 ms |
| Ausbreitungsgeschwindigkeit eines Aktionspotentials | ca. 2–6 m/s |

| Auslösung einer Dauerkontraktion (Tetanus) beim Menschen | |
|---|----------------|
| Äußerer Augenmuskel | ab 350 Reize/s |
| Langsamer Skelettmuskel | ab 30 Reize/s |
| Glatte Muskulatur | ab 1 Reiz/s |

Keidel 1985; Mörike, Betz, Mergenthaler 2007; Schmidt, Lang, Heckmann 2010

Tab. 1.2.11 Die Knochen des Menschen

Die Knochen sind die wichtigsten Bestandteile des menschlichen Stützapparats – des Skeletts. Sie schützen und stützen den Körper und seine Organe, bewegen ihn mit Hilfe der Muskeln, sie sind an der Blutbildung beteiligt und dienen als Speicherorgan (z. B. für Kalzium und Phosphor). Sie bestehen aus der Knochenhaut, der wabigen (spongiösen) Knochensubstanz und dem Knochenmark.

Das menschliche Skelett besteht aus 208 bis 214 Knochen. Die Anzahl variiert von Person zu Person, da unterschiedlich viele Kleinknochen in Fuß und Wirbelsäule vorhanden sein können. Das Skelett eines neugeborenen Menschen besteht aus mehr als 300 Knochen bzw. Knorpeln. Die Gesamtzahl der Knochen verringert sich im Verlauf der Entwicklung, da die einzelnen Knochenfragmente teilweise zu größeren Knochen verschmelzen.

| Allgemeines zu den Knochen beim Menschen | |
|---|----------------|
| Durchschnittlicher Anteil der Knochen am Körergewicht eines 70kg schweren Menschen | 7 kg (10 %) |
| Durchschnittlicher jährlicher Verlust an Knochenmasse nach dem 35. Lebensjahr | 1,5 % pro Jahr |
| Durchblutung des Skelettsystems | |
| absolut | 200–400 ml/min |
| Anteil am Herzzeitvolumen | 6 % |
| Physikalische Größen zu ausgewählten Knochen | |
| Der längste je gemessene Knochen war der Oberschenkelknochen eines 2,40 m großen Mannes | 76 cm |
| Durchschnittslänge eines Oberschenkelknochens | 46 cm |
| Der kleinste Knochen des Menschen ist der Steigbügel (<i>Stapes</i>) im Mittelohr | |
| <i>Länge</i> | 2,6–3,4 mm |
| <i>Gewicht</i> | 2–4,3 mg |
| Tragfähigkeit eines Lamellenknochens | |

| | |
|--|---------------------------|
| <i>Knochenspan mit einem Durchmesser von 1 mm</i> | 15 kg |
| <i>Oberschenkelknochen</i> | 1,65 Tonnen |
| <i>Druckbelastbarkeit eines Lamellenknochens</i> | bis 15 kg/mm ² |
| <i>Zugbelastbarkeit eines Lamellenknochens</i> | 12 kg/mm ² |
| Spezifisches Gewicht (Verhältnis Gewichtskraft zu Volumen) | |
| <i>Knochen</i> | 1,75 |
| <i>Vergleichswert: Eisen</i> | 7,20 |
| Winkel des Schenkelhalses zum Oberschenkelknochen | |
| <i>Neugeborenes</i> | 150° |
| <i>Kind von 3 Jahren</i> | 140° |
| <i>Jugendlicher mit 15 Jahren</i> | 133° |
| <i>Erwachsener</i> | 125° |
| <i>alter Mensch</i> | 115° |

Thews, Mutschler, Vaupel 1999; Junqueira, Carneiro, Gratzl 2004; Campbell 2009; Schmidt, Lang, Heckmann 2010; Faller 2012

Tab. 1.2.12 Der Aufbau der Knochen des Menschen

Knochen bestehen aus mineralisiertem Bindegewebe mit einer Außenwand (Kortikalis) und den Knochenbälkchen (Spongiosa) im Innern (Purves 2011, S. 1348 ff). Ein Osteon stellt die kleinste Baueinheit des Knochengewebes dar. Es besteht aus den schalenartig angeordneten Knochenlamellen, die konzentrisch um den Haver'schen Kanal angeordnet sind, in dem die versorgenden Blutgefäße und Nervenbahnen liegen.

Die Knochenzellen sind durch Zellfortsätze untereinander verbunden. Osteoblasten sind die knochenbildenden Zellen, die zunächst eine Matrix aus Kollagen bilden. Gleichzeitig scheiden sie Kalziumphosphat ab, das sich dort zu Hydroxyapatit verhärtet. Damit werden sie zu Osteozyten, den Knochenzellen, die von Knochensubstanz umgeben sind. Diese Kombination aus Hartsubstanz mit flexilem Kollagen macht die Knochen hart und elastisch, ohne dass sie dabei spröde werden.

Das Knochengewebe wird andauernd auf- und abgebaut, Osteoblasten und Knochen abbauende Zellen (Osteoklasten) beeinflussen sich dabei in ihrer Aktivität gegenseitig. Osteoklasten entwickeln sich aus hämatopoetischen Stammzellen und ähneln in Form und Funktion den Makrophagen.

Lange Knochen, wie zum Beispiel der Oberschenkelknochen, bilden außen eine sehr dichte Schicht (Compacta) aus Haver'schen Systemen. An den Enden (Epiphysen) liegt

die Spongiosa, die aus einem Schwammwerk feiner Knochenbälkchen besteht. In den Zwischenräumen liegt das Knochenmark, in dem die Bildung der Blutzellen erfolgt. Die Balkenstruktur der Spongiosa ist deutlich sichtbar entlang der Kraftverlaufslinien der Knochen ausgerichtet.

Mikroskopische Struktur des Knochen

| | |
|--|--------------|
| Anteil der Kortikalis an der Gesamtknochenmasse | 80 % |
| Mineralanteil der Kortikalis | 70 % |
| Anteil der Bälkchenknochen (Spongiosa) an der Gesamtknochenmasse | 20 % |
| Größe der anorganischen Kristalle des Knochens | |
| Länge | 20–40 nm |
| Breite | 2–3 nm |
| Dicke einer Lamelle im Lamellenknochen | 3–7 µm |
| Längsdurchmesser der Knochenhöhlen (<i>Lacuna ossea</i>), in denen die Osteozyten liegen | 30 µm |
| Durchmesser der Knochenkanälchen (<i>Canaliculi ossei</i>), durch die die Osteozyten in Kontakt stehen | 1 µm |
| Durchmesser des Zentralkanals (Haver'scher Kanal) eines Röhrenknochens | 20–300 µm |
| Anzahl der Lamellen pro Osteon | 3–20 |
| Dicke eines Osteons (20 Lamellen und ein Haver'scher Kanal) | 1 mm |
| Länge eines Osteons | 3 mm |
| Zellen im Knochengewebe | |
| Durchmesser eines Osteoblasten | 10–14 µm |
| Lebensdauer der Osteoblasten/Osteozyten | bis 25 Jahre |
| Durchmesser von knochenabbauenden Riesenzellen (Osteoklasten) | 100 µm |
| Maximale Tiefe einer Resorptionslakune, in der ein Osteoklast Knochen- gewebe abbaut | 70 µm |
| Anzahl der Osteoblasten, welche die gleiche Knochenmenge aufbauen, die ein einziger Osteoklast abbaut | 100–150 |
| Zeit, in der sich eine Knochenstammzelle verdoppelt | 36 Stunden |
| Zeit, die eine Knochenstammzelle mindestens braucht, um sich in einen Osteoblasten umzuwandeln | 9 Stunden |

| Kalzium und Knochen | |
|--|----------|
| Gesamtkalzium eines Erwachsenen | 1 kg |
| Anteil des Körperkalziums im Knochen | 99 % |
| Anteil des Körperphosphats im Knochen | 75 % |
| Anteil der Kalziumionen im Blut, die jede Minute durch Kalziumionen aus dem Knochengewebe ersetzt werden | 25 % |
| Zeitraum, in dem das gesamte Knochenkalzium ausgetauscht wird | 200 Tage |
| Kalziumverlust pro Monat bei einem Knochen in Schwerelosigkeit | 1–2 % |

Leonhardt 1990; Sajonski, Smollich 1990; Junqueira, Carneiro, Gratzl 2004; Campbell 2009

Tab. 1.2.13 Zusammensetzung des Knochengewebes

Die knochenbildenden Zellen (Osteoblasten) synthetisieren nicht nur die organische Matrix aus Kollagenfasern, sondern sie sind auch für die Ausfällung der Mineralsalze zuständig. Ein Enzym spaltet von Phosphorsäureestern des Blutes Phosphationen ab, die dann in der Mineralisierungszone abgelagert werden. Gleichzeitig kommt es dort auch zu einer Anreicherung von Kalziumionen.

| Anteil von Substanzen am Knochen- gewebe | Darin enthaltene Subs- tanzen | Anteil |
|---|--|---------------|
| Wasser 13 % | | |
| Organische Substanzen 25 % | davon: | |
| | amorphe Grundsubstanz | 5,0 % |
| | kollagene Fasern | 95,0 % |
| Anorganische Substanzen 62 % | davon: | |
| | Kalziumphosphat | 86,0 % |
| | Kalziumkarbonat | 10,0 % |
| | Alkalalisalze (NaCl, KCl) | 2,0 % |
| | Magnesiumphosphat | 1,5 % |
| | Ca-Fluorid/Ca-Chlorid | 0,5 % |

Leonhardt 1990; Mörike, Betz, Mergenthaler 2007

Tab. 1.2.14 Anzahl der Knochen

Die Wirbelsäule besteht in der Regel aus 33 Wirbeln, wobei Abweichungen recht häufig sind. Die 5 Kreuzwirbel verschmelzen zwischen dem 15. und 20. Lebensjahr zum Kreuzbein (*Os sacrum*), die 4 Steißwirbel zum Steißbein (*Os coccygis*).

Die Zahl der Knochen kann individuell variieren. So haben in Europa 5% aller Männer eine zusätzliche Rippe. In Japan sind 7% der Männer und bei den Inuit 16% der Männer davon betroffen.

Das Becken verbindet die bewegliche Wirbelsäule mit den beiden unteren Extremitäten über ein straffes Gelenk, das Iliosakralgelenk. Das Hüftbein (*Os coxae*) besteht aus den drei Beckenknochen: Sitzbein, Darmbein und Schambein.

In der Tabelle wird die jeweilige Gesamtzahl der genannten Knochen im Körper des Menschen angegeben.

| Schädelknochen (Ossa crani) | | | |
|--|----|--|----|
| Hirnschädel (Neurokranium) | | Gesichtsschädel (Viszerokranium) | |
| Stirnbein (<i>Os frontale</i>) | 1 | Oberkiefer (<i>Maxilla</i>) | 2 |
| Keilbein (<i>Os sphenoidale</i>) | 1 | Gaumenbein (<i>Os palatinum</i>) | 2 |
| Schläfenbein (<i>Os temporale</i>) | 2 | Jochbein (<i>Os zygomaticum</i>) | 2 |
| Scheitelbein (<i>Os parietale</i>) | 2 | Tränenbein (<i>Os lacrimale</i>) | 2 |
| Hinterhauptsbein (<i>Os occipitale</i>) | 1 | Nasenbein (<i>Os nasale</i>) | 2 |
| Siebbein (<i>Os ethmoidale</i>) | 1 | Untere Nasenmuschel (<i>Concha n.i.</i>) | 2 |
| | | Pflugscharbein (<i>Vomer</i>) | 1 |
| | | Unterkiefer (<i>Mandibula</i>) | 1 |
| Gehörknöchelchen (Ossicula audit.) | | Zungenbein (<i>Os hyoideum</i>) | 1 |
| Hammer (<i>Maleus</i>) | 2 | | |
| Ambos (<i>Incus</i>) | 2 | Gesamtzahl der Schädelknochen | 29 |
| Steigbügel (<i>Stapes</i>) | 2 | davon verschieden | 18 |
| Wirbelsäule (Columna vertebralis) | | | |
| Halswirbel (<i>Vertebrae cervicales</i>) | 7 | Kreuzwirbel (<i>Vertebrae sacrales</i>) | 5 |
| Brustwirbel (<i>Vertebrae thoracicae</i>) | 12 | Steißwirbel (<i>Vertebrae coccygeae</i>) | 4 |
| Lendenwirbel (<i>Vertebrae lumbales</i>) | 5 | | |
| Schultergürtel (Cingulum membra superioris) | | | |
| Schulterblatt (<i>Skapula</i>) | 2 | Schlüsselbein (<i>Clavica</i>) | 2 |

| | | | |
|---|-----|---|----|
| Brustkorb (Thorax) | | | |
| Zahl der Rippen insgesamt | 24 | Rippen des Rippenbogens | 6 |
| Echte Rippen (haben Verbindung mit dem Brustbein) | 14 | Frei in der Bauchmuskulatur endende Rippen | 4 |
| Brustbein | 1 | | |
| Obere Extremitäten | | | |
| Oberarmknochen (<i>Humerus</i>) | 2 | Handwurzelknochen (Ossa carpi) | 16 |
| Elle (<i>Ulna</i>) | 2 | Kahnbein (<i>Os naviculare</i>) | 2 |
| Speiche (<i>Radius</i>) | 2 | Mondbein (<i>Os lunatum</i>) | 2 |
| | | Dreiecksbein (<i>Os triquetrum</i>) | 2 |
| Knochen der Hände insgesamt | 54 | Erbsenbein (<i>Os pisiforme</i>) | 2 |
| Mittelhandknochen (<i>Ossa metacarpi</i>) | 10 | Großes Vielbein (<i>Os trapezium</i>) | 2 |
| Fingerknochen (<i>Ossa digitorum. manu</i>) | 28 | Kleines Vielbein (<i>Os trapezoideum</i>) | 2 |
| | | Kopfbein (<i>Os capitatum</i>) | 2 |
| | | Hakenbein (<i>Os hamatum</i>) | 2 |
| Becken (Pelvis) | | | |
| Sitzbein (<i>Os ischii</i>) | 2 | Schambein (<i>Os pubis</i>) | 2 |
| Darmbein (<i>Os ilii</i>) | 2 | | |
| Untere Extremitäten | | | |
| Oberschenkelknochen (<i>Femur</i>) | 2 | Mittelfußknochen (Ossa metatarsi) | 10 |
| Kniescheibe (<i>Patella</i>) | 2 | Sprungbein (<i>Talus</i>) | 2 |
| Schienbein (<i>Tibia</i>) | 2 | Fersenbein (<i>Calcaneus</i>) | 2 |
| Wadenbein (<i>Fibula</i>) | 2 | Kahnbein (<i>Os naviculare</i>) | 2 |
| | | Keilbeine (<i>Ossa cuneiformia</i>) | 6 |
| | | Würfelbein (<i>Os cuboideum</i>) | 2 |
| Gesamtzahl der Fußknochen | 52 | Zehenknochen (<i>Os.d.dis</i>) | 28 |
| Gesamtzahl der Knochen und Extremwerte | | | |
| Erwachsene (Durchschnitt) | 215 | Größte Gesamtzahl von Zehen | 15 |
| Größte Gesamtzahl von Fingern | 14 | | |

Tab. 1.2.15 Verknöcherung und Fontanellenschluss

Nach der Geburt wird das Knorpelgewebe durch Knochengewebe ersetzt (Ossifikation). Zwischen den Gelenkköpfen, die von Knorpel überzogen sind, und dem Knochenschaft (Diaphyse) liegen die knorpeligen Wachstumsfugen (Epiphysenfugen). Hier findet das Längenwachstum statt, das nach der Verknöcherung der Epiphysenfugen abgeschlossen ist.

Fontanellen sind Knochenlücken des frühkindlichen Schädels. Funktionell sind sie vor allem bei der Geburt wichtig. Sie sorgen für eine gewisse Verformbarkeit des Schädels im engen Geburtskanal. Später ermöglichen sie die Anpassung des Schädels an das Wachstum des Gehirns. Im Laufe der Entwicklung verschließen sich die Fontanellen und die Schädelnähte verknöchern.

Abkürzungen: E-Woche = Entwicklungswoche, E-Monat = Entwicklungsmonat, L-Jahr = Lebensjahr

| Bezeichnung | Beginn der Verknöcherung | | Schluss der Epiphysenfugen |
|-------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------|
| Schlüsselbein | Diaphyse | 6.–7. E-Woche | 20.–24. L-Jahr |
| | Epiphyse | 16.–18. L-Jahr | |
| Schulterblatt | | 8. E-Woche | 15.–25. L-Jahr |
| | Diaphyse | 7.–8. E-Woche | |
| Oberarmknochen | Epiphyse | 2. E-Woche bis 12. L-Jahr | 15.–20. L-Jahr |
| | Diaphyse | 7.–8. E-Woche | |
| Speiche | Epiphyse | 1.–2. L-Jahr | 14.–24. L-Jahr |
| | Diaphyse | 5.–12. L-Jahr | |
| Elle | | 1.–12. L-Jahr | 14.–24. L-Jahr |
| | Diaphyse | 9.–10. E-Woche | |
| Handwurzelknochen | Epiphyse | 2.–3. L-Jahr | 15.–20. L-Jahr |
| | Diaphyse | 9.–12. E-Woche | |
| Mittelhandknochen | Epiphyse | 2.–3. L-Jahr | 20.–24. L-Jahr |
| | Diaphyse | 2.–3. E-Monat | |
| Fingerknochen | Diaphyse | 4. E-Monat | 14.–18. L-Jahr |
| | Epiphyse | 5.–6. E-Monat | |
| Darmbein | | | 14.–18. L-Jahr |
| Sitzbein | | | 14.–18. L-Jahr |
| Schambein | | | 14.–18. L-Jahr |

| Bezeichnung | Beginn der Verknöcherung | | Schluss der Epiphysenfugen |
|---|--------------------------|--------------------------|----------------------------------|
| Oberschenkelknochen | Diaphyse | 7.–8. E-Woche | |
| | Epiphyse | 1. L-Jahr | 17.–19. L-Jahr |
| Schienbein | Diaphyse | 7.–8. E-Woche | |
| | Epiphyse | 10. E-Monat | 19.–21. L-Jahr |
| Wadenbein | Diaphyse | 8. E-Woche | |
| | Epiphyse | 4.–5. L-Jahr | 17.–20. L-Jahr |
| Fußwurzelknochen | | 5. E-Monat bis 3. L-Jahr | |
| Mittelfußknochen | Diaphyse | 2.–3. E-Monat | |
| | Epiphyse | 3.–4. L-Jahr | 15.–20. L-Jahr |
| Zehenknochen | Diaphyse | 5.–9. E-Monat | |
| | Epiphyse | 1.–5. L-Jahr | 15.–20. L-Jahr |
| Fontanellschluss und Verknöcherungszeiten der Schädelnähte | | | |
| Stirnfontanelle | | | Fontanellschluss nach 36 Monaten |
| Hinterhauptsfontanelle | | | Fontanellschluss nach 3 Monaten |
| Vordere Seitenfontanelle | | | Fontanellschluss nach 6 Monaten |
| Hintere Seitenfontanelle | | | Fontanellschluss nach 18 Monaten |
| Lambdaht (Sutura lambdoidea) | | | Verknöcherung nach 40–50 Jahren |
| Stirnnaht (Sutura frontalis) | | | Verknöcherung nach 1–2 Jahren |
| Pfeilnaht (Sutura sagittalis) | | | Verknöcherung nach 20–30 Jahren |
| Kranznaht (Sutura coronalis) | | | Verknöcherung nach 30–40 Jahren |

Schiebler, Schmidt, Zilles 2005; Campbell 2009

Tab. 1.2.16 Bindegewebe und Knorpel

Das Bindegewebe besteht aus Bindegewebzellen (Fibroblasten) und Extrazellulärmatrix. Es geht entwicklungsgeschichtlich aus dem Mesoderm hervor. Bindegewebe erfüllt eine Vielzahl von Funktionen im menschlichen Körper. Je nach Vorkommen stützt, schützt oder umhüllt es Organe oder Strukturen des Organismus, dient als Leitstruktur oder fungiert als Gleit- und Verschiebeschicht. Spezialisierte Bindegewebe können an Speicherung und Produktion von Substanzen beteiligt sein und bilden die Stütz- und Stabilisierungsstrukturen des Körpers. Die verschiedenen Arten von Bindegewebe unterscheidet man prinzipiell nach der Zusammensetzung der Extrazellulärmatrix, welche von den Fibroblasten produziert wird. Häufig sind die Diffusionswege durch diese Extrazellulärmatrix sehr lang und die Stoffwechselaktivität der Fibroblasten ist sehr gering. Die Chondrozyten des hyalinen Knorpelgewebes der Gelenkflächen beispielsweise sind unter physiologischen Umständen nicht in der Lage, sich zu teilen. Ist dieses Gewebe geschädigt, so kann es in der Regel nicht regeneriert werden.

Angaben zum Bindegewebe des Menschen

| | |
|---|----------------------|
| Anteil des Kollagens am Gesamtkörpergewicht | 6 % |
| Anteil des Kollagens am Gesamtprotein | 25 % |
| Retikuläre Fasern (aus Kollagen Typ 3) | |
| <i>Dicke der Fasern</i> | 0,2–1 µm |
| Kollagene Fasern (aus Kollagen Typ 1) | |
| <i>Dicke einer kollagenen Faser</i> | 1–12 µm |
| <i>Dicke einer Kollagenfibrille</i> | 0,3–0,5 µm |
| <i>Dicke einer Mikrofibrille</i> | 20–200 nm |
| <i>Zugfestigkeit</i> | 6 kg/mm ² |
| <i>Tragfähigkeit des stärksten Bandes im Körper (Ligamentum iliofemorale)</i> | 350 kg |
| <i>Dehnbarkeit</i> | ca. 5 % |
| <i>Verlängerbarkeit durch die gewellte Anordnung der einzelnen Kollagenfasern</i> | ca. 3 % |
| <i>Gesamtverlängerbarkeit</i> | ca. 8 % |
| <i>Irreversible Dehnung (Zerreißen)</i> | ab 10 % |
| Elastische Fasern | |
| Dicke der Faser insgesamt | 0,2–5 µm |
| Dehnbarkeit | 150 % |

| | |
|---|------------------------|
| Hauptaminosäuren der kollagenen Fasern | |
| Glycin | 33 % |
| Prolin | 12 % |
| Hydroxyprolin | 10 % |
| Zusammensetzung und Druckbelastbarkeit der Interzellularsubstanz des hyalinen Knorpels | |
| Wasseranteil | 70–80 % |
| Anteil an Chondrozyten | 1–10 % |
| Chondromucoidanteil | |
| Kollagen | 12–14 % |
| Proteoglykane | 7–9 % |
| Mineralstoffe | <4 % |
| Matrixproteine | <1 % |
| Druckbelastbarkeit eines hyalinen Knorpels | 1,5 kg/mm ² |
| Leonhardt 1990; Metz 2001; Junqueira, Carneiro, Gratzl 2004; Mörike, Betz, Mergenthaler 2007; Faller 2012 | |

Tab. 1.2.17 Die Gelenkmechanik der Extremitäten (Purves 2011, S. 1349 ff)

Scharniergelenke können sich nur um eine Achse bewegen: Fingermittel- und Fingerendgelenke, Oberarm-Ellengelenk. Kugelgelenke haben allseitige Bewegungsmöglichkeiten: Schultergelenk, Fingergrundgelenke, Hüftgelenk.

| Gelenk und Beschreibung der Bewegungen | Bewegungswinkel |
|--|-----------------|
| Gelenkmechanik des Ellenbogengelenks | |
| Beugung | 40° |
| Streckung | 180° |
| Gelenk zwischen Elle und Speiche | |
| Pronation (Einwärtsdrehung um die Längsachse) | 60–80° |
| Supination (Auswärtsdrehung um die Längsachse) | 70–90° |
| Gelenkmechanik des Handgelenks | |
| Palmarflexion (Beugung zur Handfläche hin) | 90° |
| Dorsalflexion (Beugung zum Handrücken hin) | 50–60° |

| Gelenk und Beschreibung der Bewegungen | Bewegungswinkel |
|---|------------------------|
| Radialabduktion (zur Speiche hin abspreizen) | 23–30° |
| Ulnarabduktion (zur Elle hin abspreizen) | 30–40° |
| Gelenkmechanik der Fingergelenke (ohne Daumen) | |
| Grundgelenk: Beugung | 90° |
| Grundgelenk: Streckung | 10° |
| Grundgelenk: Abduktion (von der Mitte abspreizen) | 45° |
| Mittelgelenk: Beugung | 100° |
| Mittelgelenk: Streckung | 10° |
| Endgelenk: Beugung | 90° |
| Endgelenk: Streckung | 10° |
| Gelenkmechanik des Hüftgelenks | |
| Anteversion (Beugung) | 120° |
| Retroversion (Streckung) | 10–15° |
| Abduktion in Rückenlage (Abspreizen des Beines) | 30–50° |
| Adduktion in Rückenlage (Heranziehen des Beines) | 10° |
| Innenrotation, Bauchlage gestreckte Knie | 30–40° |
| Innenrotation, Bauchlage gebeugte Knie | 40–50° |
| Außenrotation, Bauchlage gestreckte Knie | 40–50° |
| Außenrotation, Bauchlage gebeugte Knie | 30–45° |
| Gelenkmechanik des Kniegelenks | |
| Streckung | 170–180° |
| Beugung | 120–150° |
| Innenrotation | 5–10° |
| Außenrotation | 40° |
| Gelenkmechanik des oberen Sprunggelenks | |
| Dorsalflexion (Beugung) | 30° |
| Plantarflexion (Streckung) | 50° |
| Gelenkmechanik des unteren Sprunggelenks | |
| Supination (Einwärtskanten) | 30° |
| Pronation (Auswärtskanten) | 50° |

Tab. 1.2.18 Die Gelenkmechanik von Kopf-, Schulter- und Wirbelgelenken

Die beiden oberen Halswirbel weisen eine besondere Form auf. Auf dem Atlas, der an Stelle eines Dornfortsatzes eine Knochenspange hat, sitzt der Schädel. Der zweite Halswirbel, der Axis wird auch als Dreher bezeichnet. Er besitzt eine nach oben ragende Verlängerung des Wirbelkörpers, den Zahn, mit dem der Atlas gelenkig verbunden ist. Um diesen Zahn dreht sich der Atlas mit dem darauf sitzenden Kopf. Seit-, Vor- und Rückneigungen sind zwischen Atlas und Axis nicht möglich und werden deshalb von den anderen Halswirbeln übernommen.

In der Brustwirbelsäule sind Bewegungen in jeder Richtung möglich. Obwohl das Bewegungsausmaß zwischen den einzelnen Wirbelkörpern nur wenige Grade umfasst, ergibt die Summe dieser Einzelbewegungen beachtliche Gesamtbewegungen.

In der Lendenwirbelsäule ist die Rumpfdrehung wegen der Stellung der Gelenkfortsätze stark eingeschränkt.

Das Kreuzbein bildet massive Seitenteile, welche die Gelenkflächen für das Iliosakralgelenk bilden.

| Gelenke und Beschreibung der Bewegungen | Bewegungswinkel |
|---|-----------------|
| Gelenkmechanik des Schultergelenks | |
| Abduktion (seitliches Abspreizen des Armes) | 90° |
| Elevation (seitliches Abspreizen des Armes mit zusätzliche Drehung des Schulterblattes) | 120° |
| Adduktion (Anlegen des Armes) | 20°–40° |
| Anteversion (den Arm nach vorne abspreizen) | 90° |
| Innenrotation (kreisförmige Drehbewegung) | 90° |
| Außenrotation (kreisförmige Drehbewegung) | 90° |
| Gelenkmechanik der Kopfgelenke | |
| Dorsalflexion (Beugung zum Rücken hin) | 20° |
| Ventralflexion (Beugung zur Brust hin) | 20° |
| Drehung | 60°–80° |
| Seitwärtsneigung | 10°–15° |
| Halswirbelsäule | |
| Beugung | 40° |
| Streckung | 70° |
| Neigung zur Seite | 45° |
| Drehung | 60°–80° |

| Gelenke und Beschreibung der Bewegungen | Bewegungswinkel |
|---|-----------------|
| Brustwirbelsäule | |
| Beugung | 35° |
| Streckung | 20° |
| Neigung zur Seite | 30° |
| Drehung | 45° |
| Lendenwirbelsäule | |
| Beugung | 70° |
| Streckung | 70° |
| Neigung zur Seite | 25° |
| Drehung | 2° |

Voss und Herrlinger 1985; Schiebler, Schmidt, Zilles 2005; Mörike, Betz, Mergenthaler 2012

Tab. 1.2.19 Extreme Größen und extreme Gewichte

Die Werte in Abschn. 1.2 beziehen sich in der Regel auf eine durchschnittliche Größe und ein durchschnittliches Gewicht eines Menschen. Welche außerordentliche Schwankungsbreite im Einzelfall und welche Extremwerte möglich sind, soll in der folgenden Tabelle verdeutlicht werden.

| Personen mit Extremwerten | Angaben |
|---|----------|
| Der größte Mann, der je lebte war Robert Wadlow, 1918–1940 (USA) | |
| Größe | 272,0 cm |
| Armspannweite | 288,0 cm |
| Die größte Frau der Geschichte war Zen Jin–Lian (1964–1982) in der zentralchinesischen Provinz Hunan | |
| Größe mit 4 Jahren | 156,0 cm |
| Größe mit 13 Jahren | 217,0 cm |
| Größe mit 18 Jahren | 247,0 cm |
| Die größte 1999 lebende Frau ist Sandy Allen (USA) | |
| Größe mit 10 Jahren | 190,5 cm |
| Schuhgröße | 55 |
| Derzeitiges Gewicht | 142 kg |

| Personen mit Extremwerten | Angaben |
|--|---------|
| Die kleinste Frau, die je gelebt hat, war <i>Pauline Musters</i> (1976–1995) Niederlande | |
| Größe bei der Geburt | 30 cm |
| Größe mit 9 Jahren | 55 cm |
| Größe mit 19 Jahren | 59 cm |
| Der kleinste ausgewachsenen Mensch, der je gelebt hat, war <i>Gul Mohammed</i> (1961–1997), Indien | 57 cm |
| Der schwerste Mann in der Geschichte der Medizin war <i>Jon Brower Minoch</i> (1941–1983) | |
| Gewicht im März 1978 | 635 kg |
| Gewicht im Juli 1979 | 216 kg |
| Der leichteste Mensch war <i>Lucia Zarate</i> (1863–89), Mexiko | |
| Gewicht bei der Geburt | 1,10 kg |
| Gewicht mit 17 Jahren | 2,13 kg |
| Gewicht mit 20 Jahren | 5,90 kg |
| Größe | 67 cm |
| Die erfolgreichste Schlankheitskur machte <i>Rosalie Bradford</i>, (1944), USA | |
| Gewicht im Januar 1987 | 476 kg |
| Gewicht im September 1992 | 142 kg |
| Gewichtsverlust | 334 kg |
| Den Rekord im Zunehmen hält <i>Jon Brower Minoch</i> | |
| Gewichtszunahme in 7 Tagen | 91 kg |

Guinness Buch der Rekorde 1995, 1999, 2006 und 2015

1.3 Das Blut (Purves 2011, S. 1395 ff)

Um das Blut ranken sich seit Anbeginn der Menschheitsgeschichte vielfältige Mythen: Odysseus verschafft den Toten im Hades durch Blutopfer Erinnerung, germanische Jäger tranken das Blut von Bären und anderen erlegten Tieren, um sich ihre Eigenschaften anzueignen. Der von Bram Stroker im 19. Jahrhundert initiierte Vampir-Mythos hat bis heute nichts von seiner Aktualität verloren. Das Blut steht als Symbol für Leben und in der Medizingeschichte finden sich viele Deutungsmuster für Krankheiten im Blut begründet, die mittelalterliche Standardtherapie des Aderlasses ist nur ein Beispiel dafür.

In der Tat ist das Blut ein besonderer Saft: Das Blut entsteht aus dem Mesenchym, das auf früher embryonaler Entwicklungsstufe aus dem mittleren Keimblatt hervorgeht und als embryonales Bindegewebe alle Hohlräume zwischen den Keimblättern ausfüllt. Beim Neugeborenen würde das gesamte Blutvolumen in eine große Tasse (300–350 ml) passen, beim Erwachsenen kommen 5–6 Liter zusammen. Auf Grund dieser Entstehung kann das Blut auch als spezialisiertes, flüssiges Bindegewebe aufgefasst werden.

Die Blutbildung ist ein fortlaufender Prozess und macht daher auch Blutspenden möglich. So hat beispielsweise der Australier *James Harrison* im Laufe von 38 Jahren bei 804 Spenden insgesamt 480 Liter Blut gespendet! Die Neuproduktionsrate der roten Blutkörperchen (Erythrozyten) beispielsweise beträgt etwa 1 % pro Tag, was etwa 2 Millionen Erythrozyten pro Sekunde entspricht.

Tab. 1.3.1 Zahlen zum Staunen

Literatur siehe nachfolgende Tabellen

Angaben zum Blut des Menschen aus den nachfolgenden Tabellen

| | |
|--|--|
| Gesamte Blutmenge eines Erwachsenen | 5–6 Liter |
| Durchlaufzeit des gesamten Blutvolumens durch den Körper | 20–60 Sekunden |
| Auswirkungen eines akuten Blutverlustes: | |
| keine Störungen bis | 15 % des Blutvolumens |
| Volumenmangelschock ab | 30 % des Blutvolumens |
| tödlich ohne Therapie ab | 50 % des Blutvolumens |
| Anzahl der roten Blutkörperchen (Erythrozyten) bei einer Gesamtblutmenge von 5 Litern | 25 Billionen |
| Oberfläche aller roten Blutkörperchen (Erythrozyten): | |
| Mann | 3100 m ² |
| Frau | 2500 m ² |
| Zum Vergleich: Größe eines Fußballfeldes | 7500 m ² |
| Höhe des Turmes, der entstehen würde, wenn man alle roten Blutkörperchen eines Menschen flach aufeinander stapeln könnte | ca. 60.000 km |
| Länge der Kette, die entstehen würde, wenn man alle roten Blutkörperchen eines Menschen nebeneinander legen könnte | 192.500 km (~5 Erdumrundungen am Äquator) |
| Fläche, die entstehen würde, wenn man alle roten Blutkörperchen eines Menschen nebeneinander pflastern könnte | über 1000 m ² |
| Mittlere Lebensdauer eines roten Blutkörperchens | 120 Tage |

Angaben zum Blut des Menschen aus den nachfolgenden Tabellen

| | |
|--|-----------------|
| Anzahl der Zirkulationszyklen eines roten Blutkörperchens durch den Körper (bei mittlerer Lebensdauer) | 300.000 |
| Neubildung von roten Blutkörperchen bei einem Erwachsenen | |
| pro Sekunde | 2,4 Millionen |
| pro Tag | 208 Milliarden |
| Austauschhäufigkeit des gesamten Blutplasmas gegen die interstitielle Flüssigkeit | alle 3 Sekunden |
| Entdeckung des Blutkreislaufs durch <i>William Harvey</i> | im Jahr 1628 |
| Erste Übertragung von Schafblut auf den Menschen | im Jahr 1667 |

Tab. 1.3.2 Zusammensetzung und Eigenschaften des Blutes

Blut besteht als flüssiges Bindegewebe aus Blutzellen und Blutplasma. Zu den Aufgaben des Blutes gehören unter anderem der Gasaustausch mit der Sauerstoffversorgung der Gewebe und dem CO₂-Abtransport, der Transport von Nährstoffen, Hormonen und Abbauprodukten des Zellstoffwechsels, die Wärmeregulation des Körpers, die Immunabwehr, dem Wundverschluss, sowie als Speicher- und pH-Puffer.

Aus chemisch-physikalischer Sicht ist Blut eine Suspension aus Wasser und den zellulären Bestandteilen. Je höher der Hämatokritwert (Anteil der zellulären Bestandteile am Volumen des Blutes) und je geringer die Strömungsgeschwindigkeit ist, desto höher ist die Viskosität. Aufgrund der Verformbarkeit der roten Blutkörperchen verhält sich Blut bei steigender Fließgeschwindigkeit nicht mehr wie eine Zellsuspension, sondern wie eine Emulsion.

Angaben zu Blutverteilung, Bluteigenschaften, Blutverlust, Blutbildung

| | |
|--|----------------|
| Gesamtblutmenge eines Erwachsenen | 5–6 Liter |
| Anteil des Blutes am Körpergewicht | |
| Erwachsene | ca. 6–8 % |
| Kinder | ca. 8–9 % |
| Durchlaufzeit des gesamten Blutvolumens durch den Körper | 20–60 Sekunden |
| Zelluläre Bestandteile (Blutzellen) | ca. 40–50 % |
| Flüssige Bestandteile (Blutplasma) | ca. 56 % |
| Ausgewählte physikalische Daten des Blutes | |
| Osmotischer Druck des Blutes | ca. 750 kPa |

Angaben zu Blutverteilung, Bluteigenschaften, Blutverlust, Blutbildung

| | |
|---|-----------------------|
| Kolloidosmotischer Druck des Serums | 2,7–4,7 kPa |
| Relative Pufferkapazität der Blutzellen | 79 % (Vollblut 100 %) |
| Temperatur des Blutes beim Lebenden | 37°C |
| Gefrierpunktserniedrigung | 0,56 °C |
| pH-Wert des Blutes beim Erwachsenen | 7,36–7,44 |
| Dichte | |
| des Blutes insgesamt | 1,05–1,06 kg/l |
| der Blutzellen | 1,1 kg/l |
| des Blutplasmas | 1,03 kg/l |
| Relative Viskosität | |
| Wasser | 1 |
| Blut | 3,5–5,4 |
| Blutplasma | 1,9–2,6 |
| Auswirkungen akuter Blutverluste | |
| keine Störungen | 15 % des Blutvolumens |
| Volumenmangelschock | 30 % des Blutvolumens |
| tödlich ohne Therapie | 50 % des Blutvolumens |
| Orte der Blutbildung während der Entwicklung | |
| Dottersack | ab dem 13. Tag |
| Milz | 2. Monat bis 8. Monat |
| Leber | 2. Monat bis Geburt |
| Knochenmark | ab dem 5. Monat |

Kruse-Jarres 1993; Thews, Mutschler, Vaupel 1999; Mahlberg et al. 2004; Schiebler, Schmidt, Zilles 2005; Schmidt, Lang, Heckmann 2010; Faller 2012; Pschyrembel 2014

**Tab. 1.3.3 Die zellulären Bestandteile des Blutes
(Purves 2011, S. 1394f)**

Die Beurteilung der Zellzahl ist im medizinisch-diagnostischen Bereich von Bedeutung. So ist bei einer Anämie (Blutarmut) die Zahl der roten Blutkörperchen (Erythrozyten) vermindert und bei einem entzündlichen Prozess die Zahl der weißen Blutkörperchen (Leukozyten) erhöht.

Als Hämatokrit bezeichnet man den Volumenanteil der Erythrozyten im Blut. Er wird üblicherweise in % angegeben. Ein hoher Hämatokritwert spricht für einen hohen Erythrozyten-Anteil (Polyglobulie) oder einen Mangel an Flüssigkeit. Bei Sportwettkämpfen wird – jeweils abhängig vom Sportverband – eine Schutzsperrre für Sportler erlassen, wenn der Hämatokritwert über 50 und der Hämoglobinwert über 17,5 g/dl (Männer) bzw. 16 g/dl bei Frauen Blut liegen (Beispiel Biathlon). Der Hämoglobinwert lässt sich beim Erwachsenen durch Training nur geringfügig verändern, sodass genetische Prädispositionen oder sportliche (Ausdauer-)Aktivität in der Kindheit ausschlaggebend sind. Dieser Wert eignet sich daher sehr gut für die Doping-Kontrolle.

Anzahl der verschiedenen Blutzellen und Hämatokritwerte

| Rote Blutkörperchen (Erythrozyten) | |
|---|-------------------------------------|
| Männer | 4,6–6,2 Millionen pro μl |
| Frauen | 4,2–5,4 Millionen pro μl |
| Retikulozyten (Vorstufen der Erythrozyten) | 60.000 pro μl |
| Weiße Blutkörperchen (Leukozyten) | |
| Neutrophile Granulozyten | 55–70 % |
| Segmentkernige (ausgewachsen) | 50–66 % |
| Stabkernige (Jugendform) | 3–4 % |
| Eosinophile Granulozyten | 2–4 % |
| Basophile Granulozyten | 0,5–1 % |
| Kleine Lymphozyten (T- und B-Zellen) | 16–30 % |
| Große Lymphozyten (natürliche Killerzellen) | 4–8 % |
| Monozyten | 4–7 % |
| Blutplättchen (Thrombozyten) | 150.000–400.000 pro μl |
| Hämatokritwerte | |
| Neugeborene | ca. 57 % |
| Einjährige | ca. 35 % |
| Mann | ca. 40–52 % |
| Frau | ca. 37–47 % |
| Bei Höhenaufenthalten | bis 70 % |

Thews, Mutschler, Vaupel 1999; Schiebler, Schmidt, Zilles 2005; Prommer et al. 2008; Schmidt, Lang, Heckmann 2010

Tab. 1.3.4 Die Blutkörperchensenkungsgeschwindigkeit (BSG)

Die Blutkörperchensenkungsgeschwindigkeit ist ein Maß für die Sedimentationsgeschwindigkeit von Erythrozyten in ungerinnbar gemachtem Blut. Sie ist bei bestimmten krankhaften Prozessen erhöht, wie zum Beispiel bei Entzündungen, Tumoren oder Lebererkrankungen.

| Untersuchte Person | Zeitpunkt der Ablesung | Normwerte |
|--------------------|------------------------|-----------|
| Mann | 1. Stunde | 3–8 mm |
| | 2. Stunde | 5–18 mm |
| Frau | 1. Stunde | 6–11 mm |
| | 2. Stunde | 8–20 mm |

Thews, Mutschler, Vaupel 1999; Schmidt, Lang, Heckmann 2010; Pschyrembel 2014;

Tab. 1.3.5 Die roten Blutkörperchen (Erythrozyten) (Purves 2011, S. 1371f)

Als rote Blutkörperchen (Erythrozyten) bezeichnet man die Zellen des menschlichen Blutes, die den Blutfarbstoff Hämoglobin tragen. Sie haben eine bikonkav Form, sind kernlos und somit nicht mehr zur Zellteilung befähigt.

Rote Blutkörperchen werden im Knochenmark aus Stammzellen gebildet und gelangen von dort aus in den Blutstrom. Nach einer Lebensdauer von etwa 120 Tagen werden sie in Leber, Milz und Knochenmark abgebaut.

Da Erythrozyten keine Mitochondrien enthalten, erfolgt die Energiegewinnung auf dem Weg der Glykolyse (Purves 2011, S. 224 ff). Die wichtigste Aufgabe der roten Blutkörperchen ist der Transport der Atemgase Sauerstoff und Kohlendioxid zwischen der Lunge und den Geweben. Diese Leistung wird durch das Hämoglobin (siehe Tab. 1.3.6) vermittelt.

Anzahl und Größe der roten Blutkörperchen (Erythrozyten)

| Anzahl der Erythrozyten im Blut | |
|---|-----------------------|
| bei Neugeborenen | 5,9 Mio./ μ l |
| bei Männern | 4,6–6,2 Mio./ μ l |
| bei Frauen | 4,2–5,4 Mio./ μ l |
| bei längeren Höhenaufenthalten | bis 8 Mio./ μ l |
| Erythrozytenzahl in der Gesamtblutmenge von 5 l | 25 Billionen |
| Erythrozytenzahl in einem Tropfen Blut | 250 Millionen |

Anzahl und Größe der roten Blutkörperchen (Erythrozyten)

| Physikalische Daten eines Erythrozyten | |
|--|---|
| Mittlere Dicke am Rand | 2,4 μm |
| Mittlere Dicke im Inneren | 1 μm |
| Mittlerer Durchmesser bei Erwachsenen/Neugeborenen | 7,7 μm /8,5 μm |
| Mittleres Volumen bei Erwachsenen/Neugeborenen | 87 μm^3 /107 μm^3 |
| Durchschnittliche Oberfläche eines Erythrozyten | 100 μm^2 |
| Oberfläche aller Erythrozyten des Menschen | |
| Mann | ca. 3100 m^2 |
| Frau | ca. 2500 m^2 |
| Zum Vergleich: Größe eines Fußballfeldes | 7500 m^2 |
| Höhe des Turmes, der entstehen würde, wenn man alle Erythrozyten eines Menschen aufeinander stapeln könnte | ca. 60.000 km |
| Länge der Kette, die entstehen würde, könnte man alle Erythrozyten eines Menschen nebeneinander legen (entspricht 5 Umrundungen des Äquators) | 192.500 km |
| Fläche, die entstehen würde, könnte man alle Erythrozyten eines Menschen nebeneinander pflastern | über 1000 m^2 |
| Bildung und Lebensdauer der roten Blutkörperchen (Erythrozyten) | |
| Mittlere Lebensdauer eines Erythrozyten | 120 Tage |
| Zirkulationszyklen während der mittleren Lebensdauer (120 Tage) | 300.000 |
| Erythrozytenneubildung bei einem Erwachsenen | 2,4 Mio./s |
| Keidel 1985; Schenck und Kolb 1990; McCutcheon 1991; Thews, Mutschler, Vaupel 1999; Schiebler, Schmidt, Zilles 2005; Schmidt, Lang, Heckmann 2010; Faller 2012 | |

Tab. 1.3.6 Das Hämoglobin in den roten Blutkörperchen

Blut verdankt seine rote Farbe dem Hämoglobin (roter Blutfarbstoff). Es ist ein eisenhaltiges Protein der roten Blutkörperchen und macht ca. 35 % ihres Gewichts aus. Das Hämoglobin ist für den Sauerstofftransport im Blut sowie für die Regulation des pH-Wertes des Blutplasmas (Purves 2011, S. 1372) verantwortlich.

Mit Sauerstoff angereichertes Blut ist heller und kräftiger rot als sauerstoffarmes Blut. Die Hämgruppe macht bei der Aufnahme des Sauerstoffs eine Konformitätsänderung durch, die eine Veränderung des Absorptionsspektrums des Lichts zur Folge hat.

Abkürzungen: Hb-F = fetales Hämoglobin; Hb-A = adultes Hämoglobin bei Erwachsenen

Angaben zum Hämoglobin im Blut und zu seinen Eigenschaften

| | | |
|--|--------------------------|--------|
| Hämoglobinproduktion eines gesunden Mannes | 57 g pro Tag | |
| Hämoglobingesamtbestand eines Erwachsenen | 650 g | |
| Hämoglobinkonzentration im Blut | | |
| Neugeborenes | 200 g/l | |
| Im Alter von einem Jahr | 110 g/l | |
| Männer | 140–180 g/l | |
| Frauen | 120–160 g/l | |
| Mittlerer Hämoglobingehalt eines Erythrozyten (MCH) | 28–32 pg (10^{-12} g) | |
| Mittlere Hämoglobinkonzentration eines Erythrozyten (MCHC) | 30–35 g/100 ml | |
| Isotone NaCl-Lösung (gleicher osmotischer Druck wie im Plasma) | 0,90 % NaCl | |
| Hämolyse in Abhängigkeit der NaCl-Konzentration | | |
| Beginn bei | 0,45 % NaCl | |
| vollständig ausgebildet bei | 0,30 % NaCl | |
| Maximales Sauerstoffbindungsvermögen | | |
| für 1 g Hämoglobin bei Erwachsenen | 1,39 ml O ₂ | |
| für 1 g Hämoglobin bei Feten | 1,74 ml O ₂ | |
| Zusammensetzung des Hämoglobins | | |
| Globulin-Anteil | 94 % | |
| Häm-Anteil | 4 % | |
| Anzahl der Atome pro Hb-Molekül | 10.000 | |
| Anzahl der Polypeptidketten pro Hb-Molekül | 4 | |
| Molekulargewicht des Hb-Moleküls | 64.500 | |
| Eisengehalt | 0,34 % | |
| Hämoglobinanteile bei Feten, Säuglingen und Erwachsenen | | |
| Fetus | Hb-F-Anteil | 100 % |
| Neugeborenes | Hb-F-Anteil | 80 % |
| | Hb-A-Anteil | 20 % |
| Säugling mit 5 Monaten | Hb-F-Anteil | 10 % |
| | Hb-A-Anteil | 90 % |
| Erwachsener | Hb-A-Anteil | 97,5 % |
| | Hb-A2-Anteil | 2,5 % |

**Tab. 1.3.7 Weiße Blutkörperchen (Leukozyten)
(Purves 2011, S. 1156 ff)**

Leukozyten (weiße Blutkörperchen) kommen nicht nur im Blut vor, sondern besitzen die Fähigkeit aktiv aus dem Blutstrom in verschiedene Zielgewebe einzuwandern. Entgegen der landläufigen Meinung ist ein Großteil der Leukozyten nicht im Blut, sondern im Gewebe oder in den Schleimhäuten der Atemwege und Verdauungsorgane zu finden. Auf der Peyer'schen Plaque im Dünndarm beispielsweise befinden sich bis zu 80% aller Antikörper produzierenden Zellen. Leukozyten tragen ihren Namen, da sie keinen Blutfarbstoff tragen und deshalb im Blutausstrich hell bis weiß erscheinen.

Man kann die Leukozyten nach morphologischen und funktionellen Kriterien grob in Granulozyten, Lymphozyten und Monozyten unterteilen. Sie erfüllen spezielle Aufgaben in der Abwehr von Krankheitserregern und körperfremden Strukturen. Sie gehören zum Immunsystem und sind dort Teil der spezifischen und unspezifischen Immunabwehr. Im Gegensatz zu den Erythrozyten besitzen sie einen Zellkern.

Anzahl weißer Blutkörperchen

| Anzahl der weißen Blutkörperchen im Blut | |
|---|-------------------|
| In einem Liter Blut | 5–10 Milliarden |
| Im gesamten Blut (5 l) | 25–100 Milliarden |

Anzahl der weißen Blutkörperchen in 1 µl Blut

| | |
|---|-------------------|
| Neugeborene | ca. 15.000–40.000 |
| Einjährige | ca. 10.000 |
| Normwert beim Erwachsenen | 5000–10.000 |
| Bei Infektionskrankheiten | 40.000 |
| Bei Leukämie | bis 500.000 |
| Gesamtmasse aller Lymphozyten im Körper | ca. 1500 g |
| Gesamtmasse aller Lymphozyten im Blut | ca. 3 g |

Eigenschaften weißer Blutkörperchen und Verweildauer im Blut

Durchmesser verschiedener weißer Blutkörperchen

| | |
|--|----------|
| Kleiner Lymphozyt (90 % der Lymphozyten) | 6–8 µm |
| Großer Lymphozyt (10 % der Lymphozyten) | 11–16 µm |
| Plasmazelle | 10–15 µm |
| Eosinophiler Granulozyt | 11–14 µm |
| Basophiler Granulozyt | 8–11 µm |
| Neutrophiler Granulozyt | 10–12 µm |
| Monozyt | 15–20 µm |

| Verweildauer weißer Blutkörperchen im Blut | |
|---|------------------|
| Neutrophile Granulozyten | 8 Stunden |
| <i>Lebensdauer insgesamt</i> | 4–5 Tage |
| Eosinophile Granulozyten | 4–10 Stunden |
| <i>Lebensdauer insgesamt</i> | 10 Tage |
| Basophile Granulozyten | ca. 1 Tag |
| Monozyten (wandern in das Gewebe aus) | 10–100 Stunden |
| <i>Lebensdauer insgesamt</i> | wenige Monate |
| Lymphozyten | 5 Tage bis Jahre |

Schenck und Kolb 1990; McCutcheon 1991; Thews, Mutschler, Vaupel 1999; Schieber, Schmidt, Zilles 2005; Hick 2006; Mörike, Betz, Mergenthaler 2007; Schmidt, Lang, Heckmann 2010; Rink, Kruse, Haase 2012; Pschyrembel 2014

Tab. 1.3.8 Blutplättchen (Thrombozyten) und Blutgerinnung (Purves 2011, S. 1396)

Die Blutplättchen sind für die Blutgerinnung wichtig. Sie sind kernlos und entstehen im Knochenmark durch Abschnürung aus dem Cytoplasma von Knochenmarksriesenzellen. Bei der Blutgerinnung (Hämostase) werden primär die Gefäße zusammengezogen, die Blutplättchen werden an den Kollagenfasern des Endothels aktiviert. Hierbei verändern sie ihre Form und verhaken sich gegenseitig an Ausstülpungen, den Pseudopodien. Auf diese Weise entsteht zunächst ein wenig belastbarer weißer Blutpfropf. Die aktivierte Thrombozyten setzen die sekundäre, die so genannte plasmatische Gerinnung in Gang.

Angaben zu Blutplättchen, sowie Blutungs- und Gerinnungszeiten

| Anzahl der Blutplättchen im Blut | |
|---|--------------------------|
| Neugeborene | ca. 230.000/ μ l |
| Einjährige | ca. 280.000/ μ l |
| Erwachsene | 200.000–400.000/ μ l |
| Durchmesser der Blutplättchen | 1–4 μ m |
| Dicke der Blutplättchen | 0,5–2 μ m |
| Mittlere Lebensdauer eines Blutplättchens | 5–11 Tage |
| Erhöhte Blutungsneigung ab einer Blutplättchenkonzentration von weniger als | 60.000/ μ l |

Angaben zu Blutplättchen, sowie Blutungs- und Gerinnungszeiten

| | |
|--|-------------|
| Blutungszeit (nach Duke) | 1–3 Minuten |
| Gerinnungszeit (in einem Gläsröhrchen bei 37 °C) | 5–7 Minuten |

Schiebler, Schmidt, Zilles 2005; Mörike, Betz, Mergenthaler 2007; Schmidt, Lang, Heckmann 2010

Tab. 1.3.9 Ausgewählte Plasmafaktoren der Blutgerinnung

Die plasmatischen Gerinnungsfaktoren gewährleisten bei Gefäßwandverletzungen zusammen mit den verletzten Zellen der Gefäßwand und den Blutplättchen (Thrombozyten) die Blutgerinnung (Hämostase). Bei verminderten Konzentrationen der Gerinnungsfaktoren kommt es zur Blutungsneigung. So ist bei der Hämophilie A der Faktor 8, bei der Hämophilie B der Faktor 9 vermindert. Die Hämophilie A und B wird X-chromosomal-rezessiv vererbt. In Europäischen Königshäusern traten überdurchschnittlich häufig Formen der Hämophilie auf, weshalb sie auch „Krankheit der Könige“ genannt wurde.

| Faktor | Bezeichnung | Biologische Halbwertszeit | Molekulargewicht |
|--------|---------------------------------|---------------------------|------------------|
| I | Fibrinogen | 4–5 Tage | 340.000 |
| II | Prothrombin | 2–3 Tage | 72.000 |
| V | Acceleratorglobulin | 20–30 Stunden | 330.000 |
| VII | Proconvertin | 5–10 Stunden | 63.000 |
| VIII | Antihämophiles Globulin A | 10–20 Stunden | 10^5 – 10^7 |
| IX | Christmas-Faktor | 1–2 Tage | 57.000 |
| X | Stuart-Prower-Faktor | 2 Tage | 60.000 |
| XI | Plasmathromboplastinanteecedent | 2 Tage | 160.000 |
| XII | Hageman-Faktor | 2 Tage | 80 |
| XIII | Fibrinstabilisierender Faktor | 4–5 Tage | 320 |
| – | Fletscher-Faktor | – | 90.000 |
| – | Fitzgerald-Faktor | – | 16.000 |

Schenck und Kolb 1990; Mörike, Betz, Mergenthaler 2007; Schmidt, Lang, Heckmann 2010

Tab. 1.3.10 Das Blutplasma

Das Blutplasma ist der flüssige, zellfreie Anteil des Blutes. Blutserum ist Blutplasma ohne Fibrinogen und hat deshalb die Fähigkeit zur Gerinnung verloren. Blutplasma dient als Transportmedium für Glukose, Lipide, Hormone, Stoffwechselendprodukte, in geringem Umfang auch für Kohlendioxid und Sauerstoff. Außerdem ist es das Speicher- und Transportmedium von Gerinnungsfaktoren.

Die Zahl der gut trennbaren Eiweißstoffe (Plasmaproteine) im Blutplasma ist sehr groß und liegt weit über 100. Sie werden vor allem in der Leber aufgebaut und an das Plasma abgegeben. Durch den Proteingehalt des Blutplasmas kann der kolloidosmotische Druck des Blutes aufrechterhalten werden.

Alle Werte sind auf eine Körperkerntemperatur von 37°C bezogen.

Anteile und Zusammensetzung des Plasmas im Blut

| | |
|--|-------------------|
| Anteil des Plasmas am Blutvolumen | ca. 56 % |
| Plasmamenge bei einem Gesamtblutvolumen von 5,5 l | ca. 3 Liter |
| Wassergehalt | 90 % |
| Gehalt an hochmolekularen Stoffen (Eiweiß) | 6–8 % |
| Gehalt an niedermolekularen Stoffen | 2–4 % |
| Mittlerer Eiweißgehalt | 6,72 g/100 ml |
| Gehalt an Albumin | 4,04 g/100 ml |
| Gehalt an Globulin | 2,34 g/100 ml |
| Gehalt an Fibrinogen | 0,34 g/100 ml |
| Anzahl der unterschiedlichen Plasmaeiweiße | ca. 100 |
| Gesamtmenge der im Plasma gelösten Eiweiße bei einem Blutvolumen von 5,5 Liter | ca. 200 g |
| Elektrolytgehalt des Plasmas | 0,9 % |
| Kohlenhydrate | 60–120 mg/100 ml |
| Fette und Lipide | 50–80 mg/100 ml |
| Sonstige Werte zum Blutplasma | |
| Osmotischer Druck des Plasmas | |
| Anteil des NaCl am osmotischen Druck | 750 kPa (7,4 atm) |
| Kolloidosmotischer Druck des Plasmas | |
| Anteil des Albumins am kolloidosmotischen Druck | ca. 96 % |
| Zum Vergleich: kolloidosmotischer Druck des Interstitiums | 3,3 kPa (25 mmHg) |
| | ca. 80 % |
| | 0,7 kPa (5 mmHg) |

Anteile und Zusammensetzung des Plasmas im Blut

| | |
|---|--------------------------------|
| Osmolalität | 290 mosmol/kg H ₂ O |
| Dichte | 1,03 kg/l |
| Relative Viskosität gegenüber Wasser | 1,9–2,6 |
| Austauschhäufigkeit des gesamten Plasmas gegen die interstitielle Flüssigkeit | 20 mal pro Minute |
| Pufferkapazität (Vollblut = 100 %) | 21 % |
| pH-Wert im arteriellen Blut | 7,4 |
| Gefrierpunktserniedrigung | 0,54 °C |

Keidel 1985; Thews, Mutschler, Vaupel 1999; Hick 2006; Mörike, Betz, Mergenthaler 2007; Schmidt, Lang, Heckmann 2010

Tab. 1.3.11 Der Sauerstofftransport im Blut (Purves 2011, S. 1371 f)

98,6 % des Sauerstofftransports erfolgt durch Bindung an das Hämoglobin in den Erythrozyten. Lediglich 1,4 % des Sauerstofftransports erfolgt in physikalisch gelöster Form.

Der Bunsen'sche Löslichkeitskoeffizient entspricht der Anzahl ml eines Gases, die sich in 1 ml Flüssigkeit bei einem Druck von 760 mm Hg physikalisch lösen.

Angaben zum Hämoglobin und zum Sauerstoff im Blut

| | |
|--|-------------------------------------|
| 1 g Hämoglobin (Hb) bindet maximal | 1,39 ml O ₂ |
| Maximale O₂ Bindung des Hb im Blut: | |
| Mann (15 g Hb pro 100 ml Blut) | 21 ml O ₂ /100 ml Blut |
| Frau (14 g Hb pro 100 ml Blut) | 19,5 ml O ₂ /100 ml Blut |
| Säugling | 24 ml O ₂ /100 ml Blut |
| Physikalische Löslichkeit des O ₂ im Serum (bei einem O ₂ -Partialdruck von 90 mmHg) | 0,3 ml O ₂ /100 ml Blut |
| Anteil des physikalisch gelösten O ₂ am Gesamt-O ₂ des Blutes | ca. 1,4 % |
| Bunsen'scher Löslichkeitskoeffizient α | 0,028 (siehe Erläuterung) |
| O ₂ -Transport im Blut pro Tag bei normaler Belastung | 500 Liter |
| O ₂ -Transport im Blut pro Tag bei starker Belastung | bis zu 1000 Liter |

Documenta Geigy 1975, 1977; Hick 2006; Schmidt, Lang, Heckmann 2010

Tab. 1.3.12 Der Kohlenstoffdioxidtransport im Blut

Kohlenstoffdioxid (CO_2) entsteht als wesentliches Endprodukt des Stoffwechsels durch die Oxidation von kohlenstoffhaltigen Substanzen in den Zellen. Der Transport von den Geweben zur Lunge erfolgt zu 80 % in Form von Bikarbonat, die Umwandlung erfolgt in den Erythrozyten. Eine untergeordnete Rolle spielt der physikalisch gelöste Anteil sowie der Anteil, der an das Hämoglobin gebunden wird.

Der Bunsen'sche Löslichkeitskoeffizient entspricht der Anzahl ml eines Gases, die sich in 1 ml Flüssigkeit bei einem Druck von 760 mm Hg physikalisch lösen.

Angaben zu Eigenschaften und Transport von CO_2 im Blut

| CO_2-Transport im Blut | |
|---|-----------------------------------|
| physikalisch gelöst | ca. 10 % |
| als Carbaminoverbindung am Hämoglobin | ca. 10 % |
| als Bikarbonat | ca. 80 % |
| CO_2-Transport pro Tag | |
| normale Belastung | 500 Liter |
| bei starker körperlicher Anstrengung | bis zu 1000 Liter |
| Physikalische Löslichkeit des CO_2 im Serum bei einem CO_2 -Partialdruck von 40 mmHg | 2,6 ml CO_2 /100 ml Blut |
| Bunsen'scher Löslichkeitskoeffizient α | 0,49 |

Keidel 1985; Thews, Mutschler, Vaupel 1999; Mörike, Betz, Mergenthaler 2007; Silbernagl 2012

Tab. 1.3.13 Verteilung des Kohlenstoffdioxids im arteriellen und venösen Blut

Kohlenstoffdioxid (CO_2) entsteht als Endprodukt des Stoffwechsels in den Zellen des Körpers. Über das venöse Blut wird es zu den Lungen transportiert, wo es abgeatmet wird. Folglich finden sich im venösen Blut höhere CO_2 -Konzentrationen im Vergleich zum arteriellen Blut.

Art des Transports von Kohlenstoffdioxid

| Blut und Blutbestandteile | | Gelöst ml CO ₂ pro 1 Blut | Bicarbonat ml CO ₂ pro 1 Blut | Carbamino ml CO ₂ pro 1 Blut | Gesamt ml CO ₂ pro 1 Blut |
|---------------------------|----------------|--------------------------------------|--|---|--------------------------------------|
| arteriell | Plasma | 15,6 | 293,8 | 2,2 | 311,7 |
| | Erythrozyt | 11,1 | 144,7 | 24,5 | 180,3 |
| | Blut insgesamt | 26,7 | 438,5 | 26,7 | 491,9 |
| venös | Plasma | 17,8 | 318,3 | 2,2 | 338,4 |
| | Erythrozyt | 13,4 | 160,3 | 31,2 | 204,8 |
| | Blut insgesamt | 31,2 | 478,6 | 33,4 | 543,2 |

Silbernagel 2012

Tab. 1.3.14 Arterielle und venöse Blutgasanalyse

Die arterielle Blutgasanalyse erlaubt vor allem die Beurteilung des pulmonalen Gasaustausches. Die venöse Blutgasanalyse wird vorwiegend zur Beurteilung des Säure-Base-Haushaltes eingesetzt. Die Normwerte für den arteriellen Sauerstoffpartialdruck sind altersabhängig und schwanken zwischen etwa 81 mmHg (60–70 J) und 94 mmHg (20–30 J). Weitere Informationen siehe 1.6 Atmung, Grundumsatz und Energiestoffwechsel.

| | Arterielles Blut | Venöses Blut | Arteriovenöse Differenz |
|--------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| O ₂ -Partialdruck | 90–100 mmHg | 35–45 mmHg | |
| O ₂ -Sättigung | 92–96 % | 55–70 % | |
| O ₂ -Konzentration | 0,2 ml O ₂ /ml Blut | 0,15 ml O ₂ /ml Blut | 0,05 |
| CO ₂ -Partialdruck | 35–45 mmHg | 40–50 mmHg | |
| CO ₂ -Konzentration | 0,46 ml CO ₂ /ml Blut | 0,5 ml CO ₂ /ml Blut | 0,04 |
| pH-Wert | 7,36–7,44 | 7,36–7,40 | |
| Basenüberschuss | –2 bis +2 | –2 bis +2 | |
| Standardbikarbonat | 22–26 | 24–30 | |

Thews, Mutschler, Vaupel 1999, Tortora und Derrickson 2006

Tab. 1.3.15 Serumproteine

Das Blutserum ist Blutplasma ohne Fibrinogen. Es hat die Fähigkeit zur Gerinnung verloren und die Serumproteine können durch Serumelektrophorese aufgetrennt werden. Diese Auf trennung erlaubt Rückschlüsse auf das Vorliegen bestimmter Krankheiten (z.B. entzündliche Prozesse, hämatologische Erkrankungen, Lebererkrankungen oder Nierenerkrankungen).

| Fraktionen | Molekular- gewicht | Isoelektrischer Punkt | Konzentration in g/l | Anteil am Gesamteiweiß |
|--|-----------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------------|
| Albumin | | | | 55–65 % |
| Präalbumin | 61.000 | 4,7 | 0,1–0,4 | |
| Albumin | 69.000 | 4,9 | 35–50 | |
| α_1-Globuline | | | | 2,5–4 % |
| α_1 -Lipoprotein | 200.000 | 5,1 | 2,9–7,7 | |
| α_1 -Antitrypsin | 54.000 | – | 1,5–3,0 | |
| α_1 -Glykoprotein | 44.000 | 2,7 | 0,5–1,5 | |
| α_1 -Antichymotrypsin | 68.000 | – | 0,3–0,6 | |
| α_2-Globuline | | | | 7 % |
| α_2 -Makroglobulin | 820.000 | 5,4 | 1,5–4,0 | |
| α_2 -Haptoglobin | 85.000 | 4,1 | 0,7–2,2 | |
| α_2 -Glykoprotein | 49.000 | | | |
| β-Globuline | | | | 8–12 % |
| β -Lipoprotein | 2.400.000 | – | 2,9–9,5 | |
| Transferrin | 80.000 | 5,8 | 3 | |
| γ -Globuline | | | | 15–20 % |

Schmidt und Thews 1995; Thews, Mutschler, Vaupel 1999; Tortora und Derrickson 2006; Mörike, Betz, Mergenthaler 2007

Tab. 1.3.16 Die verschiedenen Immunglobulin-Klassen (Purves 2011, S. 1169)

Die Immunglobuline (Antikörper) werden von den B-Lymphozyten gebildet und vermitteln die spezifische Immunität des Menschen.

| | IgG | IgA | IgM | IgD | IgE |
|-------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Molekulargewicht | 150.000 | 160.000 | 950.000 | 175.000 | 190.000 |
| Anteil am Gesamtimmunglobulin | 80 % | 13 % | 6 % | 1 % | 0,002 % |
| Halbwertszeit in Tagen | 21 | 6 | 5 | 3 | 2 |
| Serumkonzentration in mg/dl | 1000 | 200 | 100 | 20 | 0,1 |
| Kohlenhydratanteil | 3 % | 5–6 % | 12 % | 12 % | 12 % |
| Valenz für Antigenbindung | 2 | 2 | 5/10 | 2 | 2 |
| Isoelektrischer Punkt | 5,8 | 7,3 | – | – | – |

Mörike, Betz, Mergenthaler 2007; Schmidt, Lang, Heckmann 2010

Tab. 1.3.17 Häufigkeit der Blutgruppen bei verschiedenen Völkern

Beim Menschen sind 29 verschiedene Blutgruppensysteme von der ISBT (International Society of Blood Transfusion) anerkannt. Die beiden wichtigsten sind das ABO-System und das Rhesus-System. Eine Blutgruppe beschreibt die individuelle Zusammensetzung der Blutgruppenantigene auf den roten Blutkörperchen eines Menschen. Das Immunsystem bildet Antikörper gegen fremde Blutgruppenantigene. Folglich kommt es zur Verklumpung der roten Blutkörperchen, wenn das Blut verschiedener Blutgruppen gemischt wird.

Blutgruppen sind erblich und können zur Prüfung von Verwandtschaftsverhältnissen herangezogen werden. Die häufigste Blutgruppe der Welt ist mit durchschnittlich 46 % die Blutgruppe 0.

| | Blutgruppe 0 in % | Blutgruppe A in % | Blutgruppe B in % | Blutgruppe AB in % |
|-------------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| Europa | | | | |
| Deutsche | 39,1 | 43,5 | 12,5 | 4,9 |
| Engländer | 46,7 | 41,7 | 8,6 | 3,0 |
| Finnen | 34,1 | 41,0 | 18,0 | 6,9 |
| Franzosen | 42,9 | 46,7 | 7,2 | 3,0 |
| Italiener | 45,6 | 40,5 | 10,6 | 3,3 |
| Russen | 32,9 | 35,6 | 23,2 | 8,1 |
| Schotten | 51,2 | 34,2 | 11,8 | 2,7 |
| Ungarn | 35,7 | 43,3 | 15,7 | 5,3 |
| Sinti und Roma | 28,5 | 26,6 | 35,3 | 9,6 |
| Mittelwert für Europa | ca. 40,0 | ca. 40,0 | ca. 10,0 | ca. 5,0 |
| Afrikanisch-asiatischer Raum | | | | |
| Ainu | 17,0 | 31,8 | 32,4 | 18,4 |
| Buschmänner | 56,0 | 33,9 | 8,5 | 1,6 |
| Chinesen | 36,0 | 28,0 | 23,0 | 13,0 |
| Japaner | 30,5 | 38,2 | 21,9 | 9,4 |
| Kikuyu | 60,4 | 18,7 | 19,8 | 1,1 |
| Perser | 37,9 | 33,3 | 22,2 | 6,6 |
| Pazifischer Raum | | | | |
| Australier | 53,2 | 44,7 | 2,1 | – |
| Papuas | 40,8 | 26,7 | 23,1 | 9,4 |
| Sonstige | | | | |
| Bororo | 100,0 | – | – | – |
| Inuit | 54,2 | 38,5 | 4,8 | 2,0 |
| Navajo | 72,6 | 26,9 | 0,2 | 0,5 |
| Urbevölkerung der Neuen Welt | 90,0 bis 95,0 | – | – | – |
| US-Schwarze | 17,4 | 81,8 | – | 0,7 |
| US-Weiße | 45,0 | 41,0 | 10,0 | 4,0 |

Vogel und Angermann 1984; Keidel 1985; Bundschuh et al. 1992

Tab. 1.3.18 Prozentuale Verteilung der Rhesus-Faktoren bei ausgewählten Völkern

Das Rhesus-System besteht aus 3 Faktoren-Paaren: C/c, D/d und E/e. Bei vorhandenem D ist der Phänotyp rh+. Fehlt D, ist der Phänotyp rh-.

Rhesus-System

| | CDE % | rh+ % | rh- % |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Afghanen | 0 | 60 | 24 | 2 | 0 | 14 | 86 | 14 |
| Austral. Ureinwohner | 0 | 79 | 18 | 3 | 0 | 0 | 100 | 0 |
| Beduinen | 0 | 41 | 17 | 14 | 0 | 28 | 72 | 28 |
| Brahmanen | 3 | 51 | 12 | 9 | 4 | 21 | 75 | 25 |
| Brasilian. Indianer | 4 | 59 | 33 | 0 | 0 | 4 | 96 | 4 |
| Chinesen | 0 | 71 | 18 | 3 | 0 | 8 | 92 | 8 |
| Deutsche | 13 | 53 | 14 | 2 | 2 | 16 | 82 | 18 |
| Engländer | 0 | 41 | 16 | 1 | 2 | 40 | 58 | 42 |
| Eskimos | 3 | 73 | 22 | 2 | 0 | 0 | 100 | 0 |
| Hottentotten | 0 | 19 | 6 | 68 | 0 | 7 | 93 | 7 |
| Karibische Indianer | 1 | 55 | 28 | 16 | 0 | 0 | 100 | 0 |
| Mikrone-sier | 0 | 49 | 47 | 4 | 0 | 0 | 100 | 0 |
| Mitteleuro-päer | — | — | — | — | — | — | 85 | 15 |
| Nuer aus dem Sudan | 0 | 0 | 2 | 81 | 0 | 17 | 83 | 17 |
| Südafrikan. Bantus | 0 | 14 | 1 | 60 | 2 | 23 | 75 | 25 |

Weiner 1971; Knußmann 1996

Tab. 1.3.19 Zeittafel der Bluttransfusionen

| Berichte über Transfusionen | Name | Jahr |
|---|----------------------------------|------|
| Entdeckung des Blutkreislaufs | <i>William Harvey</i> | 1628 |
| Erste dokumentierte erfolgreiche Transfusion bei Hunden | <i>Richard Lower</i> | 1666 |
| Erste dokumentierte erfolgreiche Transfusion von Tierblut (Lamm) auf einen Menschen | <i>Jean-Baptiste Deis</i> | 1667 |
| Erste dokumentierte Transfusion von Menschenblut, der Patient verstarb. | <i>Blundell</i> | 1818 |
| Entdeckung des AB0-Blutgruppensystems | <i>Karl Landsteiner</i> | 1901 |
| Entdeckung der Verhinderung der Blutgerinnung durch Natriumzitrat in Brasilien, Belgien, USA | <i>d'Agote, Hustin, Lewisohn</i> | 1914 |
| Erstes Blutdepot im Rockefeller-Institut | <i>Robertson</i> | 1919 |
| Entdeckung des Rhesus-Blutgruppen-Systems | <i>Karl Landsteiner</i> | 1939 |
| Die ersten HIV-Tests für Blutkonserven werden in den USA eingeführt | | 1985 |
| Testung aller deutschen Blutspenden auf Hepatitis C | | 1999 |
| Ablehnung von Blutspenden von Personen, die zwischen 1980 und 1999 längere Zeit in Großbritannien verbracht haben | | 2001 |
| Leukozytendepletion: Entfernung der Leukozyten, um Kontamination der Blutkonserven mit Erregern der Creutzfeld-Jakob-Krankheit (gebunden an die Oberfläche der Leukozyten) zu vermeiden | | 2001 |

Bundschuh et al. 1992; Löwer 2001; Pschyrembel 2014

Tab. 1.3.20 Normalwerte des Blutes

Referenzwerte aus dem Universitätsklinikum Heidelberg für 2006.

Abkürzungen: U/l = units pro Liter, HDL = High Density, LDL = Low Density, VLDL = Very Low Density, GOT/AST = Glutamat-Oxal-acetat-Transaminase/Aspartat-Amino-Transferase, GPT/ALT = Glutamat-Pyruvat (Transaminase/Alanin-Aminotransferase), gGT = Gamma-Glutamyl-Transferase), CK-MB = Creatinkinase Herzmuskeltyp, LDH = Laktat-Dehydrogenase

Elektrolyte im Blut

| | | | |
|---------------------------------------|------------------|-------------------|---------------------------------|
| Natrium | 135–145 mmol/l | Kupfer | 12–24 µmol/l |
| Kalium | 3,5–4,8 mmol/l | Zink | 13–18 µmol/l |
| Calcium | 2,1–2,65 mmol/l | Selen | 0,75–1,8 µmol/l |
| Chlorid | 97–110 mmol/l | Eisen Frauen | 12–27 µmol/l |
| Magnesium | 0,75–1,05 mmol/l | Eisen Männer | 14–32 µmol/l |
| Kupfer | 12–24 µmol/l | | |
| Substrate | | | |
| Kreatinin | bis 1,3 mg/dl | Bilirubin gesamt | bis 1,0 mg/dl |
| Harnstoff | bis 45 mg/dl | Bilirubin direkt | bis 0,3 mg/dl |
| Harnsäure Frauen | bis 6,0 mg/dl | Laktat | 0,9–1,6 mmol/l |
| Harnsäure Männer | bis 7,0 mg/dl | Ammoniak | bis 50 mmol/l |
| Phosphat | 0,8–1,5 mmol/l | | |
| Kohlenhydratstoffwechsel | | | |
| Glucose nüchtern | 65–110 mg/dl | Hämoglobin A1c | bis 6,1 % |
| Lipidstoffwechsel | | | |
| Triglyceride | bis 150 mg/dl | LDL-Cholesterin | 150 mmol/l |
| Cholesterin | bis 200 mg/dl | VLDL-Cholesterin | 20 mmol/l |
| Phospholipide | 160–250 mg/dl | Apo-Lipoproteine: | |
| freie Fettsäuren | 0,3–1,0 mmol/l | Apo A1 | 1,02–2,2 g/l |
| freies Glycerin | bis 0,1 mmol/l | Apo B | 0,59–1,6 g/l |
| HDL-Cholesterin | mmol/l | Lipoprotein (a) | bis 25 (30) mg/dl |
| Frauen | > 50 mmol/l | Lipoprotein (x) | nicht nachweisbar |
| Männer | > 40 mmol/l | Phytansäure | < 1,0 % |
| Enzymwerte bei 25 °C und 37 °C | | | |
| Alkal. Phosphatase | 25 °C | 40–170 U/l | Parotisamylase 25 °C |
| | 37 °C | 38–126 U/l | 37 °C |
| Amylase | 25 °C | bis 110 U/l | Parotisamylase 25 °C bis 50 U/l |
| | 37 °C | bis 220 U/l | 37 °C bis 90 U/l |
| Pankreasamylase | 25 °C | bis 65 U/l | Cholinesterase 25 °C 3–9,3 kU/l |
| | 37 °C | bis 46 U/l | 37 °C 5,32–12,92 kU/l |

Elektrolyte im Blut

| | | | |
|---|---------------------------|--|----------------------------|
| GOT/AST Frauen 25 °C Frauen 37 °C | bis 15 U/l bis 31 U/l | Creatinase Männer 25 °C Männer 37 °C | bis 80 U/l bis 171 U/l |
| GPT/ALT Frauen 25 °C Frauen 37 °C | bis 18 U/l bis 34 U/l | CK-MB 37 °C – | 2–14 U/l – |
| GPT/ALT Männer 25 °C Männer 37 °C | bis 24 U/l bis 45 U/l | Lipase 25 °C 37 °C | bis 190 U/l bis 51 U/l |
| gGT Frauen 25 °C Frauen 37 °C | bis 18 U/l bis 38 U/l | LDH 25 °C 37 °C | 120–240 U/l bis 248 U/l |
| gGT Männer 25 °C Männer 37 °C | bis 25 U/l bis 37 U/l | Saure Phosphatase 37 °C | – bis 11 U/l |
| Creatinase Frauen 25 °C Frauen 37 °C | bis 70 U/l bis 145 U/l | Lysozym 25 °C | 3–9 U/l |
| Plasmaproteine | | | |
| Gesamtprotein | 60–80 g/l | Coeruloplasmin | 0,2–0,6 g/l |
| Albumin | 30–50 g/l | Haptoglobin | 0,3–2,0 g/l |
| Immunglobulin G | 8–16 g/l | Freies Hämoglobin | bis 20 mg/dl |
| Immunglobulin A | 0,4–4,0 g/l | Transferrin | 2,0–3,6 g/l |
| Immunglobulin M | 0,4–2,3 g/l | C-reaktives Protein | <5 mg/l |
| Immunglobulin E | Bis 100 U/ml | Lysozym | 3,0–9,0 mg/l |
| Immunglobulin D | <100 g/l | Präalbumin | 0,25–0,4 g/l |
| Immunglobulin G1 | 3,2–8,8 g/l | Ferritin Frauen | 20–120 µg/l |
| Immunglobulin G2 | 1,4–5,4 g/l | Ferritin Männer | 30–300 µg/l |
| Immunglobulin G3 | 0,05–1,05 g/l | Beta-2-Mikroglobulin | bis 2,5 µg/l |
| Immunglobulin G4 | <0,905 g/l | Troponin I | bis 0,6 µg/l |
| Alpha-1-Antitrypsin | 0,9–2,0 g/l | Troponin T | bis 0,1 µg/l |
| Vitamine | | | |
| Vitamin A | 2,0–4,0 µmol/l | Folsäure | 3–30 nmol/l |
| Vitamin E | 10–40 µmol/l | Vitamin B1 | 60–180 nmol/l |
| Vitamin B12 | 200–750 pmol/l | Vitamin B6 | 20–120 nmol/l |
| Endokrinologie | | | |
| Renin basal | 5–47 mU/l | Noradrenalin | bis 1625 pmol/l |
| Renin stimuliert | 7–76 mU/l | Adrenalin | bis 464 pmol/l |
| Parathormon | 1,3–7,6 pmol/l | Dopamin | bis 560 pmol/l |
| Calcitonin basal Männer | <11,5 ng/l | Serotonin | 0,3–2,0 µmol/l |

Elektrolyte im Blut

| | | | |
|-------------------------|-----------|---------------|-----------------|
| Calcitonin basal Frauen | <4,6 ng/l | Erythropoetin | 2,0–21,5 mIU/ml |
| Insulin | 6–25 mU/l | Procalcitonin | <0,5 mg/l |

www.med.uni-heidelberg.de/med/zlab/normwerte.html, aufgerufen am 29. Juni 2015

1.4 Das Herz (Purves 2011, S. 1387 ff)

Das Herz betreibt als Druck- und Saugpumpe zwei Kreisläufe und wird deshalb durch Scheidewände in zwei Hälften getrennt. Die rechte Herzhälfte treibt das vom Körper kommende Blut in die Lungen, die linke Herzhälfte das von den Lungen kommende Blut in den Körper. Dabei nimmt die Auswurfleistung pro Herzschlag mit der Füllmenge des Herzens zu: Je größer das in der Diastole einströmende Blutvolumen, desto größer auch die in der Systole ausgeworfene Blutmenge. Das Herz ist ein ausgezeichnetes Beispiel für die Verdeutlichung von Struktur-Funktions-Zusammenhängen: Das Zusammenwirken des Herzmuskelgewebes, des bindegewebigen Herzskeletts sowie die elastische „Aufhängung“ des Herzmuskels an den großen Blutgefäßen sorgt für einen optimalen Wirkungsgrad des Herzens als Motor des Kreislaufsystems.

In Deutschland sind 2012 Erkrankungen des Herz-Kreislaufsystems mit über 40 % nach wie vor die häufigste Todesursache, die unmittelbaren Folgen eines Myokardinfarkts sind verantwortlich für 6,4 % der Todesfälle. Insgesamt aber ist seit 1998 ein rückläufiger Trend bei Herz-Kreislauf-bedingten Todesfällen zu beschreiben.

Tab. 1.4.1 Zahlen zum Staunen

Literatur siehe nachfolgende Tabellen

Ausgewählte Angaben zum Herz aus den nachfolgenden Tabellen

| | |
|---|--|
| Anschauliche Größe eines menschlichen Herzens | entspricht der geballten Faust des Trägers |
| Einfluss des Alters auf das Herzminutenvolumen bei körperlicher Ruhe | |
| gesunder Jugendlicher | 4,9 l/min |
| im Alter von 70 Jahren | 2,5 l/min |
| Auswurfvolumen des Herzens pro Zeit | |
| in einer Stunde | ca. 290 l |

Ausgewählte Angaben zum Herz aus den nachfolgenden Tabellen

| | |
|---|----------------------|
| an einem Tag | ca. 70001 |
| in einem Jahr | ca. 2.550.0001 |
| in 75 Jahren (Altersabhängigkeit berücksichtigt) | ca. 178.850.0001 |
| Gesamtleistung des Herzens | |
| Anteil des Herzens am Grundumsatz des Menschen | 9 % |
| pro Tag | 96 kJ/Tag |
| in 75 Jahren | 2.628.000 kJ |
| Druckpulswellengeschwindigkeit | |
| in der Aorta | 3–5 m/s |
| in Arterien | 5–10 m/s |
| in Venen | 1–2 m/s |
| Herzfrequenzanstieg pro Anstieg der Körpertemperatur um 1 °C | 10/min |
| Erste Herztransplantation der Welt (an <i>Louis Washkansky</i> durch <i>Prof. Barnard</i>) | 3. Dezember 1967 |
| Längste Lebenszeit mit einem fremden Herzen (<i>John McCafferty</i> , Transplantation: 20. Oktober 1982) | 32 Jahre (1982–2014) |
| Alter der jüngsten Patientin, der ein Herz transplantiert wurde (1996) | 1 Stunde |
| Zeitdauer, bis es zu einem Atemstillstand kommt, nachdem das Herz aufgehört hat zu schlagen | 30–60 s |
| Zeitdauer bis zum Herzstillstand, nachdem ein Mensch aufgehört hat zu atmen | 3–5 min |
| Anzahl der Herzschläge in einem Leben, das 70 Jahre dauert | ca. 3 Milliarden |

Tab. 1.4.2 Das Herz (Purves 2011, S. 1388)

Das Herz (*Cor*) ist ein muskuläres Hohlorgan, das den Körper durch rhythmische Kontraktionen mit Blut versorgt und dadurch die Durchblutung aller Organe sichert. Das gesunde Herz wiegt etwa 0,5 % des Körpergewichts (300–350 g).

Bei chronischer Belastung reagiert das Herzmuskelgewebe mit einer Vergrößerung der Herzmuskelzellen (Hypertrophie) und damit des ganzen Herzens. Da die Koronararterien (arterielle Blutversorgung des Herzens) nicht im gleichen Maße mitwachsen können, kommt es ab dem so genannten „kritischen Herzgewicht“ von ca. 500 g zu einem erhöh-

ten Risiko einer Mangelversorgung des Organs mit Sauerstoff bei körperlicher Belastung (Angina Pectoris-Anfall).

Die Werte in der Tabelle beziehen sich auf Erwachsene mit einem durchschnittlichen Gewicht von 70 kg.

Angaben zu Lage, Größe und Gewicht des Herzens

| Lage des Herzens | |
|--|----------------------------|
| Anteil links | 2/3 |
| Anteil rechts | 1/3 |
| Größe des Herzens | |
| Länge | 15 cm |
| Breite | 10 cm |
| Anschauliche Größe | geballte Faust des Trägers |
| Herzgewicht | |
| normal | 300–350 g |
| kritisch | 500 g |
| Anteil am Körpergewicht | 0,5 % |
| Angaben zu Wanddicke, Gewicht und Volumen der Herzkammern | |
| Wanddicke | |
| rechte Herzkammer | 4–5 mm |
| linke Herzkammer | 12 mm |
| rechter Vorhof | 1,5 mm |
| linker Vorhof | 1,5 mm |
| Gewicht | |
| rechter Vorhof | 13 g |
| linker Vorhof | 17 g |
| Vorhofseptum | 10 g |
| rechte Herzkammer | 50 g |
| linke Herzkammer | 150 g |
| Volumen aller Herzkammern | |
| Normalperson (11 ml/kg Körpergewicht) | 780 ml |
| Kurzstreckenläufer, Turner, Fechter | 790 ml |

Angaben zu Lage, Größe und Gewicht des Herzens

| | |
|--|-------------|
| (12 ml/kg) | |
| Mittelstreckler, Tennisspieler, Fußballspieler | bis 880 ml |
| Langstreckenläufer, Skilangläufer, Ruderer | bis 920 ml |
| (17 ml/kg) | |
| Radprofi | bis 1000 ml |
| (16 ml/kg) | |

Mörike, Betz, Mergenthaler 2007; Weineck 2009a; Schmidt, Lang, Heckmann 2010

Tab. 1.4.3 Kammer- und Transportvolumen des Herzens

Das Herz gewährleistet durch rhythmische Kontraktionen (Purves 2011, S. 1389) den kontinuierlichen Blutfluss im menschlichen Körper. Die linke Herzkammer (linker Ventrikel) pumpt das Blut in den Körperkreislauf, die rechte Herzkammer (rechter Ventrikel) pumpt das Blut in den Lungenkreislauf.

Die Transportvolumen werden immer für eine Herzkammer angegeben, wobei die Werte für linke und rechte Kammer nahezu identisch sind. Unter dem Herzminutenvolumen versteht man das Blutvolumen, welches pro Minute vom Herz durch den Körperkreislauf gepumpt wird. Das Herzminutenvolumen ist variabel und kann bei körperlicher Belastung deutlich gesteigert werden.

Angaben zum Herzkammervolumen

| Füllvolumen eines Ventrikels | |
|--|------------|
| in Ruhe | 140 ml |
| bei starker körperlicher Anstrengung | 200–300 ml |
| Volumen, das nach der Systole im Ventrikel verbleibt | |
| in Ruhe | 60–70 ml |
| bei starker körperlicher Anstrengung | 10–30 ml |
| Schlagvolumen (ausgetriebenes Blutvolumen pro Schlag) | |
| in Ruhe | 60–70 ml |
| bei starker körperlicher Anstrengung | bis 130 ml |
| bei Ausdauersportlern | bis 160 ml |
| Ejektionsfraktion (Anteil am Kammervolumen, das mit jeder Systole ausgetrieben wird) | ca. 66 % |

Angaben zum Herzkammervolumen

| Angaben zum Transportvolumen des Herzens | |
|--|-------------------|
| Herzminutenvolumen | |
| in Ruhe (Schlagvolumen 70 ml; Puls 70/min) | 4,9 l/min |
| bei starker Anstrengung (Schlagvolumen 130 ml; Puls 195/min) | |
| Nichtsportler | 19,0 l/min |
| Ausdauersportler | 30,4 l/min |
| Einfluss des Alters auf das Herzminutenvolumen in körperlicher Ruhe | |
| gesunder Jugendlicher | 4,9 l/min |
| 30 Jahre | 3,4 l/min |
| 40 Jahre | 3,2 l/min |
| 50 Jahre | 3,0 l/min |
| 60 Jahre | 2,7 l/min |
| 70 Jahre | 2,5 l/min |
| Transportvolumen des Herzens pro Zeit | |
| in einer Stunde | ca. 290 l |
| an einem Tag | ca. 7000 l |
| in einem Jahr | ca. 2.550.000 l |
| in 75 Jahren (Altersabhängigkeit berücksichtigt) | ca. 178.850.000 l |
| Erhöhung des Transportvolumens im Liegen | 20% |

Schiebler, Schmidt, Zilles 2005; Mörike, Betz, Mergenthaler 2007; Schmidt, Lang, Heckmann 2010

Tab. 1.4.4 Arbeit und Leistung des Herzens sowie Druckverhältnisse im Herz (Purves 2011, S. 1389)

Die Arbeitsleistung des Herzens setzt sich zusammen aus Druck-Volumen-Arbeit und Beschleunigungsarbeit. Die Beschleunigungsarbeit ist beim gesunden jungen Menschen vernachlässigbar im Vergleich zur Druck-Volumen-Arbeit. Das Leistungsgewicht ist der Quotient aus dem Gewicht und der Leistung.

In der Systole spannt sich die Herzmuskulatur an und das Blut wird ausgetrieben. In der Diastole entspannt sich die Herzmuskulatur und das Herz wird wieder mit Blut gefüllt.

Zur Leistung des Herzens siehe auch Tab. 1.4.6

Angaben zu Arbeit und Leistung des Herzens

| | |
|---|---------------------------------|
| Arbeit des Herzens pro Schlag in körperlicher Ruhe | 1,1 J |
| Arbeit der linken Herzkammer (mittlerer Aortendruck 100 mmHg, Schlagvolumen 70 ml) | ca. 0,95 J (86 %) |
| Arbeit der rechten Herzkammer (mittlerer Druck der Lungenschlagader 20 mmHg, Schlagvolumen 70 ml) | ca. 0,15 J (14 %) |
| Gesamtleistung bei jedem Schlag (bei einer Frequenz von 60 Schlägen/min) | 1,1 J/s (Watt) (=0,0015 PS) |
| Gesamtarbeit des Herzens pro Tag | ca. 96 kJ |
| Gesamtarbeit in einem Leben (70 Jahre) | ca. $3,3 \cdot 10^9$ kJ |
| Wirkungsgrad der Herzarbeit | 25–30 % |
| Im Vergleich: Wirkungsgrad der Skelettmuskulatur | 20–25 % |
| Gesamtenergiebedarf des Herzens pro Tag | 300–400 kJ/Tag (70–90 kcal/Tag) |
| Anteil des Herzens am Grundumsatz | 5 % |
| Leistungsgewicht eines Herzens von 300 g | 3 N/W |
| Vergleichswert Automotor | ca. 0,05 N/W |

Angaben zu den Druckverhältnissen im Herz

| | | | |
|---|----------|-----------------|--------------|
| Rechter Vorhof | Diastole | 0–0,26 kPa | 0–2 mm Hg |
| | Systole | 0,13–0,66 kPa | 1–5 mm Hg |
| Linker Vorhof | Diastole | 0,66–1,20 kPa | 5–9 mm Hg |
| | Systole | 1,06–1,59 kPa | 8–12 mm Hg |
| Rechte Herzkammer | Diastole | 0–0,53 kPa | 0–4 mm Hg |
| | Systole | 2,66–3,99 kPa | 20–30 mm Hg |
| Linke Herzkammer | Diastole | 0,26–1,06 kPa | 2–8 mm Hg |
| | Systole | 11,99–17,33 kPa | 90–130 mm Hg |
| Aorta | Diastole | 7,99–11,99 kPa | 60–90 mm Hg |
| | Systole | 11,99–17,33 kPa | 90–130 mm Hg |
| <i>Arteria pulmonalis</i> | Diastole | 1,06–1,59 kPa | 8–12 mm Hg |
| | Systole | 2,66–3,99 kPa | 20–30 mm Hg |
| Blutdruck aller Gefäße bei Herzstillstand | | 0,79 kPa | 6 mm Hg |

Tab. 1.4.5 Herzzyklus, Erregung des Herzens und Herztöne

Ein Herzzyklus (Purves 2011, S. 1387 ff) besteht aus einer Systole und einer Diastole. In der Systole spannt sich die Herzmuskelatur an und das Blut wird ausgetrieben. In der Diastole entspannt sich die Herzmuskelatur und das Herz wird wieder mit Blut gefüllt. Sowohl die Dauer eines Herzzyklus wie auch das Verhältnis von Systole und Diastole sind abhängig von der Herzfrequenz.

Im Gegensatz zu den normalen Herztönen, die streng genommen auch Geräusche sind, spricht der Arzt nur dann von „Herzgeräuschen“, wenn diese akustischen Erscheinungen einem Herzfehler zuzuordnen sind. Meist entstehen solche Nebengeräusche beim unvollkommenen Öffnen oder Schließen der Herzklappen. Ein systolisches Herzgeräusch tritt während der Auswurfphase (Systole), ein diastolisches Herzgeräusch hingegen während der Füllungsphase (Diastole) des Herzens auf.

Angaben zum Herzzyklus

| Dauer eines Herzzyklus | |
|---|--------|
| bei einer Frequenz von 70 Schlägen/min | 850 ms |
| bei einer Frequenz von 150 Schlägen/min | 400 ms |
| Dauer der Systole | |
| bei einer Frequenz von 70 Schlägen/min | 270 ms |
| <i>Anspannung</i> | 60 ms |
| <i>Austreibung</i> | 210 ms |
| bei einer Frequenz von 150 Schlägen/min | 250 ms |
| Dauer der Diastole | |
| bei einer Frequenz von 70 Schlägen/min | 560 ms |
| <i>Entspannung</i> | 60 ms |
| <i>Füllung</i> | 500 ms |
| bei einer Frequenz von 150 Schlägen/min | 150 ms |
| Verhältnis von Systole zu Diastole | |
| bei einer Frequenz von 70 Schlägen/min | 1 : 2 |
| bei einer Frequenz von 90 Schlägen/min | 1 : 1 |
| bei einer Frequenz von 150 Schlägen/min | 5 : 3 |
| Angaben zur Erregung des Herzens und Herztöne (Purves 2011, S. 1390 ff) | |
| Ruhemembranpotential einer Herzmuskelzelle | -90 mV |
| Membranpotential während eines Aktionspotentials (Maximalwert) | +30 mV |

| | |
|---|-----------|
| Mittlere Dauer eines Aktionspotentials | 250 ms |
| bei hohen Herzfrequenzen | 180 ms |
| bei niederen Herzfrequenzen | 350 ms |
| Refraktärperioden bei einer mittleren Aktionspotentialdauer von 250 ms | |
| Dauer der absoluten Refraktärperiode | 200 ms |
| Dauer der relativen Refraktärperiode | 50 ms |
| Frequenzbereich der normalen Herztöne | 15–400 Hz |
| Frequenzbereich auffälliger Herzgeräusche | 800 Hz |

Keidel 1985; Mörike, Betz, Mergenthaler 2007; Schmidt, Lang, Heckmann 2010

Tab. 1.4.6 Die Herzschlagfrequenz

Die Herzschlagfrequenz wird normalerweise in körperlicher Ruhe angegeben. Sie beträgt beim Gesunden 50–100 Herzschläge pro Minute. Sportlich trainierte Menschen haben eine niedrigere Herzfrequenz im Vergleich zu untrainierten Menschen des gleichen Alters.

Gemessen wird die Herzfrequenz über den tastbaren Puls der *Arteria radialis* oder *Arteria carotis externa*. Hat nicht jeder Herzschlag eine tastbare Pulswelle zur Folge, spricht man von einem Pulsdefizit. Die maximal erreichbare Herzfrequenz unter körperlicher Belastung nimmt mit zunehmendem Alter ab. Herzrhythmusstörungen können mit einer erhöhten Herzfrequenz einhergehen.

| Beschreibung | Herzschläge |
|--|--------------------|
| Herzschlagfrequenz in Ruhe (Ruhepuls) in Abhängigkeit vom Alter | |
| Neugeborenes | 140/min |
| 10-jähriges Kind | 90/min |
| Erwachsener | 60–80/min |
| Erhöhung der Herzfrequenz beim Wechsel vom Liegen zum Stehen | 15–20/min |
| Herzschläge am einem Tag (bei 70 Schlägen/min) | ca. 100.800 |
| Herzschläge im Leben eines 70-Jährigen (bei 70 Schlägen/min) | ca. 2,7 Milliarden |
| Maximal erreichbare Herzfrequenz bei extremer körperlicher Anstrengung (Durchschnitt) | |
| Alter 30 Jahre | 200/min |
| Alter 40 Jahre | 182/min |

| Beschreibung | Herzschläge |
|---|-------------|
| Alter 50 Jahre | 171/min |
| Alter 60 Jahre | 159/min |
| Alter 70 Jahre | 150/min |
| Ruhepuls von trainierten Sportlern | |
| Fechter | 68/min |
| Gewichtheber | 65/min |
| Volleyballspieler | 60/min |
| Kurzstreckenläufer | 58/min |
| Football-Spieler | 55/min |
| Ruderer | 50/min |
| Schwimmer und Langstreckenläufer | 40–45/min |
| Marathonläufer | 35/min |
| Frequenz des Kammerflatterns | 200–350/min |
| Frequenz des Kammerflimmerns | >350/min |
| Autonome Frequenz eines frisch transplantierten denervierten Herzens | 100/min |
| Normalwerte der Herzfrequenz bei Erwachsenen nach der <i>American Heart Association</i> | 50–100/min |
| Herzfrequenzanstieg pro Anstieg der Körpertemperatur um 1 °C | 10/min |

Mörike, Betz, Mergenthaler 2007; Schmidt, Lang, Heckmann 2010; Faller 2012

Tab. 1.4.7 Durchblutung und Sauerstoffversorgung des Herzens in Ruhe und bei schwerer Arbeit

Die Pumpfunktion des Herzen ist eine Grundlage des menschlichen Lebens. Die Versorgung des Herzmuskels mit Sauerstoff und Nährstoffen erfolgt über die beiden Herzkranzgefäße. Die rechte und linke Herzkranzarterie entspringen der Aorta kurz hinter der Aortenklappe. Bei körperlicher Belastung steigt der Sauerstoffbedarf des Herzmuskels. Folglich muss die Durchblutung der Herzkranzgefäße zunehmen, um das Herz ausreichend mit Sauerstoff versorgen zu können.

Bei einer koronaren Herzerkrankung ist das Lumen der Herzkranzgefäße durch arteriosklerotische Plaques eingeengt. Folglich kann bei körperlicher Belastung die Durchblutung nicht adäquat gesteigert werden. Die Folge ist eine Sauerstoffunversorgung des Herzmuskels, was zu starken Brustschmerzen führt (Angina Pectoris Anfall). Wird eine

Herzkranzarterie komplett verschlossen kommt es zum Untergang von Herzmuskelgewebe (Herzinfarkt). Im Gegensatz zur Skelettmuskulatur kann sich Herzmuskelgewebe nur sehr eingeschränkt regenerieren.

| Durchblutung und Sauerstoffverbrauch | in Ruhe | bei schwerer Arbeit |
|--|---------------------------------|----------------------------------|
| Durchblutung bezogen auf 100 g Herzgewebe | 83 ml/min | 350 ml/min |
| Durchblutung der Herzkranzgefäße eines durchschnittlichen Herzens (300 g) | 250 ml/min | 1050 ml/min |
| Anteil der Durchblutung der Herzkranzgefäße an der Menge des in die Aorta gepumpten Blutes | 5 % | bis zu 10 % |
| O ₂ -Verbrauch bezogen auf 100 g Herz | 10 ml/min | 55 ml/min |
| O ₂ -Verbrauch eines durchschnittlichen Herzens (300 g) | 30 ml | 165 ml |
| Anteil des O ₂ -Verbrauchs des Herzens am Gesamtsauerstoffverbrauch des Körpers | ca. 10 % | ca. 1 % |
| O ₂ -Konzentration im arteriellen Schenkel der Koronargefäße | 0,2 ml O ₂ /ml Blut | 0,2 ml O ₂ / ml Blut |
| O ₂ -Konzentration im venösen Schenkel der Koronargefäße | 0,07 ml O ₂ /ml Blut | 0,04 ml O ₂ / ml Blut |
| Arterio-venöse Konzentrationsdifferenz | 0,13 ml O ₂ /ml Blut | 0,16 ml O ₂ /ml Blut |
| Anteile unterschiedlicher Substrate am oxidativen Stoffwechsel des Herzens | | |
| Freie Fettsäuren | 34 % | 21 % |
| Glukose | 31 % | 16 % |
| Laktat (Milchsäure) | 28 % | 61 % |
| Pyruvat, Ketone, Aminosäuren | 7 % | 2 % |

Mörike, Betz, Mergenthaler 2007; Schmidt, Lang, Heckmann 2010; Faller 2012

Tab. 1.4.8 Erregungsleitung und Automatiezentren im Herz (Purves 2011, S. 1391 ff)

Bei der normalen Erregungsausbreitung im Herz entsteht die Erregung im Sinusknoten, der im rechten Vorhof liegt. Von dort breitet sich die Erregung über die Vorhofmuskulatur aus, sammelt sich im AV-Knoten (Atrioventrikularknoten zwischen Vorhof und Herzkammer),

durchfließt die Kammerschenkel bis sie dann durch die Purkinje-Fasern die Herzkammerwand erregt. Fällt der Sinusknoten aus, kann der AV-Knoten als sekundäres Automatiezentrum einspringen. Dabei sinkt die Herzfrequenz deutlich.

Die AV-Fasern sind spezialisierte Herzmuskelfasern und haben eine Länge von etwa 5 mm. Grundsätzlich können jedoch alle Herzmuskelzellen Erregungen in Form von Aktionspotentialen weiterleiten.

| Erregungsleitung im Herz | Ruhepotential in mV | Faserdurchmesser | Leitungsgeschwindigkeit | Leitungszeit ab Sinusknoten |
|---|---------------------|------------------|-------------------------|-----------------------------|
| Sinusknoten | -50 bis -60 | 2–7 µm | – | – |
| Vorhofwand | -80 bis -90 | 3–17 µm | 0,8–1,0 m/s | 80 ms |
| AV-Fasern | -60 bis -70 | 3–11 µm | 0,05 m/s | 160 ms |
| Kammerschenkel | -90 bis -95 | 9–18 µm | 2,5 m/s | – |
| Kammerwand | -80 bis -90 | 10–25 µm | 0,5–1 m/s | 250 ms |
| Frequenz der Automatiezentren | | | | |
| Sinusknotenfrequenz (Keith-Flack-Knoten) | | | | 60–80/Minute |
| AV-Knotenfrequenz (Aschoff-Tawara-Knoten) | | | | 40–60/Minute |
| Kammereigenfrequenz | | | | 20–40/Minute |

Schmidt, Lang, Heckmann 2010; Faller 2012

1.5 Blutkreislauf und Stoffaustausch (Purves 2011, S. 1388 ff)

Das Herz befördert das Blut in den Gefäßen durch den Körper. Die Arterien führen das Blut aus dem Herz heraus, die Venen bringen es zum Herz zurück. Im Körper liegen zwischen den Arterien und den Venen die mikroskopisch kleinen Kapillaren (Haargefäße), durch deren Wände der Stoffaustausch erfolgt.

Bei diesem Stoffaustausch in den Kapillaren werden große Moleküle in kleinen Bläschen (Vesikel) durch die Kapillarwände transportiert. Kleinere Moleküle und das Wasser können durch den Blutdruck filtriert werden oder sie werden durch den osmotischen Druck transportiert.

Tab. 1.5.1 Zahlen zum Staunen

Literatur siehe nachfolgende Tabellen

Ausgewählte Angaben zum Blutkreislauf aus den nachfolgenden Tabellen

| | |
|--|------------------------|
| Geschätzte Gesamtzahl aller Kapillaren im Körper eines erwachsenen Menschen | 30 Milliarden |
| Mittlerer Durchmesser einer Kapillare | 7 µm |
| Zum Vergleich: Durchmesser eines Erythrozyten | 7,5 µm |
| Gesamtquerschnitt aller Kapillaren im Körper | 3000 cm ² |
| Austauschfläche aller Kapillaren im Körper | ca. 300 m ² |
| Gesamtvolumen aller Kapillaren im Körper | 60 cm ³ |
| Blutversorgung von Organen | |
| Durchblutung der Gehirnrinde | 780 ml/min |
| Durchblutung der Nierenrinde | 1200 ml/min |
| Sauerstoffversorgung von Organen | |
| Sauerstoffverbrauch pro Minute in der Gehirnrinde | 3,5 ml/100 g |
| Sauerstoffverbrauch pro Minute in der Nierenrinde | 6,7 ml/100 g |
| Zeitdauer, die ein rotes Blutkörperchen braucht, um durch eine Kapillare zu fließen | 0,5–5 s |
| Wasseraustausch in den Kapillaren des Körpers pro Minute | ca. 55 l |
| Wasseraustausch in den Kapillaren des Körpers pro Tag | ca. 80.000 l |
| Plasmavolumen, das pro Tag aus dem Blut in den Zwischenzellraum filtriert wird | 20 l/Tag |
| Anteil der filtrierten Menge, der von den Blutgefäßen wieder aufgenommen (reabsorbiert) wird | 90 % (18 l/Tag) |
| Anteil der filtrierten Menge, die als Lymphe abtransportiert wird | 10 % (2 l/Tag) |
| Pulswellengeschwindigkeit in der Aorta (Mittelwert) | 5–6 m/s |
| Pulswellengeschwindigkeit in den Unterschenkelarterien | 10 m/s |
| Zeitdauer, die eine Pulswelle vom Herz bis zur Fußarterie braucht | ca. 0,2 s |

Tab. 1.5.2 Größenangaben zu den Blutgefäßen

Abkürzung: Strömungs-V = Strömungsgeschwindigkeit

| Gefäße einzeln | Anzahl im Körper | Länge im Körper | Durchmesser |
|------------------|------------------|----------------------|---------------------------|
| Aorta | 1 | 400 mm | 20.000 µm |
| Lungenschlagader | 1 | – | 15.500 µm |
| Große Arterien | 40 | 200 mm | 3000 µm |
| Arterienäste | 600 | 100 mm | 1000 µm |
| Arterienzweige | 1800 | 10 mm | 600 µm |
| Arteriolen | 40 Mio. | 2 mm | 20 µm |
| Kapillaren | 30.000 Mio. | 1 mm | 8 µm |
| Lungenkapillaren | 600 Mio. | 1 mm | 7 µm |
| Venolen | 80 Mio. | 2 mm | 30 µm |
| Venenzweige | 1800 | 10 mm | 1500 µm |
| Venenäste | 600 | 100 mm | 2400 µm |
| Große Venen | 40 | 200 mm | 6000 µm |
| Hohlvene | 1 | 400 mm | 12.500 µm |
| Gefäße zusammen | Länge im Körper | Querschnitt | Oberfläche |
| Aorta | 40 cm | 4 cm ² | 126 cm ² |
| Große Arterien | 800 cm | 3 cm ² | 754 cm ² |
| Arterienäste | 6000 cm | 5 cm ² | 1884 cm ² |
| Arterienzweige | 18.000 cm | 5 cm ² | 339 cm ² |
| Arteriolen | 8.000.000 cm | 125 cm ² | 50.240 cm ² |
| Kapillaren | 120.000.000 cm | 3000 cm ² | 3.001.440 cm ² |
| Venolen | 16.000.000 cm | 570 cm ² | 150.720 cm ² |
| Venenzweige | 1800 cm | 30 cm ² | 848 cm ² |
| Venenäste | 6000 cm | 27 cm ² | 4522 cm ² |
| Große Venen | 800 cm | 11 cm ² | 1507 cm ² |
| Hohlvene | 40 cm | 1,2 cm ² | 157 cm ² |
| Volumen | | | |
| Aorta | | | 30 cm ³ |
| Große Arterien | | | 60 cm ³ |
| Arterienäste | | | 50 cm ³ |
| Arterienzweige | | | 5 cm ³ |
| Arteriolen | | | 25 cm ³ |
| Kapillaren | | | 60 cm ³ |
| Venolen | | | 110 cm ³ |
| Venenzweige | | | 30 cm ³ |
| Venenäste | | | 270 cm ³ |
| Große Venen | | | 220 cm ³ |
| Hohlvene | | | 50 cm ³ |

| Gefäße einzeln | Durchmesser | Mittlerer Druck | Strömungs-V |
|--------------------------|------------------|-----------------|--------------|
| Aorta | 20.000–25.000 µm | 105 mmHg | 1000 mm/s |
| Kleine Arterie | – | 85–105 mmHg | 50–100 mm/s |
| Sehr kleine Arterie | – | 75–85 mmHg | 20 mm/s |
| Arteriolen Anfang | 20–80 µm | 75 mmHg | 2–3 mm/s |
| Arteriolen Ende | – | 32–37 mmHg | – |
| Kapillare | | | |
| arterielles Ende | 8–2 µm | 32–37 mmHg | 0,3–0,5 mm/s |
| in der Mitte | 6 µm | 21–26 mmHg | 0,2–0,5 mm/s |
| venöses Ende | 8–30 µm | 16–21 mmHg | 0,3–0,5 mm/s |
| Sehr kleine Vene | 23–50 µm | 10–21 mmHg | 5–10 mm/s |
| Kleine bis mittlere Vene | – | < 10 mmHg | 10–50 mm/s |
| Mittlere bis große Vene | 5000–10.000 µm | < 10 mmHg | 50–150 mm/s |
| Hohlvene | 20.000–30.000 µm | < 10 mmHg | 100–160 mm/s |

Schneider 1971; Schmidt, Thews 1995; ergänzt aus Flindt 2003

Tab. 1.5.3 Der Blutdruck (Purves 2011, S. 1390) in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht

Die indirekte Blutdruckmessung erfolgt mit einem Blutdruck-Messgerät, das aus einer mit einem Manometer verbundenen aufblasbaren Gummimanschette besteht. Die Manschette wird am Oberarm angelegt und solange aufgepumpt, bis der Oberarm kein Blut mehr durchlässt. Durch Ablassen der Luft vermindert sich der Druck in der Manschette, und das Herz presst ab einem bestimmten Druck wieder Blut in die zusammengedrückte Arterie. Mit einem Stethoskop werden nun Strömungsgeräusche abgehört.

Das erste hörbare Geräusch ist der obere Wert, der systolische Wert. Er wird hörbar, wenn sich das Herz zusammenzieht und dadurch Blut in die Gefäße pumpt. Das Verschwinden des Strömungsgeräusches markiert den unteren Wert, den diastolischen Wert. Ab diesem Wert fließt das Blut wieder ohne jegliche Behinderung durch die Arterie. Der diastolische Wert entspricht dem Ruhedruck der Gefäße während der Erschlaffungsphase

des Herzens. Während der Systole werden die elastischen Strukturen der Arterien gedehnt, in der Diastole üben diese Strukturen wieder einen Druck auf die Blutsäule aus und das Blut wird weitergepresst.

Die Werte in den Klammern sind nach dem Internationalen Einheiten-System in Kilopascal (kPa) umgerechnet ($\text{mm Hg} \times 0,133 = \text{kPa}$).

| Alter in Jahren | Frauen | | Männer | |
|-----------------|------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|
| | systolisch mm Hg (kPa) | diastolisch mm Hg (kPa) | systolisch mm Hg (kPa) | diastolisch mm Hg (kPa) |
| Neugeb. | 60–80 (8–10,5) | – – | 60–80 (8–10,5) | – – |
| 1 | 95 (12,7) | 65 (8,7) | 96 (12,8) | 66 (8,8) |
| 2 | 92 (12,3) | 60 (8,0) | 99 (13,2) | 64 (8,5) |
| 3 | 100 (13,3) | 64 (8,5) | 100 (13,3) | 67 (8,8) |
| 5 | 92 (12,3) | 62 (8,3) | 92 (12,3) | 62 (8,3) |
| 10 | 103 (13,7) | 70 (9,3) | 103 (13,7) | 69 (9,2) |
| 12 | 106 (14,1) | 72 (9,6) | 106 (14,1) | 71 (9,5) |
| 15 | 112 (14,9) | 76 (10,1) | 112 (14,9) | 75 (10,0) |
| 20–24 | 116 (15,5) | 72 (9,6) | 123 (16,4) | 76 (10,1) |
| 25–29 | 117 (15,6) | 74 (9,9) | 125 (16,7) | 78 (10,4) |
| 30–34 | 120 (16,0) | 75 (10,0) | 126 (16,8) | 79 (10,5) |
| 35–39 | 124 (16,5) | 78 (10,4) | 127 (16,9) | 80 (10,7) |
| 40–44 | 127 (16,9) | 80 (10,7) | 129 (17,2) | 81 (10,8) |
| 45–49 | 131 (17,5) | 82 (10,9) | 130 (17,3) | 82 (10,9) |
| 50–54 | 137 (18,3) | 84 (11,2) | 135 (18,0) | 83 (11,1) |
| 55–59 | 139 (18,5) | 84 (11,2) | 138 (18,4) | 84 (11,2) |
| 60–64 | 144 (19,2) | 85 (11,3) | 142 (18,9) | 85 (11,3) |
| 65–69 | 154 (20,5) | 85 (11,3) | 143 (19,1) | 83 (11,1) |
| 70–74 | 159 (21,2) | 85 (11,3) | 145 (19,3) | 82 (10,9) |
| 75–79 | 158 (21,1) | 84 (11,2) | 146 (19,5) | 81 (10,8) |
| 80–84 | 157 (21,0) | 83 (11,1) | 145 (19,3) | 82 (10,9) |
| 85–89 | 154 (20,5) | 82 (10,9) | 145 (19,3) | 79 (10,5) |
| 90–94 | 150 (20,0) | 79 (10,5) | 145 (19,3) | 78 (10,4) |

Tab. 1.5.4 Die Verteilung des Blutvolumens im Gefäßsystem und die Verteilung des Herzminutenvolumens auf die Organe

Unter dem Herzzeitvolumen versteht man das aus einer Herzkammer ausgetriebene Blutvolumen. Beim Herzminutenvolumen wird das in einer Minute ausgetriebene Volumen angegeben.

Beim ruhenden Erwachsenen sind das ungefähr 4,9 l/min.

Die Verteilung ändert sich mit den verschiedenen Bedürfnissen des Körpers. So nimmt bei körperlicher Anstrengung die Durchblutung der Skelettmuskulatur und während der Verdauung die Durchblutung der Baucheingeweide stark zu. Normalerweise ist das Herzminutenvolumen der rechten Herzkammer fast gleich groß wie das Herzminutenvolumen der linken Herzkammer.

Aus praktischen Erwägungen hat sich zur Beurteilung der Pumpfunktion des Herzens eher der Wert der Auswurffraktion oder Ejektionsfraktion (EF) eingebürgert, da er direkt aus der Echokardiografie ablesbar ist. Das Herzminutenvolumen wird dagegen bei aufwändigeren Herzkatheteruntersuchungen bestimmt.

Die Angaben beziehen sich auf einen Erwachsenen mit 5,41 Blut.

| Verteilung des Blutvolumens in den verschiedenen Gefäßabschnitten | Volumen in ml | Anteil in % |
|--|---------------|-------------|
| Herz | 400 | 7 % |
| Lungenkreislauf | 600 | 11 % |
| Körperkreislauf | 4400 | 82 % |
| davon entfallen auf große Arterien | 300 | 6 % |
| davon entfallen auf kleine Arterien | 500 | 9 % |
| davon entfallen auf Kapillaren | 300 | 6 % |
| davon entfallen auf Venen | 3300 | 61 % |
| Insgesamt | 5400 | 100 % |
| Zentrales Blutvolumen (Lungengefäße und linke Herzhälfte) | 500–900 | 19 % |
| Blutvolumen im Brustkorb | 1600 | 30 % |
| Verteilung des Herzminutenvolumens in Ruhe | | |
| Die linke Herzkammer pumpt 4,9 l/min in den Körperkreislauf | | 100 % |
| davon entfallen auf die Baucheingeweide | | 21 % |

| | |
|--|-------|
| davon entfallen auf das Gehirn | 15 % |
| davon entfällt auf die Haut | 8 % |
| davon entfallen auf die Herzkrankgefäß | 5 % |
| davon entfallen auf die Leber | 7 % |
| davon entfallen auf die Skelettmuskulatur | 17 % |
| davon entfallen auf die Nieren | 23 % |
| Die rechte Herzkammer pumpt 4,9 l/min über den Lungenkreislauf ausschließlich in die Lunge | 100 % |

Schmidt, Thews 1995; Schmidt, Lang, Heckmann, 2010

Tab. 1.5.5 Die Durchblutung verschiedener Organe

Die absolute Organdurchblutung stellt die Durchblutung des gesamten Organs in ml pro Minute dar. Die relative Organdurchblutung gibt den Anteil der absoluten Durchblutung am gesamten Herzzeitvolumen (HZV) wieder. Die spezifische Organdurchblutung entspricht der absoluten Durchblutung von einem Gramm Gewebe.

Die Durchblutung der Haut dient auch der Regulation des Wärmehaushaltes des Menschen. Bei extremer Hitzebelastung kann die Durchblutung um das 10- bis 20-fache ansteigen.

| Organ | Absolute Durchblutung | Relative Durchblutung | Spezifische Durchblutung | Gewicht |
|----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|---------|
| Gehirn | 780 ml/min | 15,0 % v. HZV | 0,5 ml/g/min | 1,40 kg |
| Rinde | – | – | 1,0 ml/g/min | – |
| Mark | – | – | 0,2 ml/g/min | – |
| Myokard | | | | |
| in Ruhe | 250 ml/min | 5,0 % v. HZV | 0,83 ml/g/min | 0,30 kg |
| bei max. Arbeit | – | | 3,5 ml/g/min | 0,30 kg |
| Nieren | 1200 ml/min | 23,0 % v. HZV | 4,0 ml/g/min | 0,30 kg |
| Rinde | 1100 ml/min | 21,1 % v. HZV | 5,3 ml/g/min | 0,21 kg |
| äußeres Mark | 84 ml/min | 1,6 % v. HZV | 1,4 ml/g/min | 0,03 kg |
| inneres Mark | 16 ml/min | 0,3 % v. HZV | 0,4 ml/g/min | 0,06 kg |
| Skelettmuskel | | | | |
| in Ruhe | 900 ml/min | 17,0 % v. HZV | 0,03 ml/g/min | 30,0 kg |
| bei max. Arbeit | 15.000 ml/min | 80,0 % v. HZV | 0,6 ml/g/min | 30,0 kg |

| Organ | Absolute Durchblutung | Relative Durchblutung | Spezifische Durchblutung | Gewicht |
|---------------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|-------------|
| max. bei Hochleistungssportlern | 25.000 ml/min | 80,0 % v. HZV | 1,0 ml/g/min | 30,0 kg |
| Haut | 400 ml/min | 8,0 % v. HZV | 0,1 ml/g/min | 4,0 kg |
| Leber | 1500 ml/min | 28,0 % v. HZV | 1 ml/g/min | 1,5 kg |
| Milz | k.A. | k.A. | 1 ml/g/min | 0,15–0,3 kg |

Schmidt, Lang, Heckmann, 2010; Behrends et al. 2012

Tab. 1.5.6 Der Sauerstoffverbrauch der Organe

Der normale Sauerstoffverbrauch eines Erwachsenen liegt in Ruhe bei ungefähr 150–300 ml/min. Bei kurzzeitigen Höchstleistungen kann der Wert auf fast 5 Liter pro Minute ansteigen.

Die arterio-venöse Differenz entspricht der unterschiedlichen Sauerstoffkonzentration im arteriellen und im venösen Blut eines Organs und ist somit ein Maß für die Menge an Sauerstoff, die das Organ pro ml Blut aufnimmt. Als Maß für die O_2 -Versorgungssituation eines Organs dient die O_2 -Utilisation, die das Verhältnis von O_2 -Verbrauch zu O_2 -Angebot darstellt.

| Organ | O_2 -Verbrauch | Art.-ven.- O_2 -Differenz | O_2 -Utilisation |
|----------------------|------------------|-----------------------------|--------------------|
| Gehirn | | | |
| Rinde | 3,5 ml/100 g/min | 0,07 ml O_2 /ml Blut | 35 % |
| Mark | 10 ml/100 g/min | 0,1 ml O_2 /ml Blut | 45 % |
| | 1 ml/100 g/min | 0,05 ml O_2 /ml Blut | 30 % |
| Herz | | | |
| in Ruhe | 10 ml/100 g/min | 0,13 ml O_2 /ml Blut | 60 % |
| bei maximaler Arbeit | 55 ml/100 g/min | 0,16 ml O_2 /ml Blut | – |
| Nieren | | | |
| Rinde | 8 ml/100 g/min | 0,02 ml O_2 /ml Blut | 8 % |
| äußeres Mark | 6,7 ml/100 g/min | – | 10 % |
| inneres Mark | 1,2 ml/100 g/min | – | 25 % |
| | 0,9 ml/100 g/min | – | 8 % |
| Skelettmuskel | | | |
| in Ruhe | 0,3 ml/100 g/min | 0,1 ml O_2 /ml Blut | 50 % |

| Organ | O ₂ -Verbrauch | Art.-ven.-O ₂ -Differenz | O ₂ -Utilisation |
|----------------------|---------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|
| bei maximaler Arbeit | 15 ml/100 g/min | 0,15 ml O ₂ /ml Blut | – |
| Haut | – | – | – |
| Leber | 5 ml/100 g/min | 0,05 ml O ₂ /ml Blut | 25 % |
| Milz | 1 ml/100 g/min | 0,01 ml O ₂ /ml Blut | 5 % |

Schmidt, Lang, Heckmann, 2010

Tab. 1.5.7 Die Kapillaren (Purves 2011, S. 1397 f)

Die Hauptaufgabe des Blutes ist die Versorgung der Gewebe mit Nährstoffen und Sauerstoff (O₂) sowie der Abtransport von Stoffwechselprodukten und Kohlenstoffdioxid (CO₂). Der Stoffaustausch wird in den Kapillaren vollzogen. Dabei sind in den einzelnen Regionen des Körpers unterschiedlich viele Kapillaren vorhanden. In Geweben mit hohem Sauerstoffbedarf befinden sich viele Kapillaren. Es gibt auch Körpergewebe ohne Kapillaren. So werden Gelenkknorpel oder Herzklappen ausschließlich durch Diffusion versorgt. Entsprechend gering ist der Stoffwechsel dieser Gewebe durch lange Diffusionswege und ihre Regenerationsfähigkeit ist eingeschränkt.

Angaben zu Anzahl und Anatomie der Kapillaren

| | |
|---|--------------------------|
| Geschätzte Gesamtzahl der Kapillaren im Körper | 30.000 Mio. |
| Gesamtzahl der durchströmten Kapillaren in Ruhe | 10.000 Mio. (ca. 30 %) |
| Mittlerer Durchmesser einer Kapillare | 7 µm |
| Zum Vergleich: Durchmesser rotes Blutkörperchen | 7,5 µm |
| Gesamtquerschnitt aller Kapillaren eines Menschen | 3000 cm ² |
| Austauschfläche aller Kapillaren eines Menschen | ca. 300 m ² |
| Gesamtvolumen aller Kapillaren eines Menschen | 60 cm ³ |
| Anzahl der Kapillaren pro Flächeneinheit: | |
| Phasische Skelettmuskulatur | 300–1000/mm ² |

Angaben zu Anzahl und Anatomie der Kapillaren

| | |
|---------------------------------|---------------------------|
| Tonische Skelettmuskulatur | 1000/mm ² |
| Gehirn, Nieren, Herzwand | 2500–4000/mm ² |
| Mittlere Länge einer Kapillare | 1 mm |
| Mittlere Dicke der Kapillarwand | 0,5 µm |

Schmidt Thews 1995; Schmidt, Lang, Heckmann, 2010

Tab. 1.5.8 Stoffaustausch durch Filtration und Reabsorption in den Kapillaren (Purves 2011, S. 1398f)

Der Hauptteil des Stoffaustausches zwischen Kapillarblut und Gewebe vollzieht sich durch die Diffusion, deren treibende Kraft der Konzentrationsunterschied der Stoffe im Blut und im Gewebe ist.

Zusätzlich werden auch über rein druckabhängige Filtration und Reabsorption Stoffe zwischen den Kapillaren und den Geweben ausgetauscht. Die Filtrationsrate an den Kapillaren hängt vom Gewebe ab: In der Skelettmuskulatur beispielsweise sind die Interzellulärspalten des Endothels deutlich kleiner als im Nieren- oder Lebergewebe. Zwischen der im arteriellen Kapillarschenkel filtrierten und der im venösen Kapillarschenkel sowie im Lymphsystem reabsorbierten Flüssigkeit entsteht unter physiologischen Bedingungen ein Fließgleichgewicht.

Druckverhältnisse im Kapillarbett

| Hydrostatischer Druck | |
|--|------------------|
| im arteriellen Schenkel der Kapillare | 30 mmHg |
| im venösen Schenkel der Kapillare | 20 mmHg |
| im Interstitium | 0 mmHg |
| Kolloidosmotischer Druck | |
| im Blut | 25 mmHg |
| im Interstitium | 8 mmHg |
| Effektiver Filtrationsdruck im arteriellen Schenkel der Kapillare | 13 mmHg |
| Effektiver Reabsorptionsdruck im venösen Schenkel der Kapillare | 7 mmHg |
| Stoffaustausch, Filtrations- und Reabsorptionsvolumen in den Kapillaren | |
| Kapillarer Wasseraustausch | |
| pro Minute | ca. 55 l/min |
| pro Tag | ca. 80.000 l/Tag |

| Kapillarer Glukoseaustausch | |
|---|---------------------|
| pro Minute | ca. 14 g/min |
| pro Tag | ca. 20.000 g/Tag |
| Verbrauch pro Tag | ca. 400 g |
| Anteil des Plasmas, das pro Zirkulationszyklus filtriert wird | 0,5% |
| Volumen, das pro Tag im ganzen Körper eines Erwachsenen filtriert wird | 20 Liter/Tag |
| Anteil der filtrierten Menge, die pro Tag wieder reabsorbiert wird | 90 % (18 Liter/Tag) |
| Anteil der filtrierten Menge, die pro Tag als Lymphe abtransportiert wird | 10 % (2 Liter/Tag) |
| Mittlere Strömungsgeschwindigkeit des Blutes in den Kapillaren | 0,2–1 mm/s |
| Zeitdauer, die ein rotes Blutkörperchen braucht, um durch eine Kapillare zu fließen | 0,5–5 s |

Hick 2006; Mörike, Betz, Mergenthaler 2007

Tab. 1.5.9 Porenweite der Kapillaren und Molekülradien

Die Wände der Kapillaren besitzen nur eine dünne, auf der Basalmembran liegende Endothellschicht. Die Zellen sind miteinander durch Kalziumproteinat verkittet. Weiße Blutkörperchen können Kapillarwände aktiv durchstoßen.

Die Porengröße der Kapillarwand ist entscheidend für den Austausch wasserlöslicher Stoffe zwischen dem Kapillarblut und den Geweben.

Porenweite der Kapillaren im Vergleich zu Molekülradien

| Anatomischer Porenradius | 15–20 nm |
|--|-----------|
| Tatsächlicher Porenradius des Passageweges | 4–5 nm |
| Anteil der Poren an der Oberfläche der Kapillaren | 0,1–0,3 % |
| Verhältnis von Molekülradius zu Porenradius, ab dem die Diffusion erheblich eingeschränkt wird | 1/10 |
| Molekülradien zum Vergleich | |
| Sauerstoff | 0,16 nm |
| Na^+ , Cl^- | 0,23 nm |
| Harnstoff | 0,26 nm |
| Glukose | 0,36 nm |

Porenweite der Kapillaren im Vergleich zu Molekülradien

| | |
|--------------------|----------|
| Insulin | 1,50 nm |
| Myoglobin | 1,90 nm |
| Albumin | 3,50 nm |
| γ -Globulin | 5,60 nm |
| Fibrinogen | 10,80 nm |

Hick 2006; Schmidt, Lang, Heckmann, 2010

Tab. 1.5.10 Veränderungen im Herzkreislaufsystem beim Übergang vom Liegen zum Stehen

Beim Übergang vom Liegen zum Stehen versacken beim Erwachsenen etwa 600 ml Blut in den Beinen. Dieser Volumenmangel wird durch Kompensationsmechanismen des Herz-Kreislauf-Systems ausgeglichen.

| Parameter | Veränderung |
|---|-------------------|
| Herzfrequenz | Zunahme um 30 % |
| Zentrales Blutvolumen | Abnahme um 400 ml |
| Blutvolumen in den Beinen | Zunahme um 600 ml |
| Zentraler Venendruck (im rechten Vorhof) | Abnahme um 3 mmHg |
| Schlagvolumen des Herzens | Abnahme um 40 % |
| Herzminutenvolumen (HMV) | Abnahme um 25 % |
| Diastolischer Blutdruck | Zunahme um 5 mmHg |
| Totaler peripherer Widerstand im Gefäßsystem | Zunahme um 30 % |
| Durchblutung in Abdomen, Niere und Extremitäten | Abnahme um 25 % |

Schmidt, Lang, Heckmann, 2010

Tab. 1.5.11 Einfluss des hydrostatischen Drucks im Stehen auf venöse und arterielle Druckwerte in Organen und Extremitäten

Die Blutdruckwerte des stehenden Menschen werden durch die Erdgravitation beeinflusst. So entsteht neben dem Blutdruck ein zusätzlicher hydrostatischer Druck durch das Gewicht der Blutsäule.

Aus diesem Grund sind die arteriellen und venösen Drücke im Fuß wesentlich höher als die im Kopf. Am hydrostatischen Indifferenzpunkt, der 5–10 cm unterhalb des Zwerchfells liegt, ändern sich die Blutdruckwerte beim Lagewechsel vom Liegen zum Stehen nicht.

| | Venendruck | Arterieller Druck |
|------------------------------------|------------|-------------------|
| Kopf (<i>Sinus sagittalis</i>) | −10 mmHg | +70 mmHg |
| Herz | 0 mmHg | +100 mmHg |
| Bauch | +11 mmHg | – |
| Bein (<i>A.-V.femoralis</i>) | +40 mmHg | – |
| Fuß (<i>A.-V.dorsalis pedis</i>) | +90 mmHg | +190 mmHg |
| Hand (herunterhängend) | +35 mmHg | – |
| Hand (hochgestreckt) | −30 mmHg | +5 mmHg |

Hick 2006; Schmidt, Lang, Heckmann, 2010

Tab. 1.5.12 Pulswellengeschwindigkeit im Blutgefäßsystem

Unter Pulswellengeschwindigkeit versteht man die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Pulswelle. Sie ist erheblich größer als die Strömungsgeschwindigkeit des Blutes in den entsprechenden Abschnitten des Gefäßsystems.

Eine höhere Pulswellengeschwindigkeit (kürzere Pulswellenlaufzeit) geht mit einer Erhöhung des Blutdrucks einher. Eine niedrigere Pulswellengeschwindigkeit wird von Blutdruckerniedrigung begleitet.

Pulswellengeschwindigkeit in verschiedenen Arterien

| | |
|---|-----------|
| Gesamte Aorta (Mittelwert) | 5–6 m/s |
| Aufsteigende Aorta (A. ascendens) | 4 m/s |
| Armerterien | 6 m/s |
| Unterschenkelarterien | 10 m/s |
| Lungenarterie | 1,5–2 m/s |
| Zeitdauer, die eine Pulswelle vom Herz bis zur Fußarterie braucht | ca. 0,2 s |
| Pulsdauer | |
| Systolischer Abschnitt | 0,2–0,3 s |
| Diastolischer Abschnitt | 0,5–0,7 s |

Keidel 1985

Tab. 1.5.13 Der fetale Blutkreislauf

Die Plazenta dient dem Fetus als „Darm“ (Nährstoffaufnahme), als „Niere“ (Ausscheidung von Abbauprodukten) und auch als „Lunge“ (O_2 -Aufnahme und CO_2 -Abgabe). Aus diesem Grund ist eine nennenswerte Durchblutung von Lunge und Leber im Fetus nicht erforderlich, was durch 3 Kurzschlüsse im fetalen Kreislauf erreicht wird:

- *Foramen ovale*: Das Blut fließt vom rechten Vorhof direkt zum linken Vorhof.
- *Ductus arteriosus* (Botalli): Das Blut fließt von der Lungenarterie in die Aorta.
- *Ductus venosus*: Blut der Nabelvene fließt an der Leber vorbei.

Abkürzung: KG = Körpergewicht

Besonderheiten beim fetalen Blutkreislauf und Veränderungen nach der Geburt

| Vitalparameter des Fetus kurz vor der Geburt | |
|---|---------------------|
| Herzfrequenz | 130–160 Schläge/min |
| mittlerer Blutdruck | 65 mmHg (8,7 kPa) |
| Herzzeitvolumen | 0,25 l/kg KG/min |
| Herzzeitvolumen (Körpergewicht von 3,5 kg) | 0,875 l/min |
| Verteilung des Herzzeitvolumens im Fetus | |
| Plazenta | 50 % |
| Lunge | 15 % |
| Körper | 35 % |
| Blatauswurf der rechten Herzkammer | |
| zur Lunge | 25 % |
| über <i>Ductus arteriosus</i> (Botali) zur Aorta | 75 % |
| Sauerstoffsättigung des Blutes (volle Sättigung = 100 %) | |
| Blut in der Plazenta | 80 % |
| Blut in der Nabelvene | 80 % |
| Blut in der unteren Hohlvene nach dem Zusammenfluss mit der Nabelvene | 67 % |
| Blut in der unteren Hohlvene vor dem Zusammenfluss mit der Nabelvene | 25 % |
| Blut in der Aorta | 60 % |
| Blut in der Lungenarterie | 52 % |

Besonderheiten beim fetalen Blutkreislauf und Veränderungen nach der Geburt

| Veränderungen des Kreislaufs nach der Geburt | |
|---|--------------------|
| Funktioneller Verschluss des <i>Ductus arteriosus</i> | Stunden bis Tage |
| Morphologischer Verschluss des <i>Ductus arteriosus</i> | Ende 1. Lebensjahr |
| Funktioneller Verschluss des <i>Ductus venosus</i> | nach 3 Stunden |
| Beginn des Verschlusses des <i>Foramen ovale</i> | nach 1 Stunde |
| Ende des Verschlusses des <i>Foramen ovale</i> | nach wenigen Tagen |
| Anteil der Menschen mit einem offenen <i>Foramen ovale</i> (für den Blutkreislauf meist unbedeutend) | 20–30 % |

Keidel 1985; Silbernagl 2012

1.6 Atmung (Purves 2011, S. 1354 ff), Grundumsatz und Energiestoffwechsel (Purves 2011, S. 1116 ff)

Die Lunge (Purves 2011, S. 1365 ff) ist neben dem Herz ein weiteres zentrales Organ des menschlichen Körpers. Durch die äußere Atmung wird Sauerstoff (O_2) in den Körper gebracht und Kohlenstoffdioxid (CO_2) aus ihm entfernt. Auf ihrem Weg durch Nase, Mund und Hals wird die eingeatmete Luft erwärmt, mechanisch gereinigt und angefeuchtet. Die Atemluft gelangt durch das Heben des Brustkorbs und/oder durch die Kontraktion des Zwerchfells in die Lungen. Die Lungen selbst werden lediglich durch einen dünnen Flüssigkeitsfilm im Pleuralspalt flexibel und beweglich am Thorax gehalten und sie folgen passiv dessen Bewegungen. In den Lungenbläschen findet der Gasaustausch statt.

Das Blut transportiert den Sauerstoff zu den Zellen, in denen bei der Zellatmung energiereiche Stoffe unter Sauerstoffverbrauch und ATP-Bildung abgebaut werden.

Tab. 1.6.1 Zahlen zum Staunen

Literatur siehe nachfolgende Tabellen

Ausgewählte Angaben zur Atmung aus den nachfolgenden Tabellen

| | |
|---|--------------------------|
| Luftmenge, die ein gesunder Erwachsener täglich ein- und ausatmet | mind. 10.000 l Luft |
| Gesamtventilation während einer Lebensdauer von 75 Jahren | ca. 285 Millionen l Luft |
| Atemgrenzwert (maximales ventilierbares Gasvolumen) | 120–170 l/min |

Ausgewählte Angaben zur Atmung aus den nachfolgenden Tabellen

| | |
|--|-------------------------|
| Sauerstoffaufnahme eines gesunden Erwachsenen (durchschnittlich) | 400–800 l/Tag |
| Kohlenstoffdioxidabgabe eines gesunden Erwachsenen (durchschnittlich) | 350–700 l/Tag |
| Anzahl der Lungenbläschen in der Lunge | |
| Mann (durchschnittlich) | 400 Millionen |
| Frau (durchschnittlich) | 320 Millionen |
| Innere Austauschfläche in der gesamten Lunge eines Erwachsenen | |
| durchschnittlich | 60–90 m ² |
| bei der Einatmung | 103–129 m ² |
| bei der Ausatmung | 40–50 m ² |
| Gesamtlänge aller Lungenkapillaren der Lunge eines Erwachsenen (nach Rucker) | ca. 13 km |
| Täglicher Blutdurchsatz durch die Lungen | 7000 Liter |
| Druckerhöhung auf einen Taucher pro 10 m Tauchtiefe | ca. 1 bar (100 kPa) |
| Außendruck in 40 m Wassertiefe | ca. 5 bar (3800 mmHg) |
| Luftdruck (Außendruck) auf dem Mount Everest | ca. 0,28 bar (210 mmHg) |
| Höhe, ab der Körperflüssigkeiten ohne Schutz anfangen würden zu sieden | 20.000 m |

Tab. 1.6.2 Die Lunge und die Luftröhre des Menschen

Die Werte sind, wenn nicht anders angegeben, Mittelwerte für einen männlichen Erwachsenen.

Anatomische und physiologische Werte zu den Lungen**Gewicht der Lunge nach dem Alter**

| | |
|--------------------------------------|------------|
| bei einem Kleinkind, 1 Jahr alt | ca. 170 g |
| bei einem Kind, 5 Jahre alt | ca. 300 g |
| bei einem Kind, 10 Jahre alt | ca. 450 g |
| bei einem Jugendlichen, 15 Jahre alt | ca. 700 g |
| bei einem Erwachsenen, 20 Jahre alt | ca. 1100 g |
| Länge eines Lungenflügels | ca. 25 cm |

| | |
|---|--|
| Zahl der Lungenlappen | links 2, rechts 3 |
| Zahl der Lungensegmente | links 9, rechts 10 |
| Volumen der Lungenflügel: links/rechts | 1400 cm ³ /1500 cm ³ |
| Zahl der Lungenbläschen beim Mann | ca. 400 Mio. |
| Zahl der Lungenbläschen bei der Frau | ca. 320 Mio. |
| Innere Austauschfläche (durchschnittlich) | 60–90 m ² |
| bei der Einatmung | 103–129 m ² |
| bei der Ausatmung | 40–50 m ² |
| Dicke des Hauptbronchus: links/rechts | 0,7 cm/0,9 cm |
| Länge des Hauptbronchus: links/rechts | 4,5 cm/3,0 cm |
| Innerer Durchmesser der Endbronchioli | 0,4 mm |
| Lichte Weite eines Lungenbläschens bei Einatmung | 0,1–0,2 mm |
| Lichte Weite eines Lungenbläschens bei Ausatmung | 0,5 mm |
| Flüssigkeit im Pleuraspalt | 5 ml |
| Gesamtlänge aller Lungenkapillaren (nach Rucker) | ca. 13 km |
| Durchlaufzeit eines Erythrozyten durch eine Lungenkapillare | 0,6–1,0 s |
| Blutvolumen in allen Gefäßen der Lunge | ca. 600 ml |
| Täglicher Blutdurchsatz durch die Lungen | 7000 Liter |
| Anatomische und physiologische Werte zur Luftröhre (Trachea) | |
| Länge der Luftröhre beim Erwachsenen | 10–12 cm |
| Innendurchmesser bei einer lebenden Person | 12 mm |
| Innendurchmesser nach dem Tode | 16 mm |
| Anzahl der Knorpelspangen | 16–20 |
| Längsdehnung bei tiefer Einatmung | |
| normale Kopfhaltung | 1,5 cm |
| zusätzlich Kopf in den Nacken | 2,5 cm |
| Bifurkationswinkel (zwischen den beiden Hauptbronchien) | |
| beim Kind | 70–80° |
| beim Erwachsenen | 55–65° |
| Geschwindigkeit des Partikeltransports durch das Flimmerepithel | 15 mm/min |

Keidel 1985; Mörike, Betz, Mergenthaler 2007; Schmidt, Lang, Heckmann 2010; Faller und Schünke 2012

Tab. 1.6.3 Aufzweigungsschritte des Atemwegssystems

In der Leitungszone kommt die Luftbewegung durch Konvektion zustande. Ab der Übergangszone nimmt die Diffusion eine immer wichtigere Stellung ein.

| Atemwegssystem | Aufteilungsschritte | Gesamtquerschnitt | Durchmesser in mm |
|--------------------------------|---------------------|------------------------|-------------------|
| Luftröhre | 0 | 6,3 cm ² | 12–15 |
| Hauptbronchien | 1 | – | 10 |
| Segmentbronchien | 3 | < 30 cm ² | – |
| Bronchioli | 4–15 | – | < 1 |
| <i>Bronchioli terminales</i> | 16 | 150 cm ² | 0,4 |
| <i>Bronchioli respiratorii</i> | 17–19 | – | 0,15–0,2 |
| Alveolen (Lungenbläschen) | 23 | 1 Mio. cm ² | 0,25 |

Schmidt und Thews 1995; Junqueira, Carneiro, Gratzl 2004; Schmidt, Lang, Heckmann 2010

Tab. 1.6.4 Atemfrequenz, Atemzugvolumen und Atemminutenvolumen in Abhängigkeit vom Alter und dem Geschlecht

Das Atemminutenvolumen errechnet sich aus dem Produkt von Atemzugvolumen und Atemfrequenz bei körperlicher Ruhe. Es nimmt bei steigender körperlicher Aktivität zu.

| Alter und Geschlecht | Atemfrequenz | Atemzugvolumen | Atemminutenvolumen |
|----------------------|--------------|----------------|--------------------|
| Neugeborene | 49,7 | 17,3 ml | 0,83 l/min |
| Säuglinge | 62,8 | 17,5 ml | 1,03 l/min |
| Kinder, 2–3 Jahre | 23,7 | 122,0 ml | 2,80 l/min |
| Kinder, 4–5 Jahre | 23,2 | 138,0 ml | 4,00 l/min |
| Kinder, 6–7 Jahre | 21,1 | 203,0 ml | 4,30 l/min |
| Knaben, 12 Jahre | 16,3 | 305,0 ml | 4,80 l/min |
| Mädchen, 12 Jahre | 16,1 | 289,0 ml | 4,50 l/min |
| Knaben, 14 Jahre | 17,0 | 316,0 ml | 5,30 l/min |

| Alter und Geschlecht | Atemfrequenz | Atemzugvolumen | Atemminutenvolumen |
|--|--------------|----------------|--------------------|
| Mädchen, 14 Jahre | 15,6 | 315,0 ml | 4,90 l/min |
| Knaben, 16 Jahre | 15,6 | 344,0 ml | 5,10 l/min |
| Mädchen, 16 Jahre | 15,2 | 282,0 ml | 4,20 l/min |
| Erwachsene, 20–39 Jahre | 17,2 | 494,2 ml | 8,50 l/min |
| Erwachsene, 40–59 Jahre | 16,9 | 562,1 ml | 9,50 l/min |
| Erwachsene, ab 60 Jahren | 16,3 | 644,1 ml | 10,50 l/min |
| Männer, ruhend | 11,7 | 630,0 ml | 7,40 l/min |
| Männer, leichte Arbeit | 17,1 | 1670,0 ml | 28,60 l/min |
| Männer, Schwerarbeit | 21,2 | 2030,0 ml | 43,00 l/min |
| Männer, hoch ausdauertrainiert (Durchschnitt N=56) | 70,0 | 4000,00 ml | <250 l/min |
| Frauen, ruhend | 11,7 | 390,0 ml | 4,60 l/min |
| Frauen, leichte Arbeit | 19,0 | 860,0 ml | 16,40 l/min |

Documenta Geigy 1975, 1977; Weineck 2009b

Tab. 1.6.5 Lungenvolumina und Ventilation

Gasvolumina werden bei Körpertemperatur, standardisiertem Luftdruck und Wasserdampfsättigung angegeben und sind Mittelwerte für einen gesunden jungen Mann mit $1,7 \text{ m}^2$ Körperoberfläche in körperlicher Ruhe.

Das Totraumvolumen ist die Luftmenge, die nicht aktiv am Gasaustausch beteiligt ist, also bei der Atmung im Raum zwischen Mund und Lungenbläschen stehen bleibt.

| Lungenvolumina | |
|--|---------|
| Totalkapazität | 6000 ml |
| Vitalkapazität (maximale Ausatmung nach maximaler Einatmung) | 4500 ml |

| | |
|--|---------------------|
| Residualvolumen (Restvolumen der Lunge nach maximaler Ausatmung) | 1500 ml |
| Atemzugvolumen (die bei normaler Atemtätigkeit bewegte Luftmenge) | 500 ml |
| Inspiratorisches Reservevolumen (zusätzliche maximale Einatmung nach normaler Einatmung) | 3000 ml |
| Exspiratorisches Reservevolumen (zusätzliche maximale Ausatmung nach normaler Ausatmung) | 1000 ml |
| Funktionelles Reservevolumen (Restvolumen der Lunge nach normaler Ausatmung) | 2500 ml |
| Totraumvolumen (hier findet kein Gasaustausch statt) | 150 ml |
| Totraumvolumen pro kg Körpergewicht | 2 ml/kg |
| Anteil des Totraumvolumens am Atemzugvolumen | ca. 30 % |
| Ventilation | |
| Atemminutenvolumen (Atemzugvolumen 0,5 l, Atemfrequenz 15/min) | 7500 ml/min |
| davon alveolare Ventilation | 5250 ml/min |
| davon Totraumventilation | 2225 ml/min |
| Atemgrenzwert (maximales ventilierbares Gasvolumen) | 120–170 ml/min |
| Ventilation | |
| beim Schlafen | ca. 5 l Luft/min |
| beim Liegen | ca. 8 l Luft/min |
| beim Spazierengehen | ca. 14 l Luft/min |
| bei längerem Radfahren | ca. 40 l Luft/min |
| beim Schwimmen | ca. 43 l Luft/min |
| beim Rudersport | ca. 140 l Luft/min |
| bei schnellstem Lauf | ca. 170 l Luft/min |
| Tägliche Ventilation der Lunge (\triangleq Lehrschwimmbecken 20×10 m) | mind. 10.000 l Luft |
| Gesamtventilation im Leben (\triangleq Ladevolumen mittelgroßer Öltanker) | ca. 285 Mio l Luft |

Hick 2006; Mörike, Betz, Mergenthaler 2007; Schmidt, Lang, Heckmann 2010; Faller und Schünke 2012

Tab. 1.6.6 Unterschiede der Vitalkapazität nach Geschlecht, Alter, Körperlänge und bei Sportlern

Die Vitalkapazität entspricht dem Volumen einer maximalen Ausatmung, wenn davor maximal eingeatmet wurde. Gemessen wird mit einem Spirometer. Das Ausatmen erfolgt dabei über ein Mundstück, die Nasenatmung sollte durch eine Nasenklemme verhindert werden.

Die Messgenauigkeit hängt neben physikalischen Faktoren, wie z.B. dem Luftdruck, sehr stark von dem Bemühen der Probanden ab und muss deshalb subjektiv gewertet werden.

Man unterscheidet die statische Vitalkapazität, die nur das Luftvolumen der Lunge selbst betrachtet, und die dynamische Vitalkapazität, die den Gasfluss bei Ein- und Ausatmung mit berücksichtigt.

Zu den statischen Kenngrößen zählen die exspiratorische und die inspiratorische Vitalkapazität. Zu den dynamischen Kenngrößen zählt die forcierte Vitalkapazität.

Die Werte beziehen sich auf Messungen mit Atemvolumengeräten von der Firma Aesculap. Bei den Durchschnittswerten der Sportler wurde von männlichen Erwachsenen mit 70 kg Körpermasse ausgegangen.

| Alter | Vitalkapazität bei Jungen | Vitalkapazität bei Mädchen |
|-------------|----------------------------|----------------------------|
| 9 Jahre | 1400 ml | 1400 ml |
| 10 Jahre | 1650 ml | 1500 ml |
| 11 Jahre | 1800 ml | 1600 ml |
| 12 Jahre | 1900 ml | 1750 ml |
| 13 Jahre | 2050 ml | 1900 ml |
| 14 Jahre | 2300 ml | 2100 ml |
| 15 Jahre | 2400 ml | 2200 ml |
| Körperlänge | Vitalkapazität bei Männern | Vitalkapazität bei Frauen |
| 150 cm | 2350 ml | 2200 ml |
| 155 cm | 2600 ml | 2400 ml |
| 160 cm | 2900 ml | 2600 ml |
| 165 cm | 3200 ml | 2800 ml |
| 170 cm | 3500 ml | 3000 ml |
| 175 cm | 3800 ml | 3200 ml |
| 180 cm | 4100 ml | 3400 ml |

| Sportart | Vitalkapazität bei männlichen Sportlern |
|----------------|---|
| Schwerathlet | 3950 ml |
| Fußballspieler | 4200 ml |
| Leichtathlet | 4750 ml |
| Boxer | 4800 ml |
| Schwimmer | 4900 ml |
| Ruderer | 5450 ml |

Mörike, Betz, Mergenthaler 2007

Tab. 1.6.7 Sauerstoffverbrauch und Gasaustausch (Purves 2011, S. 1371 ff)

Sauerstoff ist für den Menschen absolut lebensnotwendig. Ein Mangel an Sauerstoff (Hypoxie) führt zur Störung der Körperfunktion oder gar zum Tod. Ist die Versorgung von Zellen mit Sauerstoff unterbrochen (z. B. bei einem Herzstillstand) treten beispielsweise im Gehirn nach wenigen Minuten irreversible Schädigungen an Neuronen auf, die Funktionserhaltungszeit des Herzens beträgt unter Hypoxie (Sauerstoffmangelversorgung) noch etwa eine Minute. Die Atemgase werden entlang eines Konzentrations- bzw. Partialdruckgefälles durch Diffusion transportiert. Die Diffusionskapazität ist ein Maß für die Fähigkeit eines Atemgases, die alveokapilläre Membran (Blut-Luft-Schranke) zu passieren.

| Durchschnittlicher Sauerstoffverbrauch eines Erwachsenen | |
|--|------------------|
| In Ruhe | 150–300 ml/min |
| Bei leichter Arbeit (60 W) | 1000–1200 ml/min |
| Bei mittelschwerer Arbeit (120 W) | 1600–1950 ml/min |
| Bei schwerer Arbeit (180 W) | 2000–2600 ml/min |
| Bei kurzzeitigen Spitzenleistungen | |
| Anteil der Skelettmuskulatur | 3000–4900 ml/min |
| Anteil der Herzmuskulatur | 4500 ml/min |
| Anteil der Leber | 90 ml/min |
| Bei kurzzeitigen Spitzenleistungen von Spitzen-sportlern in Ausdauersportarten | 50 ml/min |
| | bis 7000 ml/min |

| Sauerstoffverbrauch pro kg Körpergewicht | |
|---|---|
| Frühgeborene | 2,6 ml/min |
| Neugeborene (bis 7. Tag) | 5,7 ml/min |
| Säugling, 3 Monate | 6,9 ml/min |
| Säugling, 6 Monate | 7,1 ml/min |
| Säugling, 12 Monate | 7,0 ml/min |
| Erwachsene | |
| in Ruhe | 3,4 ml/min |
| bei Schwerstarbeit | 70,0 ml/min |
| Angaben zum Gasaustausch | |
| Alveokapilläre Membran (Blut-Luft-Schranke) | |
| Dicke | 1 μ m |
| Kontaktzeit eines Erythrozyten | 0,7 s |
| Diffusionszeit für O_2 | 0,3 s |
| Verhältnis Ventilation zu Durchblutung in der Lunge | 0,8–1 |
| Sauerstoffaufnahme pro Tag | 400–800 l |
| Sauerstoffaufnahme pro Minute | 280 ml/min |
| Kohlenstoffdioxidabgabe pro Tag | 350–700 l |
| Kohlenstoffdioxidabgabe pro Minute | 230 ml/min |
| Respiratorischer Quotient V_{CO_2}/V_{O_2} | 0,82 |
| O_2 -Diffusionskapazität | 225 ml \cdot min $^{-1}$ \cdot kPa $^{-1}$ |
| CO_2 -Diffusionskapazität | 5100 ml \cdot min $^{-1}$ \cdot kPa $^{-1}$ |
| CO-Diffusionskapazität | 300 ml \cdot min $^{-1}$ \cdot kPa $^{-1}$ |

Flügel, Greil, Sommer 1986; Wieser 1986

Tab. 1.6.8 Zusammensetzung der Atemluft sowie Partialdrücke

In einem Gasgemisch addieren sich die Teil- oder Partialdrücke der einzelnen Gase immer zum Gesamtdruck (auf Meereshöhe: 760 mmHg bzw. 101,3 kPa). Die trockene Außenluft wird bei der Passage durch die Luftwege vollständig mit Wasser gesättigt.

| Atemgas | Anteile des Luftgemisches | Anteil am Gesamtvolumen | Partialdruck des Gases |
|------------------------|--|-------------------------|------------------------|
| Inspirationsluft | Sauerstoff (O ₂) | 20,9 Vol % | 150 mmHg (20 kPa) |
| | Kohlenstoffdioxid (CO ₂) | 0,03 Vol % | 0,23 mmHg (0,03 kPa) |
| | Stickstoff (N ₂) u. Edelgase | 79,1 Vol % | 601 mmHg (80,13 kPa) |
| Alveoläres Luftgemisch | Sauerstoff (O ₂) | 13,2 Vol % | 100 mmHg (13,33 kPa) |
| | Kohlenstoffdioxid (CO ₂) | 5,1 Vol % | 39 mmHg (5,2 kPa) |
| | Stickstoff (N ₂) u. Edelgase | 75,5 Vol % | 574 mmHg (76,5 kPa) |
| Expirationssluft | Wasserdampf | 6,2 Vol % | 47 mmHg (6,27 kPa) |
| | Sauerstoff (O ₂) | 15,1 Vol % | 115 mmHg (15,33 kPa) |
| | Kohlenstoffdioxid (CO ₂) | 4,3 Vol % | 33 mmHg (4,4 kPa) |
| | Stickstoff (N ₂) u. Edelgase | 74,4 Vol % | 565 mmHg (75,33 kPa) |
| | Wasserdampf | 6,2 Vol % | 47 mmHg (6,27 kPa) |

Schmidt, Lang, Heckmann 2010; Silbernagl 2012

Tab. 1.6.9 Atemgase im Blut und im Gewebe

In der Lunge findet ein vollständiger Partialdruckausgleich zwischen den Alveolen und dem Blut statt. Die Partialdrücke in den Alveolen und im arteriellen Blut sind nicht identisch, da sich das arterielle Blut schon in der Lunge mit etwas venösem und sauerstoffarmen Blut mischt.

| Atemgas | Anteile des Luftgemisches | Partialdruck des Atemgases |
|------------------|--|----------------------------|
| Arterielles Blut | Sauerstoff (O ₂) | 95 mmHg (12,66 kPa) |
| | Kohlenstoffdioxid (CO ₂) | 41 mmHg (5,47 kPa) |
| | Stickstoff (N ₂) u. Edelgase | 573 mmHg (76,4 kPa) |
| | Wasserdampf | 47 mmHg (6,27 kPa) |

| Atemgas | Anteile des Luftgemisches | Partialdruck des Atemgases |
|--------------|----------------------------------|----------------------------|
| Gewebe | Sauerstoff (O_2) | < 40 mmHg (< 5,33 kPa) |
| | Kohlenstoffdioxid (CO_2) | > 45 mmHg (> 6,0 kPa) |
| | Stickstoff (N_2) u. Edelgase | 573 mmHg (76,4 kPa) |
| | Wasserdampf | 47 mmHg (6,27 kPa) |
| Venöses Blut | Sauerstoff (O_2) | 40 mmHg (5,33 kPa) |
| | Kohlenstoffdioxid (CO_2) | 45 mmHg (6,0 kPa) |
| | Stickstoff (N_2) u. Edelgase | 573 mmHg (76,4 kPa) |
| | Wasserdampf | 47 mmHg (6,27 kPa) |

Schmidt, Lang, Heckmann 2010; Silbernagl 2012

Tab. 1.6.10 Partialdrücke der Atemgase im fetalen Blut

Die Plazenta erfüllt für den Fetus unter anderem die Funktion einer Lunge. Das arterielle Blut der Mutter gibt Sauerstoff an den fetalen Kreislauf ab und nimmt Kohlenstoffdioxid auf.

Die *Vena umbilicalis* bringt sauerstoffreiches Blut von der Plazenta zum Fetus. Die *Arteria umbilicalis* bringt sauerstoffarmes Blut vom Fetus zur Plazenta.

| Gefäße des Fetus und zum Vergleich von Jugendlichen | O_2 -Partialdruck in mmHg (kPa) | O_2 -Sättigung in % | CO_2 -Partialdruck in mmHg (kPa) | CO_2 -Gehalt/100 ml Blut in ml |
|---|-----------------------------------|-----------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| <i>Vena umbilicalis</i> | 25 (3,3) | 60 | 43 (5,7) | 40 |
| <i>Arteria umbilicalis</i> | 15 (2,0) | 25–30 | 55 (7,3) | 47 |
| Zum Vergleich: | | | | |
| arterielles Blut eines Jugendlichen | 95 (12,6) | 97 | 40 (5,3) | 48 |
| venöses Blut eines Jugendlichen | 40 (5,3) | 73 | 45 (6,0) | 52 |

Keidel 1985; Schmidt, Lang, Heckmann 2010

Tab. 1.6.11 Atembedingungen beim Tauchen

Beim Tauchen ist der normale Zugriff zur Atemluft versperrt. Darüber hinaus steigt der Außendruck mit zunehmender Tiefe unter Wasser erheblich an, so dass ab 1,12 m Tauchtiefe die Atemmuskulatur den Brustraum nicht mehr erweitern kann – daher kann nur noch mit Überdruckgeräten eingeaatmet werden.

Angaben zu Atembedingungen beim Tauchen und beim Schnorcheln

| | |
|--|------------------------|
| Erhöhung des Außendrucks pro 10 m Wassertiefe | ca. 100 kPa (760 mmHg) |
| Tauchtiefe, ab der sich das Lungenvolumen nicht mehr verkleinert | 30–40 m |
| Partialdruck des O₂, ab dem eine den Zellstoffwechsel schädigende Wirkung eintritt | 220 kPa |
| das entspricht einer Tauchtiefe | > 75 m |
| Narkotisierende Wirkungen des N₂ (Tiefenrausch) | |
| ab einem Partialdruck von | 500 kPa |
| das entspricht einer Tauchtiefe | > 40–60 m |
| Tauchen mit einem Schnorchel | |
| Maximales Volumen eines Schnorchels nach DIN-Norm | 134 ml |
| das entspricht einer Todraumvergrößerung auf | 284 ml |
| Maximale Schnorchellänge nach DIN-Norm | 20–30 cm |
| Zusätzlicher Kraftaufwand der Atemmuskulatur beim Schnorcheln an der Wasseroberfläche | 2,9 kPa |

Keidel 1985; Flügel, Greil, Sommer 1986; Schenck und Kolb 1990; Mörike, Betz, Mergenthaler 2007; Klingmann und Tetzlaff 2012

Tab. 1.6.12 Drücke und Lungenvolumen beim Tauchen

Bei den Werten handelt es sich um Durchschnittswerte eines Erwachsenen.

| Tauchtiefe | Umgebungsdruck | Lungenvolumen | O ₂ -Partialdruck |
|------------|-------------------|---------------|------------------------------|
| 0 m | 1 bar (760 mmHg) | 5,01 | 105 mmHg |
| 10 m | 2 bar (1520 mmHg) | 2,51 | 210 mmHg |
| 40 m | 5 bar (3800 mmHg) | 1,01 | 525 mmHg |

Schmidt, Lang, Heckmann 2010; Silbernagl 2012

Tab. 1.6.13 Atembedingungen in großer Höhe

Die O_2 -Partialdrücke in der Luft und in den Alveolen (Lungenbläschen) sind nicht identisch, da die Alveolarluft vollständig mit Wasserdampf gesättigt ist.

Bei normaler Atmung wäre die Hypoxieschwelle (alveolarer Sauerstoffpartialdruck <35 mmHg) bei 4000 m erreicht. Durch Steigerung des Atemzeitvolumens (Hyperventilation) können aber nach ausreichend Akklimatisationszeit Höhen bis 7000 m toleriert werden.

| | Luftdruck | O_2-Partialdruck in der Luft | O_2-Partialdruck in den Alveolen |
|--|---------------------|--|--|
| Meereshöhe | 760 mmHg (101 kPa) | 150 mmHg (20 kPa) | 100 mmHg (13,3 kPa) |
| 2000 m | 596 mmHg (79 kPa) | 125 mmHg (16,6 kPa) | 76 mmHg (10,1 kPa) |
| 3000 m | 523 mmHg (64 kPa) | 100 mmHg (13,3 kPa) | 67 mmHg (8,9 kPa) |
| 4000 m | 462 mmHg (61,4 kPa) | 97 mmHg (12,9 kPa) | 50 mmHg (6,6 kPa) |
| 5000 m | 404 mmHg (53,7 kPa) | 75 mmHg (10 kPa) | 46 mmHg (6,1 kPa) |
| 7000 m | 308 mmHg (41 kPa) | 55 mmHg (7,3 kPa) | 35 mmHg (4,7 kPa) |
| Mount Everest | 210 mmHg (27,9 kPa) | 44,1 mmHg (5,9 kPa) | 34 mmHg (4,5 kPa) |
| Hypoxieschwelle | | | 35 mmHg (4,7 kPa) |
| Auswirkungen großer Höhen auf den Menschen | | | |
| Kompensationszone (Körper kann akklimatisiert werden) | | | 3000–5000 m |
| Störungszone (Leistungsfähigkeit erheblich eingeschränkt) | | | 5000–7000 m |
| Höhentod | | | > 7000 m |
| Gewöhnung an große Höhen in Bergdörfern | | | |
| Lamakloster Rongbuk in Tibet | | | 5030 m |
| Bergarbeintersiedlung Auncanquilcha in Chile | | | 5240 m |
| Höhe, ab der die Körperflüssigkeiten ohne Schutz anfangen würden zu sieden | | | 20.000 m |

Thews, Mutschler, Vaupel 1999; Silbernagel 2012

Tab. 1.6.14 Das Atemgift Kohlenmonoxid (CO)

Kohlenmonoxid (CO) besitzt zu Hämoglobin eine 200–300-fach höhere Affinität als Sauerstoff (O_2). So reichen bei einem Sauerstoffgehalt der Luft von 21 Vol % schon 0,07 Vol % CO, um die Hälfte des Hämoglobins zu besetzen. Das gebildete CO-Hämoglobin steht für den Sauerstofftransport nicht mehr zu Verfügung, die CO-Häm-Bindung erhöht zudem die Affinität des bereits an das Häm gebundene O_2 . Die Folge ist ein Sauerstoffmangel in den Geweben.

Kohlenmonoxid kommt unter anderem in Erd- u. Grubengasen, in Auspuffgasen und bei unvollkommener Verbrennung von Kohle und Holz vor. In einer geschlossenen Garage können durch Autoabgase eine CO-Konzentration von 7,0 Vol % erreicht werden.

Der höchste gesetzlich zugelassene MAK-Wert für CO liegt bei 30 ppm (ml/m³).

| Anteil des CO an der Einatemuft | Anteil des CO-Hämoglobins am Gesamt-Hämoglobin | Symptomatik |
|--|--|---|
| Einatemuft (CO-Konzentration 0,003 Vol%) | 1 % | keine |
| Einatemuft bei Rauchern | 5–10 % | keine |
| Erhöhte CO-Konzentration | | |
| 0,01 Vol % | 10 % | Leichte Einschränkung der visuellen Wahrnehmung |
| 0,025 Vol % | 27 % | Bewusstseinseinschränkung |
| 0,05 Vol % | 42 % | Bewusstseinsschwund |
| 0,07 Vol % | 50 % | Tiefe Bewusstlosigkeit |
| 0,1 Vol % | 59 % | Tödlich in einer Stunde |
| 0,2 Vol % | 74 % | Tödlich in einigen Minuten |
| 0,3 Vol % | 81 % | Tödlich in einigen Minuten |
| 0,4 Vol % | 85 % | Tödlich in einigen Minuten |

Schmidt, Thews 1995; Gorman et al. 2003; Mörike, Betz, Mergenthaler 2007; Silbernagl 2012

Tab. 1.6.15 Das Kohlenstoffdioxid (CO_2) als Atemgift

Kohlendioxid ist ein farbloses, nicht brennbares Gas. Es besitzt eine höhere Dichte als Luft und kann deswegen z. B. in einem Keller einen CO_2 -See bilden.

Der MAK-Wert für CO_2 (höchste zugelassene Konzentration) liegt bei 5000 ppm (ml/m³).

| Beschreibung | Volumenanteile, Partialdruck |
|---|---|
| Normalventilation Einatemluft | 0,03 Vol % CO ₂ |
| Normalventilation Ausatemluft | 4,30 Vol % CO ₂ |
| Kopfschmerzen ab | ca. 8–10 Vol % CO ₂ in der Außenluft |
| Ohnmacht tritt ein bei | ca. 15 Vol % CO ₂ in der Außenluft |
| Tod tritt ein bei einer Konzentration von | ca. 20 Vol % CO ₂ in der Außenluft |
| Wirkung bei 8- bis 10-fach gesteigerter Ventilation | Erhöhung des Partialdrucks im Blut von 46 auf 70 mmHg |

Schmidt, Lang, Heckmann 2010; Pschyrembel 2014

Tab. 1.6.16 Grund-, Freizeit- und Arbeitsumsatz (Purves 2011, S. 1116 ff)

Der Grundumsatz ist die Energiemenge, die der Körper in nüchternem Zustand bei völliger Ruhe und einer Umgebungstemperatur von 20 Grad Celsius benötigt.

Abkürzung: KG = Körpergewicht

| Beschreibung | Mann | Frau |
|---|----------------|----------------|
| Grundumsatz | | |
| Energie pro kg Körpergewicht | 4,2 kJ/kg KG/h | 3,8 kJ/kg KG/h |
| Gesamtenergie pro Tag | 7100 kJ/Tag | 6300 kJ/Tag |
| Tagesleistung | 85 W | 76 W |
| Sauerstoffaufnahme | 145 ml/min | 215 ml/min |
| Freizeitumsatz | | |
| Gesamtenergie pro Tag | 9600 kJ/Tag | 8400 kJ/Tag |
| Tagesleistung | 115 W | 100 W |
| Sauerstoffaufnahme | 330 ml/min | 275 ml/min |
| Arbeitsumsatz (Werte addieren sich zum Freizeitumsatz) | | |
| Leichte Arbeit | +2000 kJ/Tag | +2000 kJ/Tag |
| Mäßige Arbeit | +4000 kJ/Tag | +4000 kJ/Tag |
| Mittelschwere Arbeit | +6000 kJ/Tag | +6000 kJ/Tag |
| Schwere Arbeit | +8000 kJ/Tag | +8000 kJ/Tag |
| Schwerarbeit | +10.000 kJ/Tag | +10.000 kJ/Tag |

| Beschreibung | Mann | Frau |
|---|---------------|---------------|
| Zulässige Höchstwerte für jahrelange berufliche Arbeit | | |
| Durchschnittliche Energie | 21.100 kJ/Tag | 15.500 kJ/Tag |
| Tagesleistung | 240 W | 186 W |
| Sauerstoffaufnahme | 690 ml/min | 535 ml/min |

Hick 2006; Schmidt, Lang, Heckmann 2010

Tab. 1.6.17 Äußere Einflüsse auf den Energieumsatz

Die Zunahme des Energieumsatzes bezieht sich auf den Ruheumsatz. Durch den dabei erhöhten Eiweißstoffwechsel nimmt die Stickstoffausscheidung im Urin zu.

| Zunahme in Prozent | | |
|--|---------------|------------------------------|
| Beschreibung | Energieumsatz | N ₂ -Ausscheidung |
| Nach mittelschwerem chirurgischen Eingriff | 24 % | 150 % |
| Nach schwerem Verkehrsunfall | 32 % | 275 % |
| Nach einer Schussverletzung | 37 % | 280 % |
| Bei einer Blutvergiftung | 79 % | 330 % |
| Nach großflächigen Verbrennungen | 132 % | 335 % |

Schmidt, Thews 1995; Schmidt, Lang, Heckmann 2010

Tab. 1.6.18 Anteile verschiedener Organe am Grundumsatz

Der Grundumsatz ist die Mindestmenge an Energie, die zur Aufrechterhaltung der normalen Körperfunktionen unter standardisierten Bedingungen notwendig ist.

Produziert die Schilddrüse zu wenig Hormone, sinkt der Grundumsatz. Die Folgen sind geistige und körperliche Teilnahmslosigkeit. Bei Schilddrüsenüberfunktion kann der Grundumsatz um bis zu 100 Prozent steigen.

Auf die Erhaltung des Zellstoffwechsels in den verschiedenen Organen entfällt etwa die Hälfte des gesamten Energieverbrauchs im menschlichen Körper (50–55%). Dabei entfällt unter anderem auf die Aufrechterhaltung des Membranpotentials durch die Na/K-ATPase

ein wesentlicher Anteil. Nach dem Essen ist der Energieverbrauch für die Verdauung um 6–8 % gesteigert.

Die Werte stellen Durchschnittswerte für den gesunden Erwachsenen in körperlicher Ruhe dar.

| Organ | Anteil am Grundumsatz in % | Sauerstoff- verbrauch des Organs ml · min ⁻¹ · kg ⁻¹ | Organmasse in kg | Anteil an der Körpermasse in % |
|------------------------|----------------------------------|---|---------------------|--------------------------------------|
| | | | | |
| Leber | 26,4 | 66 | 1,5 | 2,1 |
| Gehirn | | | | |
| beim Erwach- senen | 18,3 | 46 | 1,4 | 2,0 |
| im Alter von 4–5 J | 66 | | | |
| Herz | 9,2 | 23 | 0,3 | 0,4 |
| Nieren | 7,2 | 18 | 0,3 | 0,4 |
| Skelettmusku- latur | 25,6 | 64 | 27,8 | 39,7 |
| Übrige Organe | 13,3 | | 38,8 | 55,4 |

Schmidt, Thews 1995; Schmidt, Lang, Heckmann 2010, Pape, Kurtz, Silbernagl 2014

Tab. 1.6.19 Die Energievorräte im Körper

Die Werte beziehen sich auf einen Menschen mit 70 kg Körpergewicht. Der Energieverbrauch wird auf den Grundumsatz bezogen.

Angaben zu Energievorräten und zum täglichen Energieverbrauch

| Energievorrat | | |
|--|-------------|------------|
| Fettgewebe (Fettgehalt 6,4 kg) | 60.000 kcal | 252.000 kJ |
| Leber (als Glykogen gespei- chert) | 100 kcal | 418 kJ |
| Leber (als Fett gespeichert) | 750 kcal | 3140 kJ |
| Blutplasma (als Glukose gespeichert) | 8 kcal | 33 kJ |
| Blutplasma (als Fettsäuren gespeichert) | 3 kcal | 13 kJ |

Angaben zu Energievorräten und zum täglichen Energieverbrauch

| | | |
|---|-----------|---------|
| Blutplasma (als Triacylglyceride gespeichert) | 5 kcal | 22 kJ |
| Energieverbrauch pro Tag | | |
| Insgesamt | 2200 kcal | 9212 kJ |
| davon aus Fett | 1600 kcal | 6700 kJ |
| davon aus Glukose und Aminosäuren | 600 kcal | 2512 kJ |

Schenck und Kolb 1990

Tab. 1.6.20 Unterschiedliche Tätigkeiten und die dabei erbrachte Leistung

| Beschreibung der Tätigkeit | Erbrachte Leistung in Watt | Verhältnis Maximalleistung zu Ruheleistung |
|---|----------------------------|--|
| Bewegungsweisen | | |
| Schlafen | 55–83 | 0,88 |
| Liegen (Ruheumsatz) | 95 | 1,0 |
| Stehen | 140 | 1,5 |
| Gehen ($6 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$) | 208–483 | 5,1 |
| Treppensteigen | 700–983 | 10,3 |
| Sport und Freizeit | | |
| 100 m-Lauf (36 km/h) | 2070 | – |
| Marathonlauf (19,5 km/h) | 1180 | – |
| Fußballspielen | 790–1040 | – |
| Volleyballspielen | 380–640 | – |
| Radfahren ($20 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$) | 317–767 | 8,1 |
| Tennis | 483–700 | 7,4 |
| Skifahren | 700–1400 | 14,7 |
| Brustschwimmen (28 m/min) | 460 | – |
| Brustschwimmen in Kleidern (28 m/min) | 730 | – |
| Tanzen (Wiener Walzer) | 355 | – |

| Beschreibung der Tätigkeit | Erbrachte Leistung in Watt | Verhältnis Maximalleistung zu Ruheleistung |
|---|----------------------------|--|
| Familie und Haushalt | | |
| Spielen mit Kindern | 250–700 | 7,4 |
| Wäschewaschen | 140–350 | 3,7 |
| Bügeln | 283 | 3,0 |
| Schuhe putzen | 95–208 | 2,2 |
| Beruf | | |
| Betätigung von Maschinen | 140–417 | 4,4 |
| Schwere manuelle Arbeiten wie Schaufeln, Bohren, Mähen, Pflügen | 350–767 | 8,1 |
| Bäume sägen | 600–900 | 9,5 |
| Bäume fällen | 483–1400 | 14,5 |

Wieser 1986; Schmidt, Lang, Heckmann 2010

1.7 Verdauung und Verdauungsorgane (Purves 2011, S. 1410 ff)

Die Verdauung ist der Prozess, bei dem komplexe Moleküle in resorbierbare Bausteine zerlegt werden. So wird aufgenommene Nahrung durch ein komplexes Zusammenwirken physikalischer, chemischer und enzymatischer Prozesse zerlegt und vom Körper aufgenommen.

Tab. 1.7.1 Zahlen zum Staunen

Literatur siehe nachfolgende Tabellen

Ausgewählte Angaben aus den nachfolgenden Tabellen

| | |
|--|-----------------|
| Anteil der Neugeborenen, die schon Zähne haben | 0,05 % |
| Größte Zahl an Milchzähnen, die bei einem Neugeborenen je gezählt wurde (geb. 11.3.1961) | 9 |
| Durchbruchstermin des ersten Zahnes beim Milchgebiss (ein Schneidezahn) | mit 6–8 Monaten |
| Durchbruchstermin des ersten Zahnes beim bleibenden Gebiss (ein Mahlzahn) | mit 6–7 Jahren |

Ausgewählte Angaben aus den nachfolgenden Tabellen

| | |
|---|--------------------------------------|
| Maximale Kaukraft eines Mahlzahnes | 1900 N |
| Größte Masse, die je mit Zähnen 17 cm hochgehoben wurde | 281,5 kg |
| Erste Anfertigung von Zahnpfosten (Brücken) durch die Etrusker | 700 Jahre v. Chr. |
| Speichelproduktion pro Tag bei normaler Ernährung | 500–1500 ml/Tag |
| Anzahl der Schluckvorgänge bei einem Menschen pro Tag (Durchschnitt) | ca. 600 |
| Anzahl der abgestoßenen Schleimhautzellen im Magen eines Erwachsenen | ca. 500.000/min |
| Zeitdauer, in der das Dünndarmepithel durch Neubildung vollständig ersetzt wird (Mauerungszeit) | ca. alle 2 Tage |
| Masse der abgestoßenen Zellen im Dünndarm eines Erwachsenen pro Tag | 250 g |
| Anzahl der Bakterien pro ml Speisebrei | |
| im Zwölffingerdarm (<i>Duodenum</i>) | 10–10 ⁵ |
| im Krummdarm (<i>Jejunum</i>) | ca. 10 ⁵ –10 ⁶ |
| im Dickdarm (<i>Colon</i>) | 10 ¹¹ –10 ¹² |
| Fortbewegung des Darminhaltes | |
| im Dünndarm | 1–4 cm/min |
| im Dickdarm | 0,04–0,6 cm/min |
| Innere Austauschfläche des Dünndarms | 200 m ² |
| Darmgasvolumen, das durch das Rektum ausgeschieden wird | |
| Durchschnitt beim Erwachsenen | ca. 600 ml/Tag |
| <i>Anzahl der Einzelabgaben</i> | 15 pro Tag |
| <i>Volumen einer Einzelportion</i> | 40 ml |

Tab. 1.7.2 Kohlenhydrate und ihre Verdauung

Die Grundeinheiten der Kohlenhydrate (Purves 2011, S. 65 ff) sind die Einfachzucker wie Traubenzucker (Glukose), Fruchtzucker (Fruktose) und Schleimzucker (Galaktose und Ribose). Wichtige Zweifachzucker sind der Rohrzucker (Saccharose = Glukose + Fruktose) und der Milchzucker (Laktose = Glukose + Galaktose).

Die Vielfachzucker (Polysaccharide) setzen sich aus langen Ketten von Einfachzuckern zusammen. Die räumliche Anordnung der Polysaccharidketten ist sehr unterschiedlich: Stärke beispielsweise ist ein netzartig-locker organisiertes Molekül während die Polysaccharide in der Zellulose parallel angeordnet und dicht gepackt sind, weshalb Enzyme hier

nur schlecht angreifen können. Das wichtigste Polysaccharid im menschlichen Körper ist das Glykogen, das aus vielfach verzweigten Ketten von Glukose besteht.

Zufuhr und Verdauung von Kohlenhydraten in der Nahrung sowie Vorratsbildung

| | |
|--|-----------------|
| Empfohlene tägliche Zufuhr pro kg Körpergewicht eines Erwachsenen | 5–6 g |
| Empfohlene Zufuhr für einen 70 kg schweren, erwachsenen Mann | 350–420 g/Tag |
| Minimale tägliche Zufuhr pro kg Körpergewicht eines Erwachsenen | 2–3 g |
| Deckung des Energiebedarfes durch Kohlenhydrate bei leichter Arbeit | 50 % |
| Glykogenvorräte des Körpers | ca. 350 g |
| Glukosebedarf des Gehirns | 100 g/Tag |
| Empfohlener Kohlenhydratanteil an der gesamten Energiezufuhr (Nahrung) | 50–55 % |
| Kohlenhydrate in der Nahrung | |
| Stärke | 60 % |
| Rohrzucker (Saccharose) | 30 % |
| Milchzucker (Laktose) | 8 % |
| Glykogen | 1 % |
| Traubenzucker (Glukose) | geringe Anteile |
| Fruchtzucker (Fruktose) | geringe Anteile |
| Verdauung und Resorption | |
| Anteil der Speichelamylase bei der Spaltung von Stärke | 50 % |
| Maximale Resorption von Einfachzuckern im oberen Dünndarm | 120 g/h |

Hick 2006; Schmidt, Lang, Heckmann 2010

Tab. 1.7.3 Eiweiße und ihre Verdauung

Eiweiße (Proteine, Purves 2011, S. 50 ff) stellen in den meisten menschlichen Zellen den Hauptanteil der Trockensubstanz. Alle Proteine sind aus 20 Aminosäuren aufgebaut, die in unterschiedlicher Anzahl und Reihenfolge die unvorstellbare Formenmannigfaltigkeit der extrem unterschiedlichen Proteine bewirken. Das Gemeinsame aller Aminosäuren ist eine Carboxylgruppe mit einer benachbarten Aminogruppe. Durch Peptidbindungen können Di-, Oligo- und Polypeptide entstehen.

Die Proteinverdauung beginnt im sauren Milieu des Magens (Purves 2011, S. 1426 ff). Die Salzsäure des Magensaftes (pH 2–4) aktiviert das inaktive Pepsinogen zum aktiven Verdauungsenzym Pepsin.

Im Dünndarm wird der Nahrungsbrei durch das Sekret der Bauchspeicheldrüse auf neutrale bis leicht alkalische Werte eingestellt. Die im Magen entstandenen Polypeptide (hochmolekular) bzw. Oligopeptide (niedermolekular) werden dort durch die Enzyme Trypsin und Chymotrypsin weiter hydrolytisch gespalten. Im Bürstensaum der Darmschleimhaut werden die Di- und Tripeptide in freie Aminosäuren zerlegt. Diese werden resorbiert und gelangen im Blut über die Pfortader zur Leber.

Die biologische Wertigkeit eines Nahrungsproteins hat den Wert 100, wenn aus 100 g Nahrungsprotein die gleiche Menge körpereigenes Eiweiß aufgebaut werden kann.

Zufuhr und Verdauung von Eiweißen sowie Nahrungsproteine

| Empfohlene tägliche Zufuhr pro kg Körpergewicht | |
|---|-----------|
| Erwachsener | 0,8–0,9 g |
| Kleinkind | 2,0–2,4 g |
| Schulkind, Schwangere, Stillende, Arbeiter | 1,2–2 g |
| Minimale tägliche Zufuhr pro kg Körpergewicht eines Erwachsenen | 0,5 g |
| Eiweißvorräte des Körpers | 45 g |
| Eiweißmasse des Körpers insgesamt | 10 kg |
| Anteil der Eiweiße bei der Deckung des Energiebedarfes bei leichter Arbeit | 10–15 % |
| Herkunft der Eiweiße im Darm | |
| aus der Nahrung | 50 % |
| aus körpereigenen Sekreten und Darmzellen | 50 % |
| Verdauung und Resorption der Eiweiße | |
| Anteil des Nahrungseiweißes, das durch Pepsin gespalten wird | 15 % |
| Zeitdauer bis zur Bildung von Peptidasen der Bauchspeicheldrüse nach dem Essen | 10–20 min |
| Anteil der Spaltprodukte der Nahrungseiweiße | |
| Resorption im Zwölffingerdarm (Duodenum) | 50–60 % |
| Resorption bis zum Krummdarm (Ileum) | 80–90 % |
| Reste von unverdaulchem Eiweiß im Dickdarm, die überwiegend von Bakterien abgebaut werden | ca. 10 % |
| Nahrungsproteine (Purves 2011, S. 1415) | |
| Durchschnittlicher Anteil essentieller Aminosäuren an den Nahrungsproteinen | 40 % |
| Biologische Wertigkeit pflanzlicher Proteine | 70–80 |
| <i>Soja</i> | 84–86 |
| <i>Reis</i> | 82 |

Zufuhr und Verdauung von Eiweißen sowie Nahrungsproteine

| | |
|--|---------|
| <i>Bohnen (52 %) + Mais (48 %)</i> | 101 |
| Biologische Wertigkeit tierischer Proteine | 80–100 |
| <i>Molkenprotein</i> | 104–110 |
| <i>Vollei (Referenzwert)</i> | 100 |
| <i>Geflügel</i> | 70 |
| <i>Vollei (36 %) + Kartoffel (64 %)</i> | 137 |

Hick 2006; Biesalski, Bischoff, Puchstein 2010; Schmidt, Lang, Heckmann 2010

Tab. 1.7.4 Fette und ihre Verdauung

Fette (Purves 2011, S. 70 ff) sind in Wasser nicht oder nur sehr schwer löslich. Als Depotfette können sie bei Bedarf zur Energiegewinnung abgebaut werden. Fettgewebe eignen sich auch sehr gut zur Wärmeisolation und um darin empfindliche Organe wie z. B. die Nieren zu lagern. Chemisch gesehen sind Fette Ester der Fettsäuren mit dem Alkohol Glycerin.

Im Magen und im Darm werden die Fette emulgiert und durch Lipasen unter Mithilfe der Gallensäuren zu freien Fettsäuren abgebaut, die dann resorbiert werden können. Bei einer Störung der Fettverdauung ist auch die Resorption anderer fettlöslicher Stoffe, wie z. B. der fettlöslichen Vitamine, eingeschränkt. Abkürzung: KG = Körpergewicht

Zufuhr und Verdauung von Fetten sowie Fettausscheidung im Stuhl

| | |
|---|------------|
| Empfohlene Fettaufnahme bei leichter Arbeit | 1 g/kg/Tag |
| Durchschnittliche Fettaufnahme eines Erwachsenen pro Tag | 60–80 g |
| Empfohlener Fettanteil der Nahrung | 25–30 % |
| Anteil des Fettes bei der Deckung des Energiebedarfes bei leichter Arbeit | 40 % |

Mittlere Zusammensetzung der Nahrungsfette

| | |
|--|------|
| Triacylglycerole (Triglyceride, Neutralfette) | 90 % |
| Phospholipide (Lezithin), Cholesterolester, fettlösliche Vitamine | 10 % |
| Empfohlener Anteil mehrfach ungesättigter Fettsäuren an den aufgenommenen Nahrungsfetten | 30 % |

Cholesterinneugewinn

| | |
|--------------------------|---------------|
| durchschnittlich | 0,9–2 g/Tag |
| Aufnahme mit der Nahrung | 0,5–0,8 g/Tag |
| Eigensynthese im Körper | 0,4–1,2 g/Tag |

Zufuhr und Verdauung von Fetten sowie Fettausscheidung im Stuhl

| Verdauung und Resorption von Fetten | |
|---|-------------------------|
| Fettresorption | |
| bei ausreichender Menge an Gallensäure | 97 % der Nahrungsfasste |
| ohne Gallensäure | 50 % der Nahrungsfasste |
| Anteil der Fette, die im Magen gespalten werden | 10–30 % |
| Anteil der Fette, die im Zwölffingerdarm (Duodenum) und Leerdarm (Jejunum) gespalten werden | 70–90 % |
| Anteil der Fettspaltprodukte, die im Anfangsteil des Leerdarms (<i>Jejunum</i>) resorbiert sind | 95 % |
| Durchmesser der Emulsionströpfchen (entstehen vor allem durch die Magenmotorik) | 0,5–1,5 µm |
| Durchmesser der Mizellen (entstehen mit Hilfe der Gallensalze) | 3–6 nm |
| Fettausscheidung im Stuhl | |
| Fettmenge im Stuhl bei normaler Kost | 5–7 g/Tag |
| Fettmenge im Stuhl bei fettfreier Diät (durch Darmzellen und Bakterien) | 3 g/Tag |

Schmidt und Thews 1995; Hick 2006; Silbernagl 2012; DGE 2013

Tab. 1.7.5 Flüssigkeitsbilanz (Purves 2011, S. 1452 ff) und Verweildauer des Speisebreis im Magen-Darm-Kanal

| Beteiligte Organe Sekrete und Substanzen | Einstrom in das Darmlumen in Liter/24 h | Ausstrom aus dem Darmlumen in Liter/24 h | Verweildauer |
|---|---|--|-----------------|
| Mund (Nahrung und Trinken) | 1,5 l | – | wenige Sekunden |
| Speicheldrüsen | 1,0 l | – | – |
| Magen | 1,5 l | – | 1–5 Stunden |
| Galle | 0,6 l | – | – |
| Bauchspeicheldrüse | 1,4 l | – | – |
| Dünndarm | – | – | 2–4 Stunden |
| Zwölffingerdarm | 0,2 l | – | – |

| Beteiligte Organe Sekrete und Substanzen | Einstrom in das Darmlumen in Liter/24 h | Ausstrom aus dem Darmlumen in Liter/24 h | Verweildauer |
|---|---|--|-----------------|
| Leerdarm | 2,01 | 5,01 | – |
| Krummdarm | 0,61 | 2,91 | – |
| Dickdarm | 0,21 | 1,01 | 5–70 Stunden |
| Mastdarm | – | – | wenige Sekunden |
| After | – | 0,11 | – |
| Gesamtbilanz von Ein- und Ausstrom | 9,01 | 9,01 | – |

Schenck und Kolb 1990; Hick 2006; Tortora und Derrickson 2006; Schmidt, Lang, Heckmann 2010

Tab. 1.7.6 Resorption im Magen-Darm-Kanal

Die Resorptionskapazität ist auf den ganzen Magen-Darm-Kanal bezogen.

Resorption von Stoffen im Magen-Darm-Kanal

| Stoff | Magen | Zwölffingerdarm | Leerdarm | Krummdarm |
|--|---------|-------------------------|--------------------------|--|
| Fett | – | + | +++ | Reserve |
| Eiweiß | – | + | +++ | Reserve |
| Kohlenhydrate | Reserve | + | +++ | + |
| Sonstiges | – | Eisen Kalzium | Folsäure Vit. E,D,K,A | Vit. B ₁₂ Gallensäure Kalzium |
| Maximale Resorptionskapazität in g/Tag | | | | |
| Wasser | 18.000 | Cholesterin | | 4 |
| Glukose | 3600 | Eisen | | 0,012 |
| Aminosäuren | 600 | Vitamin B ₁₂ | | 0,000.001 |

Schenck und Kolb 1990; Hick 2006; Schmidt, Lang, Heckmann 2010

Tab. 1.7.7 Das Milchgebiss

Für die physikalische Zerkleinerung der Nahrung ist das Gebiss zuständig. Die Zahnentwicklung beginnt bereits während der Embryonalentwicklung. Die Durchbruchszeiten einzelner Milchzähne können individuell sehr verschieden sein. Für Milchzähne werden als Abkürzungen kleine Buchstaben genommen (vergleiche mit Tab. 1.7.8).

Die Milchzähne fallen zwischen dem 6. und 12. Lebensjahr wieder aus.

| Anzahl und Ausbildung der Milchzähne | |
|--|-------------------|
| Anzahl der Zähne im Milchgebiss | 20 |
| Milchschnidezähne | 8 |
| Milcheckzähne | 4 |
| Milchbackenzähne (Milchmolare) | 8 |
| Beginn der Zahnentwicklung | 2. Embryonalmonat |
| Abschluss der Milchgebissausbildung | ca. 2. Lebensjahr |
| Anteil der Neugeborenen mit Zähnen | 0,05 % |
| Größte Anzahl an Milchzähnen bei einem Neugeborenen (geb. 11.3.1961) | 9 |
| Durchbruchszeiten der Milchzähne im Alter von Monaten | |
| Erster Schneidezahn (<i>Dentes incisivi</i> = i): i1 | 6–8 Monate |
| Zweiter Schneidezahn (<i>Dentes incisivi</i> = i): i2 | 8–12 Monate |
| Eckzahn (<i>Dentes canini</i> = c): c | 16–20 Monate |
| Erster Milchbackenzahn (Milchmolarer: m1) | 12–16 Monate |
| Zweiter Milchbackenzahn (Milchmolarer: m2) | 20–24 Monate |
| Zahnformel einer linken Kieferhälfte | ii c mm |

Guinness Buch der Rekorde 1995, 2006, 2015; Faller und Schünke 2012

Tab. 1.7.8 Das Dauergebiss (Purves 2011, S. 1420)

Die Durchbruchszeiten der einzelnen Zähne können individuell sehr verschieden sein. Vor allem bei den späteren Zähnen können die Unterschiede Monate bis Jahre betragen.

| Anzahl der Zähne im Dauergebiss und Zahnformel | |
|---|---------------------------|
| Anzahl der Zähne im Dauergebiss | 28–32 |
| Schneidezähne (<i>Dentes incisivi</i> = I) | 8 |
| Eckzähne (<i>Dentes canini</i> = C) | 4 |
| Backenzähne (<i>Dentes prämolares</i> = P) | 8 |
| Mahlzähne (<i>Dentes molares</i> = M) | 8–12 |
| Zahnformel einer linken Kieferhälft | II C PP MMM |
| Durchbruchszeiten beim Dauergebiss im Alter von Jahren | |
| Erster Mahlzahn (M 1) | 6–7 Jahre |
| Mittlerer Schneidezahn (I 1) | 7–8 Jahre |
| Seitlicher Schneidezahn (I 2) | 8–9 Jahre |
| Erster Backenzahn (P 1) | 9–11 Jahre |
| Zweiter Backenzahn (P 2) | 11–13 Jahre |
| Eckzahn (C) | 11–13 Jahre |
| Zweiter Mahlzahn (M 2) | 12–14 Jahre |
| Dritter Mahlzahn (Weisheitszahn, M 3) | 17–40 Jahre (oder nie) |
| Kaukraft, Zahnhöcker, Zahnwurzeln und Extremwerte | |
| Maximale Kaukraft eines Mahlzahnes | 1900 N |
| Zahl der Höcker | |
| Backenzähne | 2 |
| Mahlzähne | 3 |
| Zahl der Wurzeln | |
| Mahlzähne im Oberkiefer | 3 |
| Mahlzähne im Unterkiefer | 2 |
| Größte Masse, die je mit Zähnen 17 cm hochgehoben wurde | 281,5 kg |
| Erste Anfertigung von Zahnlprothesen (Brücken) durch die Etrusker | 700 Jahre v. Chr. |

Schenck und Kolb 1990; McCutcheon 1991; Guinness Buch der Rekorde 1995, 2006, 2015; Schiebler, Schmidt, Zilles 2005; Faller und Schünke 2012

Tab. 1.7.9 Zusammensetzung eines Zahnes

Der Kern eines Zahnes besteht aus Zahnbein (Dentin), das die Zahnpulpa umschließt. Das Zahnbein wird in der Zahnrinne vom Zahnschmelz, in der Zahnwurzel vom Wurzelzement umgeben.

| Bestandteile | Schmelz in % | Zahnbein in % | Zement in % |
|--------------------------------|--------------|---------------|-------------|
| Wasser | 2,3 | 13,5 | 32,0 |
| Mineralstoffe | 96,0 | 69,0 | 46,0 |
| Organische Verbindungen | 1,7 | 17,5 | 22,0 |
| Bezogen auf 100 g Asche | | | |
| Kalzium | 36,1 | 35,3 | 35,5 |
| Magnesium | 0,5 | 1,2 | 0,9 |
| Phosphor | 17,3 | 17,1 | 17,1 |
| Fluorid | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| Chlorid | 0,3 | – | 0,1 |

Schenck und Kolb 1990

Tab. 1.7.10 Speichel, Speicheldrüsen und Speichelproduktion

Der Speichel schützt die Mundschleimhaut und den Zahnschmelz. Er ist Lösungsmittel für die Geschmacksstoffe, die nur in gelöster Form die Geschmacksknospen erreichen können. Der Speichel leitet den Beginn der enzymatischen Verdauung von Kohlenhydraten im Mund ein.

| Anteil der Speicheldrüsen an der Gesamt-speichelsekretion | | |
|---|------------------|----------|
| Ohrspeicheldrüse (Lebensleistung ca. 25.000 Liter) | Ruhesekretion | ca. 25 % |
| | nach Stimulation | ca. 34 % |
| Unterkieferspeicheldrüse | Ruhesekretion | ca. 70 % |
| | nach Stimulation | ca. 63 % |
| Unterzungenspeicheldrüse | Ruhesekretion | ca. 5 % |
| | nach Stimulation | ca. 3 % |

| | |
|--|------------------------------------|
| Menge und Fließrate der Speichelsekretion | |
| Geschätzte Speichelmenge bei normaler Ernährung | 500–1500 ml/Tag |
| Maximale Speichelsekretion beim Kauen von Paraffinwachs | 250 ml/h |
| Unstimulierte Speichelsekretion (zum Feuchthalten der Mundhöhle ohne Nahrungsaufnahme) | ca. 20 ml/h |
| Zum Vergleich: Speichelsekretion eines Rindes bei Fütterung mit Heu | 150–190 l/Tag |
| Stimulation des Speichelflusses durch Speisen | |
| Wasser | 0 ml/Minute |
| Fleisch | 1,1 ml/Minute |
| Weiβbrot | 2,2 ml/Minute |
| Zwieback | 3,4 ml/Minute |
| Suppenwürfel | 4,4 ml/Minute |
| Salzsäure (0,5 %) | über 4,4 ml/Minute |
| Zusammensetzung des Speichels | |
| Wassergehalt | 994 g/l = 99,4 % |
| Trockensubstanz | |
| davon gelöst | 6 g/l = 0,6 % |
| davon suspendiert | 80 % |
| Dichte | 20 % |
| 1,01–1,02 g/ml | |
| pH-Wert bei Ruhesekretion | |
| nach Stimulation | 5,5–6,5 |
| | 7,7 |
| Osmolalität bei einem Speichelfluss von 1 ml/min | |
| bei einem Speichelfluss von 4 ml/min | ca. 90 mosmol/kg H ₂ O |
| Amylase im Gesamtspeichel | ca. 270 mosmol/kg H ₂ O |
| Menschen mit Antigenen des AB0-Systems im Speichel | 0,3 g/l |
| | ca. 80 % |

Documenta Geigy 1975, 1977; Schmidt, Lang, Heckmann 2010

Tab. 1.7.11 Die Speiseröhre und der Schluckvorgang

Die Speiseröhre ist ein elastisches Muskelrohr, das den Nahrungsbrei aktiv vom Schlund zum Magen befördert. Beim Schlucken, das aus einer willkürlichen oralen sowie einer reflektorischen Phase besteht, wird der Bissen durch peristaltische Kontraktionswellen der Speiseröhre in den Magen befördert.

Angaben zur Anatomie und Physiologie der Speiseröhre

| | |
|--|-------------|
| Länge der Speiseröhre (Ösophagus) | 25–30 cm |
| Länge nach Abtrennung vom Magen beim Lebenden | 10 cm |
| Lichte Weite an der engsten Stelle | 1,5 cm |
| Maximale Dehnung an nicht verengten Stellen | 3,0 cm |
| Geschwindigkeit der peristaltischen Wellen | 2–4 cm/s |
| Zeit für den Durchlauf einer peristaltischen Welle | ca. 9 s |
| Länge des kontrahierten Abschnitts während der Peristaltik | 4–8 cm |
| Verschlussdruck des oberen Ösophagusverschlusses | 50–100 mmHg |
| Verschlussdruck des unteren Ösophagusverschlusses | 15–25 mmHg |
| pH-Wert des Magenrückflusses, der Sodbrennen verursacht | <4 |

Der Schluckvorgang

| | |
|---|---------------|
| Optimale Kauzeit vor dem Schlucken | 30 s |
| Zahl der beteiligten Muskeln im Rachenbereich | >20 |
| Druck der Rachenmuskulatur und der Zunge auf den Bissen | 0,53–1,33 kPa |

Transportzeit durch die Speiseröhre

| | |
|-----------------|--------|
| Flüssigkeiten | 1 s |
| breiiger Inhalt | 5 s |
| feste Partikel | 9–10 s |

Abläufe nach dem Beginn des Schluckens

| | |
|--|-----------|
| Öffnung des oberen Ösophagusverschlusses nach | 0,2–0,3 s |
| Verschluss des oberen Ösophagusverschlusses nach | 0,7–1,2 s |
| Druck der peristaltischen Welle im unteren Bereich der Speiseröhre | 4–16 kPa |
| Öffnungszeit des unteren Ösophagusverschlusses beim Durchtritt des Bissens | 5–7 s |
| Luftmenge, die mit einem Bissen verschluckt wird | 2–3 ml |

| | |
|--|---------|
| Anzahl der Schluckvorgänge pro 24 Stunden | ca. 600 |
| davon im Schlaf | ca. 50 |
| davon beim Essen | ca. 200 |
| übrige Zeit | ca. 350 |
| Anteil der Nahrungsbestandteile, die beim Schlucken kleiner als 1 mm sind | |
| Fleisch | 20 % |
| Gemüse | 30 % |
| Käse | 50 % |
| Maximale Größe der Nahrungsteile beim Schlucken | 12 mm |

Schmidt und Thews 1995; Schmidt, Lang, Heckmann 2010; Faller und Schünke 2012

Tab. 1.7.12 Magen und Verweildauer der Nahrung im Magen (Purves 2011, S. 1427)

Der Magen ist im nicht gefüllten Zustand ein muskulöser Schlauch, der an zwei Bändern (großes und kleines Netz) aufgehängt ist. Zwei einander gegenüber liegende Falten der Magenschleimhaut bilden die Magenstraße, in der Flüssigkeiten sehr schnell dem Magenausgang (Pylorus) zugeführt werden. Sobald Nahrung in den Magen kommt, setzen nach einer kurzen Erschlaffung peristaltische Magenbewegungen ein, die den Nahrungsbrei durchmischen und durchkneten.

Die Belegzellen der Magenschleimhaut wirken bei der Produktion der Salzsäure mit, durch die Nahrungsstoffe denaturiert und damit für die Verdauungsenzyme besser angreifbar werden. Die Hauptzellen geben Pepsinogen ab, das dann im sauren Milieu des Magens in die aktive Form des Verdauungsenzyms Pepsin umgewandelt wird. Pepsin spaltet Proteine zu Polypeptiden.

Im Magen werden die geschluckten Speisen gespeichert und homogenisiert. Nach und nach wird der Speisebrei an den Zwölffingerdarm (Duodenum) abgegeben.

| Magen | |
|--|-----------------|
| Länge im nicht gefüllten Zustand | ca. 20 cm |
| Fassungsvermögen | bis zu 1,5 l |
| Dicke der Magenwand | 2–3 mm |
| Dicke der Schleimhaut | 0,5–1 mm |
| Dicke der den Magen auskleidenden Schleimschicht | 0,6 mm |
| Lebensdauer der Schleimhautzellen im Magen | 3–5 Tage |
| Anzahl der abgestoßenen Schleimhautzellen | 500.000 pro min |

| | |
|--|-------------------------|
| Tiefe der Drüsenschläuche (<i>Foveolae gastricae</i>) | 1,5 mm |
| Zahl der Drüsenschläuche | 100 pro mm ² |
| Anteil der Hauptzellen Schleimhaut | 50% |
| Anzahl der Belegzellen beim Mann | ca. $1,09 \cdot 10^9$ |
| Anzahl der Belegzellen bei der Frau | ca. $0,82 \cdot 10^9$ |
| Nahrungspartikel beim Verlassen des Magens | |
| durchschnittlich | 0,25 mm |
| maximale Größe | 2 mm |
| pH-Werte im Magen: | |
| in der Epithelschicht unter der Schleimschicht | 7,0 |
| über der Schleimschicht im Magenlumen | 2,0 |
| Peristaltische Magenbewegungen zur Durchmischung und Homogenisierung der Speisebreis | ca. alle 3 min |
| Verweildauer der Nahrung im Magen | |
| Flüssigkeiten | einige Minuten |
| Fisch, Reis | 1,5 Stunden |
| Gemüse, Milch, Pudding, Brot | 2–2,5 Stunden |
| Gekochtes Fleisch | 3 Stunden |
| Gebratenes Fleisch | 4–6 Stunden |
| Sehr fettes Fleisch, Ölsardinen | 8 Stunden und mehr |

Rucker 1967; Documenta Geigy 1975, 1977; Schenck und Kolb 1990; Schiebler, Schmidt, Zilles 2005; Mörike, Betz, Mergenthaler 2007

Tab. 1.7.13 Der Magensaft

Der Magensaft ist ein saures Sekret, das in den Magendrüsen gebildet wird.

Siehe Erläuterungen Tab. 1.7.15

Angaben zu Produktion, Fließrate und Zusammensetzung des Magensaftes

| Magensaftproduktion | |
|--|----------------|
| beim Erwachsenen (durchschnittlich) | 2–3 l pro Tag |
| pro kg Körpergewicht | ca. 35 ml |
| Fließrate des Magensaftes unstimuliert | ca. 0,9 ml/min |
| Fließrate des Magensaftes stimuliert | ca. 9 ml/min |
| pH-Wert beim Erwachsenen | 0,9–2,5 |

Angaben zu Produktion, Fließrate und Zusammensetzung des Magensaftes

| Zusammensetzung des Magensaftes | |
|---|-----------------------------|
| Wassergehalt | 994 g/l |
| Trockensubstanz | 5,6 g/l |
| Konzentration der Salzsäure | ca. 0,5 % |
| Wasserstoffionenkonzentration unstimuliert | |
| stimuliert | 26,9 mmol/l 97,6 mmol/l |
| Chloridionenkonzentration unstimuliert | |
| stimuliert | 104 mmol/l 129 mmol/l |
| Pepsinsekretion unstimuliert Mittelwert | |
| Extremwerte | 33,3 mg/h 12,2–68,2 mg/h |
| Pepsinsekretion stimuliert, Mittelwert | |
| Extremwerte | 80,9 mg/h 32,4–153 mg/h |

Documenta Geigy 1955, 1977; Schenck und Kolb 1990; Schiebler, Schmidt, Zilles 2005

Tab. 1.7.14 pH-Werte des Darminhaltes im Magen-Darm-Kanal

Die Werte geben den Extrembereich wieder.

| Ort der Messung | pH-Werte |
|---|-----------------|
| Magenausgang | 4,0–7,2 |
| Dünndarm oberer Abschnitt | 5,6–7,0 |
| mittlerer Abschnitt | 6,8–7,6 |
| unterer Abschnitt | 7,2–8,3 |
| Blinddarm (<i>Caecum</i>) | 5,8–7,6 |
| Dickdarm (<i>Colon</i>) | 6,5–7,8 |
| Mastdarm (<i>Rektum</i>) | 6,5–7,5 |
| Der ausgeschiedene Stuhl (<i>Fäzes</i>) | 6,0–7,3 |

Documenta Geigy 1975, 1977

Tab. 1.7.15 Die Leber (Purves 2011, S. 1429)

Die Leber (*Hepar*) ist das zentrale Stoffwechselorgan des Menschen. Sie vermittelt über die Pfortader zwischen dem Verdauungssystem und dem Körper, sie entgiftet die Produkte des Zellstoffwechsels, sie speichert und synthetisiert viele wichtige Verbindungen und sie ist die größte ausscheidende Drüse (über Gallenblase und Darm) des Menschen.

Die Leberläppchen sind die Baueinheiten der Leber und werden von den Kapillaren der Pfortader und der Leberarterie umspalten.

Anatomische und physiologische Angaben zur Leber

| | |
|---|-------------------------|
| Durchschnittliche Masse der Leber bei Erwachsenen | 1500 g |
| Anteil am Körbergewicht | ca. 2,5 % |
| Verhältnis Lebergewicht/Körbergewicht | |
| im 6. Entwicklungsmonat | 1/10 |
| beim Erwachsenen | 1/50 |
| Anzahl der Leberlappen | 4 |
| Volumenanteile in der gesamten Leber (gesund) | |
| Leberzellen (Hepatozyten) | 72 % |
| andere Zellen | 6 % |
| extrazellulärer Raum (Blut-, Lymphgefäß, Gallengänge) | 22 % |
| Bindegewebsanteil im Extrazellulärraum (normale Leber) | 1–2 % |
| Bindegewebsanteil im Extrazellulärraum (zirrhotische Leber) | <50 % |
| Anzahl der Leberläppchen (Lobuli hepatitis) | 50.000–100.000 |
| Durchmesser eines Leberläppchens | 1–2 mm |
| Lebensdauer einer Leberzelle (Hepatozyt) | 150–180 Tage |
| Anteil Leberzellen mit einem Kern | 80 % |
| Anteil Leberzellen mit 2 Kernen | 20 % |
| Anzahl der | |
| Mitochondrien in einer Leberzelle (Hepatozyt) | 1000–3000 |
| Peroxisomen in einer Leberzelle (Hepatozyt) | 200–300 |
| Ribosomen in einer Leberzelle (Hepatozyt) | mehrere Millionen |
| Blutbildung in der Leber | 2.–8. Entwicklungsmonat |
| Blutversorgung | |
| Anteil am Herzzeitvolumen in Ruhe | 28 % |

Anatomische und physiologische Angaben zur Leber

| | |
|---|---------------------------|
| Durchblutung pro 100 g Lebergewebe in Ruhe | 100 ml/min |
| Durchblutung einer 1,5 kg schweren Leber in Ruhe | 1500 ml/min |
| <i>aus der Pfortader</i> | 75–80 % |
| <i>aus der Arteria hepatica</i> | 20–25 % |
| Durchblutung einer 1,5 kg schweren Leber bei maximaler Muskelarbeit | ca. 200 ml/min |
| Sauerstoffverbrauch | |
| pro 100 g Lebergewebe in Ruhe | 5 ml O ₂ /min |
| einer 1,5 kg schweren Leber in Ruhe | 75 ml O ₂ /min |
| Anteile an der Sauerstoffversorgung der Leber | |
| durch Blut aus der Pfortader | 60 % |
| durch Blut aus der <i>Arteria hepatica</i> | 40 % |

Documenta Geigy 1975, 1977; Keidel 1985; Schenck und Kolb 1990; Mörike, Betz, Mergenthaler 2001; Gerok et al. 2007; Schmidt, Lang, Heckmann 2010; Silbernagl 2012

Tab. 1.7.16 Die Galle

Die Gallenflüssigkeit wird in der Gallenblase gesammelt und durch Wasserrückresorption eingedickt. Die in der Galle enthaltene Gallensäure wirkt als Emulgator und erleichtert die Fettverdauung im Dünndarm durch die Oberflächenvergrößerung der Fett-Mizellen. Eine weitere Funktion der Galle ist die Ausscheidung von Endprodukten des Leberstoffwechsels.

Galle, Gallensäure, Bilirubin und Gallensteine in der Übersicht

| Galle | |
|--|----------------|
| Gallenproduktion beim gesunden Erwachsenen | 600–700 ml/Tag |
| <i>davon in den Leberzellen</i> | 80 % |
| <i>im Gallengangepithel</i> | 20 % |
| <i>oberer Extremwert</i> | 1600 ml/Tag |
| Fließrate der Lebergalle | 0,36 ml/min |
| Verteilung der Primärgalle | |
| <i>als Lebergalle direkt in den Dünndarm</i> | ca. 50 % |
| <i>in die Gallenblase (Blasengalle)</i> | ca. 50 % |

Galle, Gallensäure, Bilirubin und Gallensteine in der Übersicht

| | |
|--|-----------------------|
| Wasseranteil Lebergalle/Blasengalle | 967–977/820 mmol/l |
| Gallensäureanteil Lebergalle/Blasengalle | 20/80 mmol/l |
| Cholesterolanteil Lebergalle/Blasengalle | 4/10 mmol/l |
| Lezithinanteil Lebergalle/Blasengalle | 3/30 mmol/l |
| Na ⁺ -Anteil Lebergalle/Blasengalle | 146/130 mmol/l |
| K ⁺ -Anteil Lebergalle/Blasengalle | 5/13 mmol/l |
| Ca ²⁺ -Anteil Lebergalle/Blasengalle | 2,5/11 |
| Cl ⁻ -Anteil Lebergalle/Blasengalle | 105/66 mmol/l |
| HCO ³⁻ -Anteil Lebergalle/Blasengalle | 30/19 mmol/l |
| Eindickungsfaktor in der Gallenblase (in 4 Stunden) | ca. 1/10 |
| Gallensäure | |
| Gallensäurebestand im gesamten Körper | 2–4 g |
| Gallensäuren in 600 ml Galle (tägliche Ausscheidungsmenge) | 12–18 g |
| Bedarf an Gallensäuren zum Emulgieren der Fette | 20 g/100 g Fett |
| Durchschnittliche Fettaufnahme eines Erwachsenen | 60–100 g/Tag |
| Zirkulation der Gallensäure durch Resorption im Dünndarm | 6–10 mal/Tag |
| Rückresorption der Gallensäure aus dem Krummdarm | 95 % |
| Ausscheidung der Gallensäure mit dem Stuhl | 0,6 g/d |
| Anteil an der sezernierten Menge | 5 % |
| Bilirubin | |
| Tägliche Ausscheidung mit der Galle | 200–250 mg |
| Rückresorption im Darm | 15–20 % |
| Ausscheidung über Niere | 10 % |
| Gelbsucht ab einer Plasmakonzentration von | > 2 mg/dl (35 µmol/l) |
| Anteil der Bevölkerung mit Gallensteinen | |
| davon mit cholesterinhaltigen Steinen | 90 % |
| davon mit Pigmentsteinen | 10 % |

Documenta Geigy 1975, 1977; Keidel 1985; Schenck und Kolb 1990; Mörike, Betz, Mergenthaler 2007; Schmidt, Lang, Heckmann 2010; Silbernagl 2012

Tab. 1.7.17 Die Gallenblase

Am Ausführgang der Leber sitzt die birnenförmige Gallenblase, die an die Unterseite der Leber angeheftet ist. Sie kann sich mit Hilfe ihrer Wandmuskulatur zur Entleerung in den Zwölffingerdarm zusammenziehen.

In der Gallenblase und in den Gallenwegen können Gallensteine durch das Auskristallisieren von Cholesterin oder die Ausfällung von Kalziumsalzen entstehen (siehe Tab. 1.7.16).

Angaben zur Anatomie und Physiologie der Gallenblase

| | |
|---|----------------|
| Länge | 8–12 cm |
| Breite | 4–5 cm |
| Dicke der Gallenblasenwand | 1 mm |
| Inhalt der Gallenblase | |
| Kleinkind | 8,5 ml |
| Erwachsener | 50–65 ml |
| Entleerung der Gallenblase | |
| Beginn (nach Reizung der Darmwand durch Fett) | nach 2 min |
| Vollständige Entleerung | nach 15–90 min |
| Kontraktionsfrequenz der Wandmuskulatur | 2–6 pro min |
| Erreichte Drücke in der Gallenblase | 25–30 mmHg |
| Ableitendes System der Galle | |
| Länge des <i>Ductus hepaticus communis</i> | 4–6 cm |
| Länge des <i>Ductus choledochus</i> | 3–10 cm |

Mörike, Betz, Mergenthaler 2007; Schmidt, Lang, Heckmann 2010; Silbernagl 2012

Tab. 1.7.18 Die Bauchspeicheldrüse (Pankreas) und der Pankreasssaft

Das Pankreas besteht aus einem exokrinen Anteil, der Enzyme für die Verdauung im Dünndarm produziert, und einem hormonproduzierenden endokrinen Anteil in Form von Langerhans-Inseln. Die Langerhans-Inseln sind im ganzen Pankreas verstreut und produzieren Insulin und Glukagon. Der Pankreasssaft enthält reichlich Bikarbonat und Verdauungsenzyme, die zur Spaltung von Eiweißen, Fetten und Kohlenhydraten im Speisebrei benötigt werden.

Angaben zur Bauchspeicheldrüse (Pankreas)

| | |
|--|---------------------|
| Länge | 13–18 cm |
| Breite | 3–4 cm |
| Gewicht | 80–100 g |
| Exokrines Pankreas (Verdauungsenzyme produzierend) | |
| Gewicht des exokrinen Teils des Pankreas | 78–95 g |
| Anteil am Pankreasgesamtgewicht | ca. 98 % |
| Extrembereiche der Pankreassaftproduktion bei Erwachsenen | 700–2500 ml/Tag |
| Größe der Pankreasläppchen | 1–3 mm |
| Anzahl der Drüsenzellen pro Azinus | 100 |
| Dicke des Ausführungsganges der Pankreas (<i>Ductus pancreaticus</i>) | 2–3 mm |
| Menschen mit einem weiteren Nebenausführungsgang | 40 % |
| Endokrines Pankreas (Langerhans-Inseln, Hormonproduktion) | |
| Gewicht des endokrinen Pankreas | 2–5 g |
| Anteil am Pankreasgesamtgewicht | ca. 2 % |
| Gesamtzahl der Inseln bei Neugeborenen | 200.000 |
| Gesamtzahl der Inseln bei Erwachsenen | 1–2 Millionen |
| Durchmesser einer Insel | 100–500 μ m |
| Volumen aller Inseln im Pankreas | 2–5 cm ³ |
| Anzahl der Zellen pro Insel | 3000 |
| Anteil an A-Zellen (produzieren Glukagon) | 20 % |
| Anteil an B-Zellen (produzieren Insulin) | 80 % |
| Bildung und Zusammensetzung des Bauchspeicheldrüsensekrets | |
| Bildung des Bauchspeicheldrüsensekrets | |
| Ruhesekretion (beim Erwachsenen) | 5 ml pro Stunde |
| Sekretion bei maximaler Stimulation | 480 ml pro Stunde |
| durchschnittliche Sekretion (Erwachsener, normale Essens- und Schlafenszeiten) | 700–2500 ml pro Tag |
| durchschnittliche Sekretion pro kg Körpermassen | 17–20 ml pro Tag |
| Extreme Sekretion | 3300 ml pro Tag |

Angaben zur Bauchspeicheldrüse (Pankreas)

| | |
|---|----------------------|
| Sekretion des Pankreassaftes nach Nahrungsaufnahme | |
| <i>Beginn</i> | nach ca. 1–2 Minuten |
| <i>Ende</i> | nach ca. 3 Stunden |
| pH-Wert des Pankreassaftes | |
| <i>unstimuliert (bei Ruhesekretion)</i> | 7,0–7,7 |
| <i>nach Stimulation</i> | 7,5–8,8 |
| Dichte des Pankreassaftes | 1.007–1.014 |
| Zusammensetzung des Bauchspeicheldrüsensekrets | |
| Wassergehalt | 987 g/l |
| Trockensubstanz | 13 g/l |
| Albumin | 600 mg/l |
| Globulin | 400 mg/l |
| Glukose | (90–180 mg/l) |
| Elektrolyte | |
| Bikarbonatkonzentration (nach Stimulation) | bis 140 mmol/l |
| Vergleich: Plasmakonzentration | 24 mmol/l |
| Chloridkonzentration (nach Stimulation) | 30 mmol/l |
| Vergleich: Plasmakonzentration | 100 mmol/l |
| Natriumkonzentration (nach Stimulation) | 142 mmol/l |
| Kaliumkonzentration (nach Stimulation) | 4 mmol/l |

Plenert und Heine 1967; Documenta Geigy 1975, 1977; Leonhardt 1990; Junqueira, Carneiro, Gratzl 2004; Mörike, Betz, Mergenthaler 2007; Schmidt, Lang, Heckmann 2010; Silbernagl 2012

Tab. 1.7.19 Der Dünndarm (Purves 2011, S. 1428)

Der Dünndarm entspringt am Magenausgang und endet mit dem Übergang in den Dickdarm. Im Dünndarm findet der überwiegende Teil der Verdauung der Nahrung durch Enzyme statt. Die Spaltprodukte werden in das Blut aufgenommen (Resorption).

Der Dünndarm wird in drei Abschnitte unterteilt: Zwölffingerdarm (*Duodenum*), Leerdarm (*Jejunum*) und Krummdarm (*Ileum*).

Angaben zur Anatomie und Physiologie des Dünndarms

| | | |
|--|--|--------------------------------------|
| Länge des gesamten Dünndarms (im lebenden Zustand) | | 3,75 m |
| Länge des gesamten Dünndarms (nach dem Tod) | | 6 m |
| Länge des Zwölffingerdarms (Duodenum) | | 20–30 cm |
| Länge des Krummdarms (Jejunum) | | 1,5 m |
| Länge des Leerdarms (Ileum) | | 2 m |
| Anzahl der Bakterien pro ml Speisebrei | | |
| im Zwölffingerdarm (Duodenum) | | 10–10 ⁵ |
| im Krummdarm (Jejunum) | | ca. 10 ⁵ –10 ⁶ |
| Fassungsvermögen des Dünndarms (je nach Körpergröße) | | 3–6 l |
| Erneuerung des Darmepithels (Mauserungszeit) | | ca. alle 2 Tage |
| Masse der abgestoßenen Zellen pro Tag (Erwachsener) | | 250 g |
| Dünndarmsekretion | | |
| Durchschnitt beim Erwachsenen | | 60–120 ml/Stunde |
| Durchschnitt beim Kind | | 20–40 ml/Stunde |
| Angaben zur Dünndarmmotorik | | |
| Frequenz der rhythmischen Segmentations- und Pendelbewegungen zur Durchmischung des Speisebreis | | |
| im Zwölffingerdarm (Duodenum) | | 12/min |
| im Krummdarm (Jejunum) | | 10/min |
| im Leerda (Ileum) | | 8/min |
| Geschwindigkeit der peristaltischen Kontraktionswelle (zur Fortbewegung des Speisebreis) | | 30–120 cm/min |
| Fortbewegung des Darminhaltes | | 1–4 cm/min |
| Passagezeit des Speisebreis im gesamten Dünndarm | | 2–4 Stunden |
| Angaben zur Durchblutung des Dünndarms | | |
| Durchblutung in Verdauungsruhe pro g Darmgewebe | | 0,3–0,5 ml/min |
| davon in der Schleimhaut | | 75 % |
| davon in der Submukosa | | 5 % |
| davon in der Muskelschicht | | 20 % |
| Durchblutung bei der Verdauung pro g Darmgewebe | | 1,5–2,5 ml/min |
| davon in der Schleimhaut | | 90 % |

Plenert und Heine 1967; Documenta Geigy 1975, 1977; Leonhardt 1990; Junqueira, Carneiro, Gratzl 2004; Mörike, Betz, Mergenthaler 2007; Schmidt, Lang, Heckmann 2010; Silbernagl 2012

Tab. 1.7.20 Oberflächenvergrößerung der Schleimhaut des Dünndarms

Die Verdauung (Abbau der Nährstoffe und Resorption) spielt sich teils im Dünndarmlumen, teils an der Oberfläche der Schleimhaut ab und erfordert so eine große Schleimhautoberfläche.

Kerckring-Falten sind makroskopisch sichtbare Auffaltungen der Schleimhaut. Dünndarmzotten sitzen auf den Kerckring-Falten und ragen ins Darmlumen. Mikrovilli sind Ausstülpungen der Membranen der einzelnen Darmzellen.

Die Oberflächenvergrößerung verschiedener Strukturen des Dünndarms

| | |
|---|---------------------------|
| Bezugslänge des Dünndarms | 280 cm |
| Bezugsdurchmesser des Dünndarms | 4 cm |
| Innere Oberfläche des Dünndarmlumens | 0,33 m ² |
| Relative Oberfläche | 1 |
| Auffaltungshöhe der Kerckring-Falten | 1 cm |
| Gesamtzahl der Kerckring-Falten im Dünndarm | 600 |
| Innere Oberfläche des Dünndarmlumens | 1 m ² |
| Relative Zunahme der Oberfläche | Faktor 3 |
| Auffaltungshöhe der Dünndarmzotten | 1 mm |
| Dicke der Dünndarmzotten | 0,1 mm |
| Anzahl der Zotten im Dünndarm pro Schleimhautfläche | 2000–3000/cm ² |
| Innere Oberfläche des Dünndarmlumens | ca. 10 m ² |
| Relative Zunahme der Oberfläche | Faktor 30 |
| Auffaltungshöhe der Mikrovilli | 1–2 µm |
| Dicke der Mikrovilli | 0,1 µm |
| Anzahl der Mikrovilli auf einer Zelle | ca. 3000 |
| Anzahl der Mikrovilli pro Schleimhautfläche | 200 Mio./mm ² |
| Innere Oberfläche des Dünndarmlumens | 200 m ² |
| Relative Zunahme der Oberfläche | Faktor 600 |

Schmidt und Thews 1995; Schiebler, Schmidt, Zilles 2005; Tortora und Derrickson 2006

Tab. 1.7.21 Dickdarm und Mastdarm

Im Dickdarm (*Colon*) werden hauptsächlich Wasser und Salze aus dem Speisebrei resorbiert, der dadurch eingedickt wird. In der Ampulle des Mastdarms wird der eingedickte Kot gesammelt, bis auf einen Dehnungsreiz hin die Stuhlentleerung erfolgt.

Angaben zur Anatomie und Physiologie des Dickdarms

Längen der verschiedenen Anteile des Dickdarms

| | |
|--|----------|
| Dickdarm (beim Lebenden) | 1,2 m |
| Dickdarm (beim Toten) | 1,4 m |
| Blinddarm (<i>Caecum</i>) | 7 cm |
| Wurmfortsatz (<i>Appendix vermiciformis</i>) | 9 cm |
| Dicke des Wurmfortsatzes | 0,5–1 cm |
| Tiefe der Schleimhautkrypten im Dickdarm | 0,5 mm |
| Anzahl der Bakterien pro ml Speisebrei | ~1010 |
| <i>Anteil anaerober Bakterien</i> | 99 % |
| <i>Anteil aerober Bakterien</i> | 1 % |
| <i>Zahl der verschiedenen Bakterienarten</i> | über 400 |

Die Wasserreabsorption im Dickdarm

| | |
|--|-------------|
| Flüssigkeit, die vom Dünndarm in den Dickdarm gelangt | 1000 ml/Tag |
| Flüssigkeit, die vom Dickdarm ausgeschieden wird | 100 ml/Tag |
| Anteil der Flüssigkeit, die im Dickdarm resorbiert wird | 90 % |
| Porendurchmesser der Zellzwischenräume für den Flüssigkeitstransport durch die Schleimhaut | 0,2–0,25 nm |
| Potentialdifferenz zwischen Darmlumen und dem Gewebe | 20–40 mV |

Die Dickdarmmotorik

| | |
|---|-----------------|
| Frequenz der rhythmischen Segmentations- und Pendelbewegungen (zur Durchmischung des Speisebreis) | |
| <i>am Anfang des Dickdarmes</i> | 4 pro Minute |
| <i>in der Mitte des Dickdarmes</i> | 6 pro Minute |
| Anzahl der peristaltischen Wellenkontraktionen zur Fortbewegung des Speisebreis | 3–4 mal pro Tag |
| Fortbewegung des Darminhaltes im Dickdarm | 0,04–0,6 cm/min |
| Passagezeit des Speisebreis im gesamten Dickdarm | 5–70 Stunden |

| Angaben zur Anatomie und Physiologie des Mastdarms | |
|---|------------------------------|
| Länge des Mastdarms (Rektum) insgesamt | 15 cm |
| <i>Ampulla recti</i> | 10–12 cm |
| <i>Canalis analis</i> | 3–4 cm |
| Maximale Füllung der <i>Ampulla recti</i> | 2 Liter |
| Entleerungsfrequenz | |
| Neugeborene | 3–4/Tag |
| Säuglinge 1. Woche | 4–5/Tag |
| Säuglinge 3.–6. Woche | 2–3/Tag |
| Erwachsene | einmal/Tag bis zweimal/Woche |
| Kotmenge | |
| Erststuhl | 70–90 g/Tag |
| Säugling, muttermilchernährt | 30–40 g/Tag |
| Säugling, kuhmilchernährt | 15–25 g/Tag |
| Mittelwert beim Erwachsenen | 124 g/Tag |

Documenta Geigy 1975, 1977; Leonhardt 1990; Schenck und Kolb 1990; Mörike, Betz, Mergenthaler 2007; Schmidt, Lang, Heckmann 2010

Tab. 1.7.22 Die Kotmenge und Passagezeiten in Abhängigkeit von der Ernährung

Andere Bezeichnungen für Kot sind Stuhl oder Stuhlgang. Der Begriff Fäkalien wurde aus dem französischen Adjektiv *fécal* ins Deutsche entlehnt. Unter Kot versteht man die meist festen und mehr oder weniger stark riechenden Ausscheidungen (Exkremeante) des Darmes. In der nachfolgenden Tabelle werden die Kotmengen und Passagezeiten bei unterschiedlichen Ernährungsformen dargestellt. Weiter werden Kinder, Erwachsene und erwachsene Vegetarier verglichen. Die mitteleuropäische Diät bezieht sich auf die Arbeiten von Biesalski und Kollegen (2010).

Passagezeit = Zeit von der Nahrungsaufnahme bis zur Kotabgabe.

| Nahrung | Passagezeit in Stunden | | Stuhlmenge in g/Tag | |
|------------------------|------------------------|-------------|---------------------|-------------|
| | Mittelwert | Extremwerte | Mittelwert | Extremwerte |
| Faserstoffreich | | | | |
| Kind | 34 | 20–48 | 275 | 150–350 |
| Vegetarier | 42 | 18–97 | 225 | 71–488 |

| Nahrung | Passagezeit in Stunden | | Stuhlmenge in g/Tag | |
|-------------------|------------------------|-------------|---------------------|-------------|
| | Mittelwert | Extremwerte | Mittelwert | Extremwerte |
| Gemischt | | | | |
| Kind | 45 | 24–59 | 165 | 120–260 |
| Erwachsene | 44 | 23–64 | 155 | – |
| Europäisch | | | | |
| Kind | 76 | 35–120 | 110 | 71–142 |
| Erwachsene | 83 | 44–144 | 104 | 39–223 |

Documenta Geigy 1975, 1977; Mörike, Betz, Mergenthaler 2007

Tab. 1.7.23 Die Zusammensetzung des Kots

Der Kot enthält neben unverdaulichen Nahrungsbestandteilen vom Darm und den Drüsen abgestoßene Schleime und Gallenstoffe sowie große Mengen an Bakterien, die bis zu 10% der Kotmenge ausmachen können.

Angaben zur Menge und zur Zusammensetzung des Kots

| | |
|--|-----------------------|
| Mittleres Stuhlgewicht beim Erwachsenen | 124 g/Tag |
| Gewichtsanteile des Stuhles eines Erwachsenen | |
| Wasser | 76 % |
| Bakterien | 8 % |
| Schleimhautzellen des Darms | 8 % |
| Nahrungsreste | 8 % |
| Zusammensetzung der Trockensubstanz | |
| anorganische Substanzen | 33 % |
| stickstoffhaltige Substanzen | 33 % |
| Zellulose (u. ä.) | 17 % |
| Fette (Lipide) | 17 % |
| Wasserabgabe über den Stuhl | |
| Erwachsener (Durchschnitt) | 70–80 ml pro Tag |
| obere Normalgrenze | 150 ml pro Tag |
| Wasserabgabe beim Krankheitsbild der Asiatischen Cholera | bis 20.000 ml pro Tag |

Angaben zur Menge und zur Zusammensetzung des Kots

| Wasseranteil des Stuhls in Abhängigkeit vom Alter | |
|--|---------------|
| Neugeborene | 774 g/kg |
| Säugling, muttermilchernährt | 870 g/kg |
| Säugling, kuhmilchernährt | 740 g/kg |
| Erwachsene | 770 g/kg |
| Sonstige Werte zum Stuhl | |
| Relative Dichte | 1,09 |
| Osmolalität | 357 mosmol/kg |
| Anzahl der Bakterien pro ml Stuhl | 10^{11} |
| Bakterienanteil an der Trockenmasse | 30–50 % |
| Aschegehalt bei Erwachsenen | 200 g/kg |
| pH-Wert bei Säuglingen: | |
| <i>muttermilchernährt</i> | 5,1 |
| <i>kuhmilchernährt</i> | 6,5 |
| Brennwert | |
| <i>insgesamt</i> | 0,58 MJ/Tag |
| <i>auf ein Kilo Trockenmasse bezogen</i> | 21,5 MJ/kg |

Rucker 1967; Documenta Geigy 1975, 1977; Plenert und Heine 1984; Schmidt, Lang, Heckmann 2010; Silbernagl 2012

Tab. 1.7.24 Die Darmgase

Die Gase im Darm können hauptsächlich drei Quellen zugeordnet werden:

1. Verschluckte Luft
2. Bildung im Darmlumen beim enzymatischen und mikrobiellen Abbau der Nahrungsbestandteile
3. Diffusion einiger Gase vom Blut in das Darmlumen.

Angaben zur Entstehung und zur Zusammensetzung der Darmgase**Darmgasbildung**

| | |
|-----------------------------|-----------|
| Gasvolumen im gesamten Darm | 50–200 ml |
| bei normaler Kost | ca. 15 ml |
| bei Genuss von Bohnen | 176 ml |

Angaben zur Entstehung und zur Zusammensetzung der Darmgase

| | |
|--|-----------------|
| N ₂ -Menge, die in das Darmlumen diffundiert | 1–2 ml/min |
| Verschluckte Luftmenge pro Bissen (ein großer Teil wird wieder aufgestoßen) | 2–3 ml |
| Ausscheidung durch das Rektum | |
| Gasvolumen (durchschnittlicher Wert beim Erwachsenen) | ca. 600 ml/Tag |
| Anzahl der Einzelabgaben | 15/Tag |
| Volumen einer Einzelportion | 40 ml |
| Extremwerte der abgegebenen Gasvolumina | 200–2000 ml/Tag |
| Anteil geruchloser Gase (z. B. Stickstoff, Sauerstoff, Kohlenstoffdioxid, Wasserstoff, Methan) | 99 % |
| Anteil geruchstarker Gase (z. B. Schwefelwasserstoff, Methylsulfate) | 1 % |
| Durchschnittlicher Anteil einiger Gase | |
| Stickstoff | 71,0 Vol % |
| Kohlenstoffdioxid | 10,8 Vol % |
| Wasserstoff | 15,6 Vol % |
| Methan | 2,2 Vol % |
| Sauerstoff | 0,6 Vol % |

Documenta Geigy 1975, 1977; Schenck und Kolb 1990; Schiebler, Schmidt, Zilles 2005; Mörike, Betz, Mergenthaler 2007

1.8 Harnorgane, Harnbildung und Wasserhaushalt (Purves 2011, S. 1442 ff)

Die Nieren (Purves 2011, S. 1455 ff) sind die sogenannten „Klärwerke“ des menschlichen Körpers. Sie scheiden Endprodukte des Stoffwechsels aus (harnpflichtige Substanzen, Giftstoffe, Medikamente), die sie aus dem Blut filtern. Diese werden dann über die ableitenden Harnwege (Harnleiter, Harnblase und Harnröhre) mit dem Urin ausgeschieden. Beim Ausfall der Nieren kommt es zur Akkumulation dieser Stoffe im Körper und somit zu Vergiftungserscheinungen. Ohne Therapie, z. B. in Form einer Dialyse, kommt es unweigerlich zum Tode. Die gesunden Nieren des Menschen bilden täglich die unglaubliche Menge von 180 Liter Primärharn. Durch Rückresorptionsvorgänge in den Nieren wird diese Menge auf das normale Harnvolumen von etwa 1,5 Liter reduziert. Die Nieren erfüllen auch wichtige Aufgaben in der Blutdruckregulation (Purves 2011, S. 1463 f.) durch die Produktion des Hormons Renin sowie in der Blutbildung durch die Produktion des Hormons Erythropoetin.

Tab. 1.8.1 Zahlen zum Staunen

Literatur siehe nachfolgende Tabellen.

Ausgewählte Angaben aus den nachfolgenden Tabellen

| | |
|---|--------------------|
| Überlebenszeit nach dem Ausfall beider Nieren | 24–36 Stunden |
| Erste erfolgreiche Nierenverpflanzung durch <i>R. H. Lawler</i> | 17.06.1950 |
| Anzahl aller Nephrone in einer Niere | 1–2 Millionen |
| Gesamtlänge aller Nephrone einer Niere | ca. 50 km |
| Gesamte Filtrationsfläche in beiden Nieren | 1,5 m ² |
| Tägliche Bildung von Primärharn | 180 Liter pro Tag |
| Das Blutplasmavolumen (3 Liter) wird vollständig filtriert | 60 mal pro Tag |
| Tägliche Bildung von Endharn (entspricht der Harnausscheidung pro Tag) | 1,5 Liter |
| Verhältnis von Primärharn zu Endharn | ca. 100 : 1 |
| Täglicher Wasserverlust über die Niere bei einer Wasserharnruhr (<i>Diabetes insipidus</i>) | bis 25 Liter/Tag |
| Durchschnittliche Harnmenge, mit der die Harnblase pro Minute gefüllt wird | 3–6 Tropfen |
| Maximales Fassungsvermögen der Harnblase bei stärkster Füllung | ca. 1500 ml |
| Gesamtlänge aller Glomeruluskapillaren einer Niere | 25 km |
| Täglicher Blutdurchfluss durch die beiden Nieren eines gesunden 70 kg schweren Erwachsenen | ca. 1700 Liter |
| Tägliche Durchflusszyklen des gesamten Blutvolumens durch die Nieren innerhalb eines Tages | 300 mal |
| Täglicher Sauerstoffverbrauch beider Nieren | ca. 35 Liter |

Tab. 1.8.2 Entwicklung, Lage und Bau der Nieren

Während der Entwicklung der harnableitenden Organe entstehen im Fetus drei Nieren-generationen. Die Vorniere ist funktionslos, die Urniere hat nur begrenzte Funktion, die Nachniere entwickelt sich zum bleibenden Organ.

Die Nieren liegen links und rechts der Wirbelsäule in Höhe des 12. Brustwirbels bis zur Höhe des 2. oder 3. Lendenwirbels. Sie sind an der Rückwand des Bauchraumes gut geschützt in einem Bindegewebekörper mit sehr viel Fettgewebe aufgehängt.

| | |
|--|-----------------------------------|
| Die Nierenentwicklung vor und nach der Geburt | |
| Ausbildung der Vorniere (<i>Pronephros</i>) | 3.–5. Entwicklungswoche des Fetus |
| Ausbildung der Urniere (<i>Mesonephros</i>) | 4.–8. Entwicklungswoche des Fetus |
| Ausbildung der Nachniere (<i>Metanephros</i>) | ab dem 2. Entwicklungsmonat |
| Zeitpunkt der vollen Funktionstüchtigkeit der Nieren | 6 Wochen nach der Geburt |
| Angaben zu Lage, Bau und Physiologie der Nieren | |
| Abstand der Niere zur Hautoberfläche | 6–8 cm |
| Lageveränderung der Niere beim Stehen gegenüber Liegen | ca. 3 cm tiefer |
| Lageveränderung der Nieren beim Ein- und Ausatmen | ca. 3 cm |
| Angaben zur Größe einer Niere | |
| Länge | 10–12 cm |
| Breite | 5–6 cm |
| Dicke | ca. 4 cm |
| Volumen | ca. 120 cm ³ |
| Relation der Nierengröße zur Größe der Nebenniere | |
| beim Neugeborenen | 3 : 1 |
| beim Erwachsenen | 30 : 1 |
| Gewicht einer Niere | |
| davon Nierenrinde (<i>Cortex renis</i>) | 120–200 g |
| davon Nierenmark (<i>Medulla renis</i>) | 75 % |
| Dicke der Nierenrinde | 25 % |
| Zahl der erwachsenen Einzellappen einer Niere | 1 cm |
| Anzahl der Markpyramiden in einer menschlichen Niere | 10–20 |
| Anzahl der Markstrahlen, die in eine Pyramide ziehen | 7–9 |
| Anzahl der Sammelrohre pro Markstrahl | 400–500 |
| Wassergehalt einer Niere | 4–6 |
| Menge an Blut, die täglich durch die Nieren strömt | 82,7 % |
| Menge an Urin, die von den Nieren im Leben produziert wird | ca. 1500 Liter |
| | ca. 40.000 Liter |

Pitts 1972; Leonhardt 1990; Schenck und Kolb 1990; Junqueira, Carneiro, Gratzl 2004; Schiebler, Schmidt, Zilles 2005; Mörike, Betz, Mergenthaler 2007; Schmidt, Lang, Heckmann 2010

Tab. 1.8.3 Das Nephron

Das Nephron (Purves 2011, S. 1452) ist die kleinste Funktionseinheit der Niere. Es besteht aus dem Nierenkörperchen (Malpighi-Körperchen) und einem Tubulussystem, das aus einem proximalen Tubulus, dem Überleitungsstück (Henle-Schleife) und dem distalen Tubulus besteht. Das Nierenkörperchen ist aus einem Gefäßknäuel (Glomerulus) und der umschließenden Bowman-Kapsel aufgebaut.

Im Nierenkörperchen wird der Primärharn aus den Kapillarschlingen als Ultrafiltrat des Blutplasmas abgepresst. Das Ultrafiltrat enthält alle löslichen Bestandteile mit Ausnahme der Eiweißkörper in gleicher Konzentration wie das Blut. Der Primärharn gelangt über das Tubulussystem in das Sammelrohr. Auf diesem Weg werden in der Niere Wasser und andere Bestandteile des Primärharns rückresorbiert (Purves 2011, S. 1456 f.).

| | |
|---|--------------------|
| Nephron (Nierenkörperchen und Nierenkanälchen) | |
| Zahl der Nephrene pro Niere | 1–2 Millionen |
| Länge eines Nephrons | 30–38 mm |
| Gesamtlänge aller Nephrene einer Niere aneinandergereiht | ca. 80–100 km |
| Gesamtlänge von einem Nephron und einem Sammelrohr | 50–60 mm |
| Anzahl der Nephrene, die in ein Sammelrohr einmünden | 8–10 |
| Nierenkörperchen (Malpighi-Körperchen) | |
| Durchmesser eines Nierenkörperchens | ca. 0,16 mm |
| Wand der Glomeruluskapillaren | |
| Porengröße der Endothelzellen | 70–90 nm |
| Dicke der Basalmembran | 0,3 µm |
| Filtrationsschlitz zwischen den Podozytenfortsätzen | 25 nm |
| Anzahl der Kapillarschlingen in einem Nierenkörperchen | 30–40 |
| Gesamtlänge aller Glomeruluskapillaren einer Niere | 25 km |
| Gesamtfläche der glomerulären Filtrationsfläche einer Niere | 1,5 m ² |
| Nierenkanälchen (Tubulussystem) | |
| Proximaler Tubulus | |
| Länge (Dicke) | 15 mm (40–60 µm) |
| Lumenweite | 20–40 µm |
| Anzahl der Mikrovilli einer Tubuluszelle | 6000–7000 |
| Überleitungsstück (Henle-Schleife) | |
| Länge | bis zu 10 mm |
| Lumenweite | 10–12 µm |

| | |
|---|-------------------|
| Höhe des Epithels | 0,9 µm |
| Distaler Tubulus | |
| Länge (Dicke) | 12 mm (40–60 µm) |
| Lumenweite | 30–50 µm |
| Innere Gesamtoberfläche der Nierenkanälchen | 20 m ² |

Pitts 1972; Leonhardt 1990; Schenck und Kolb 1990; Junqueira, Carneiro, Gratzl 2004; Schiebler, Schmidt, Zilles 2005; Mörike, Betz, Mergenthaler 2007; Schmidt, Lang, Heckmann 2010

Tab. 1.8.4 Die Filtration in den Nierenkörperchen

In den Nierenkörperchen entsteht der Primärharn als Filtrat des Blutplasmas. Aufbau des Nierenkörperchens (Malpighi-Körperchen) siehe Tab. 1.8.3.

Über den Harn und dessen Zusammensetzung regeln die Nieren den Elektrolythaushalt des Extrazellulärraums, den Blutdruck und den Säure-Basen-Haushalt.

Angaben zum Bau und zur Physiologie der Nierenkörperchen

| | |
|--|-------------------|
| Gesamte Filtrationsfläche in beiden Nieren | 3 m ² |
| Filtrationsbarriere der Glomeruluskapillaren (anatomisch) | |
| Porengröße der Endothelzellen | 70–90 nm |
| Dicke der Basalmembran | 0,3 µm |
| Filtrationsschlitz zwischen den Podozytenfortsätzen | 25 nm |
| Durchmesser der modellhaften Poren (funktionell verhält sich die Niere, als würden Poren existieren) | 2–4 nm |
| Effektiv resultierender Filtrationsdruck in den Glomeruluskapillaren | |
| dieser setzt sich aus folgenden Komponenten zusammen | 11 mmHg |
| Blutdruck in den Glomeruluskapillaren | +48 mmHg |
| Kolloidosmotischer Druck im Kapillarblut | -25 mmHg |
| Hydrostatischer Druck in der Bowmankapsel | -12 mmHg |
| Anteil des Plasmas, der in den Nierenkörperchen als Primärharn abfiltriert wird | 20 % |
| Tägliche Bildung von Primärharn | 180 Liter pro Tag |

Angaben zum Bau und zur Physiologie der Nierenkörperchen

| | |
|--|----------------------|
| Glomeruläre Filtrationsrate (GFR), die der Bildung von Primärharn in beiden Nieren entspricht | 125 ml/min |
| davon werden in der Niere resorbiert (wieder aufgenommen) | 124 ml/min |
| Tägliche Bildung von Endharn (entspricht der Harnausscheidung pro Tag) | 1.5 l |
| Verhältnis von Primärharn zu Endharn | ca. 100/1 |
| Glomeruläre Filtrationsrate der Frau im Vergleich zum Mann | 10 % weniger |
| Abnahme der glomerulären Filtrationsrate bei Männern und Frauen ab 40 Jahren | 1 % pro Jahr weniger |
| Filtrationsrate eines einzelnen Nierenkörperchens | 50 ml/min |
| Filtrationszyklen | |
| gesamtes Blutplasmavolumen (3 Liter) | 60 mal/Tag |
| gesamte Extrazellulärflüssigkeit (14 Liter) | 13 mal/Tag |
| Molekülgröße, ab der eine Behinderung der Filtration in den Nieren einsetzt (z. B. Inulin) | 5500 Dalton |
| Molekülgröße, bei der nur noch 1 % der Menge der Stoffe im Plasma abfiltriert werden (z. B. Albumin) | 69.000 Dalton |

Pitts 1972; Schenck und Kolb 1990; Leonhardt 1990; Junqueira, Carneiro, Gratzl 2004; Schiebler, Schmidt, Zilles 2005; Mörike, Betz, Mergenthaler 2007; Schmidt, Lang, Heckmann 2010

Tab. 1.8.5 Durchblutung, Sauerstoffverbrauch und Energiehaushalt der Nieren

Die Nieren sind sehr stark durchblutet und weisen eine spezielle Gefäßarchitektur auf. Durch Autoregulationsmechanismen bleibt die Durchblutung und auch die glomeruläre Filtration bei schwankenden Blutdruckwerten von 80–220 mmHg konstant (Bayliss-Effekt).

Die Durchblutung der Nieren

| | |
|---|----------------|
| Täglicher Blutdurchfluss durch beide Nieren eines gesunden 70 kg schweren Erwachsenen | ca. 1700 Liter |
| Blutdurchfluss pro Minute | 1,2 Liter |
| Durchfluss des gesamten Blutvolumens (6 l) durch die Nieren | alle 5 min |

| | |
|---|--------------|
| Durchfluss des gesamten Blutvolumens durch die Nieren innerhalb eines Tages | 300 mal |
| Anteil der Nierendurchblutung am Herzzeitvolumen in körperlicher Ruhe | 23 % |
| Zur Erinnerung: Anteil der beiden Nieren am Körpergesamtgewicht | 0,5 % |
| Spezifische Durchblutung | 4 ml/g/min |
| Blutdruck in den Glomeruluskapillaren | 46–48 mmHg |
| Anteil an der Durchblutung | |
| Nierenrinde | 92 % |
| Nierenmark | 8 % |
| Der Sauerstoffverbrauch der Nieren | |
| Täglicher Sauerstoffverbrauch beider Nieren | ca. 35 Liter |
| Sauerstoffverbrauch pro 100 g Nierengewebe | 8 ml/min |
| Sauerstoffverbrauch pro 100 g Rindengewebe | 6,7 ml/min |
| Sauerstoffverbrauch pro 100 g Markgewebe | |
| äußeres Mark | 1,2 ml/min |
| inneres Mark | 0,9 ml/min |
| Der Energieumsatz der Nieren | |
| Durchschnittstemperatur der Nieren | 41,3 °C |
| Energie für die tägliche Wärmebildung der Nieren | 600 kJ |
| Anteil des Energieverbrauchs der Nieren am Gesamtenergieverbrauch des Körpers in Ruhe | 13 % |
| Anteil verschiedener Substrate an der Energiegewinnung in den Nieren | |
| Glutamin | 35 % |
| Laktat | 20 % |
| Glukose | 15 % |
| Fettsäure | 15 % |

Leonhardt 1990; Schmidt und Thews 1995; Schiebler, Schmidt, Zilles 2005; Mörike, Betz, Mergenthaler 2007; Schmidt, Lang, Heckmann 2010

Tab. 1.8.6 Das harnableitende System

Der Harn fließt aus den Nephronen (siehe Tab. 1.8.3) in die Sammelrohre. Diese werden zu den Papillengängen, die in den Papillen enden. Von den Papillen tropft der Harn in die Nierenkelche, die sich wiederum zu den Nierenbecken vereinigen. Von den Nierenbecken gelangt der Harn in die Harnleiter, deren glatte Muskulatur den Harn in peristaltischen Wellen „tröpfchenweise“ in die Harnblase befördert (Purves S. 1455).

Die Harnblase ist ein Hohlmuskel und liegt dem Beckenboden auf. Hier wird der Harn gesammelt. Ab einer Füllmenge von etwa 200 ml setzt leichter, ab 400 ml starker Harndrang ein. Da die Harnleiter schräg durch die Blasenwand ziehen, drückt die Harnblase bei starker Füllung auf die Harnleiter und verhindert so einen Harnrückfluss in die Harnleiter.

| Harnableitende Strukturen in den Nieren | |
|---|---------------------|
| Sammelrohre | |
| Anzahl der Nephrone, die in ein Sammelrohr einmünden | 8–10 |
| Durchmesser eines Sammelrohres | 40 µm |
| Länge eines Sammelrohres in den Markpyramiden | 20–23 mm |
| Papillengänge (<i>Ductus papillares</i>) | |
| Anzahl der Sammelrohre, die in einen Papillengang einmünden | 5 |
| Durchmesser eines Papillenganges | 100–200 µm |
| Zusammenfassungsschritte vom Papillengang bis zum Nierenbecken | |
| Anzahl der Papillengänge, die in eine Papille münden | 15–20 |
| Anzahl der Papillen, die in einen Endkelch münden | 1–3 |
| Anzahl der Endkelche, die in einen Hauptkelch münden | 10 |
| Anzahl der Hauptkelche, die ins Nierenbecken münden | 2–3 |
| Anzahl der Nierenbecken pro Niere | 1 |
| Volumen des Nierenbeckens | 5–10 ml |
| Die Harnleiter (<i>Ureter</i>) | |
| Länge eines Harnleiters | 25–30 cm |
| Durchmesser eines Harnleiters | 2–7 mm |
| Anzahl der Längsfalten eines Harnleiters | 5–7 |
| Peristaltische Kontraktionswellen des Harnleiters | 5–6 pro min |
| Menge des beförderten Harns | 3–6 Tropfen pro min |

| Die Harnblase (<i>Vesica urinaria</i>) | |
|--|--------------------------|
| Anzahl der Muskelschichten | 3 |
| Fassungsvermögen: normal (bei stärkster Füllung) | 150–500 ml (ca. 1500 ml) |
| Wanddicke: nach Entleerung (bei maximaler Füllung) | 5–7 mm (1,5–2 mm) |
| Einsetzen des Harndrangs ab einer Füllmenge von | 200–350 ml |

Junqueira, Carneiro, Gratzl 2004; Schiebler, Schmidt, Zilles 2005; Mörike, Betz, Mergenthaler 2007; Schmidt, Lang, Heckmann 2010

Tab. 1.8.7 Der Harn und das Harnsediment

Die Osmolalität gibt die Teilchenanzahl osmotisch aktiver Substanzen in 1 kg Lösungsmittel an. Sie ist einzig und allein abhängig von der Anzahl, nicht aber von der Größe der Teilchen. Sie bestimmt bei Körperflüssigkeiten die Verteilung des Wassers zwischen den verschiedenen Zellkompartimenten.

Unter dem Harnsediment versteht man den Bodensatz nach Zentrifugation des Harns.

| Physikalische Daten zum Harn | |
|---|--------------------|
| Spezifisches Gewicht | 1012–1022 g/l |
| pH-Wert | 4,8–7,6 |
| Relative Viskosität | 1,0–1,4 |
| Osmolalität | |
| Erwachsener | 50–1400 mosmol/kg |
| Kind (1 Jahr) | 600–1160 mosmol/kg |
| Kind (5 Jahre) | 380–1200 mosmol/kg |
| Das Harnsediment | |
| Zelluläre Bestandteile | |
| rote Blutkörperchen (pro 24-Stundenurin) | <2.000.000 |
| weiße Blutkörperchen (pro 24-Stundenurin) | <4.000.000 |
| Hyaline Zylinder | <15.000 |

Thews, Mutschler, Vaupel 1999; Pschyrembel 2014

Tab. 1.8.8 Täglich ausgeschiedene Inhaltsstoffe des Harns

Die Werte beziehen sich auf eine tägliche Harnmenge von 1–2 Litern.

| Bestandteil | Ausscheidung in g/Tag | Bestandteil | Ausscheidung in mg/Tag |
|------------------|-----------------------|---------------|------------------------|
| Harnstoff | 20–50 | Kalzium | 100–400 |
| Gesamtstickstoff | 10–20 | Magnesium | 100–400 |
| Chlorid | 4–9 | Citrat | 100–300 |
| Natrium | 4–6 | Phenolsulfat | 80–120 |
| Kalium | 1,5–3,0 | Glucuronat | 40–400 |
| Phosphat | 1,0–2,5 | Steroide | 50–250 |
| Sulfat | 1,0–2,0 | Glukose | 10–200 |
| Kreatinin | 1,0–1,5 | Purinbasen | 10–60 |
| NH ₄ | 0,5–1 | Urobilinogen | 0,5–2,0 |
| Benzoylglycin | 0,4–0,8 | Porphyrine | 0,02–0,1 |
| Harnsäure | 0,2–1 | Indoxylsulfat | 0–32 |

Schenck und Kolb 1990; Mörike, Betz, Mergenthaler 2007; Schmidt, Lang, Heckmann 2010

Tab. 1.8.9 Filtrations-, Resorptions- und Ausscheidungswerte verschiedener Stoffe in der Niere

Die Werte stellen Durchschnittswerte dar. Sie können für die angegebenen Stoffe je nach Ernährungsweise sehr stark schwanken.

| | Durchschnittliche Konzentration in Gramm % | | Filtriert in g/Tag | Resorbiert in g/Tag | Ausgeschieden in g/Tag |
|-----------|--|-------|--------------------|---------------------|------------------------|
| | Blutplasma | Harn | Nierenkörperchen | Nierentubulus | Harn |
| Wasser | – | – | 170.000 | 168.500 | 1500 |
| Glukose | 0,100 | 0,010 | 170 | 169,5 | 0,5 |
| Harnsäure | 0,005 | 0,035 | 8,5 | 7,9 | 0,53 |
| Harnstoff | 0,027 | 1,800 | 46 | 19 | 27 |
| Kreatinin | 0,001 | 0,110 | 1,7 | 0 | 1,7 |

| | Durchschnittliche Konzentration in Gramm % | | Filtriert in g/Tag | Resorbiert in g/Tag | Ausgeschieden in g/Tag |
|------------------|--|-------|--------------------|---------------------|------------------------|
| | Blutplasma | Harn | Nierenkörperchen | Nierentubulus | Harn |
| Natrium | 0,333 | 0,333 | 566 | 561 | 5 |
| Kalzium | 0,010 | 0,015 | 17 | 16,8 | 0,2 |
| Kalium | 0,017 | 0,180 | 28,9 | 26,2 | 2,7 |
| HCO_3^- | 0,159 | 0,020 | 270 | 269,7 | 0,3 |
| Chlorid | 0,373 | 0,353 | 634 | 628,7 | 5,3 |
| Phosphat | 0,003 | 0,073 | 5,1 | 4 | 1,1 |
| NH_4 | – | 0,047 | – | – | 0,7 |

Schneider 1971

Tab. 1.8.10 Die Beziehung zwischen Molekulargewicht, Molekülgröße und glomerulärer Filtrierbarkeit

Unter dem Siebkoeffizienten wird das Verhältnis der Konzentration eines Stoffes im Primärharn zu der Konzentration dieses Stoffes im Plasma angegeben.

| Substanz | Molekulargewicht in Dalton (Da) | Molekülradius in nm | Siebkoeffizient |
|--------------|---------------------------------|---------------------|-----------------|
| Wasser | 18 | 0,10 | 1,00 |
| Harnstoff | 60 | 0,16 | 1,00 |
| Glukose | 180 | 0,36 | 1,00 |
| Rohrzucker | 342 | 0,44 | 1,00 |
| Inulin | 5500 | 1,48 | 0,98 |
| Myoglobin | 17.000 | 1,95 | 0,75 |
| Eieralbumin | 43.500 | 2,85 | 0,22 |
| Hämoglobin | 68.000 | 3,25 | 0,03 |
| Serumalbumin | 69.000 | 3,55 | <0,01 |

Schmidt und Thews 1995

Tab. 1.8.11 Normalwerte der Harninhaltsstoffe

Die Angaben pro Liter beziehen sich auf einen Liter Urin, wobei die durchschnittliche Urinmenge eines Erwachsenen 1,5 Liter pro Tag beträgt. Die Angabe pro Tag (d) bezieht sich auf einen 24-Stunden Sammelurin.

Abkürzung: dl = Deziliter

| Substanz | Konzentration im Harn | Substanz | Konzentration im Harn |
|---------------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|
| $\alpha 1$ -Mikroglobulin | < 13,3 mg/d | Kalzium | |
| $\alpha 2$ -Mikroglobulin | < 0,3 mg/l | <i>Erwachsener</i> | 0,1–0,4 g/d |
| Albumin | < 20 mg/l | <i>Kleinkind</i> | 60–160 mg/d |
| Amylase | 32–600 U/l | <i>Säugling</i> | 20–100 mg/d |
| $\beta 2$ -Mikroglobulin | < 129 μ g/l | Kupfer | < 50 μ g/d |
| Blei | < 70 μ g/l | Kreatinin | |
| Cadmium | < 5 μ g/l | <i>Frau</i> | < 270 mg/d |
| C-Peptid Erwachs. | 33–60 μ g/d | <i>Mann</i> | < 189 mg/d |
| C-Peptid Kind | 16–28 μ g/d | Laktose | < 35 mg/d |
| Chlorid | | Lysozym | < 1,4 mg/l |
| Erwachsener | 170–210 mmol/d | Magnesium | 1,5–7,5 mmol/d |
| bis 6 Monate | 0,22–0,36 g/d | Mangan | 0,2–1,0 μ g/l |
| 7–24 Monate | 0,65–1,58 g/d | Molybdän | < 5 μ g/l |
| 2–7 Jahre | 1,19–2,63 g/d | Myoglobin | negativ |
| 8–14 Jahre | 1,86–4,18 g/d | Natrium | |
| Chrom | 0,6–2,9 μ g/l | Erwachs. beim Fasten | 3–6 g/d |
| Citrat | 2,08–4,16 mmol/d | Säugling bis 6 Mon. | 0,05–0,14 g/d |
| Cobalt | < 10 μ g/l | Kind 2–7 Jahre | 0,62–1,43 g/d |
| Cystin | < 30 mg/dl | 8–14 Jahre | 1,17–2,51 g/d |
| Eiweiß (Protein) | < 150 mg/d | Nickel | < 1,7 μ g/l |
| Fluorid | 0,3–1,5 mg/d | Oxalsäure | |
| Fruktose | < 30 mg/d | Erwachsener | < 29 mg/d |
| Galaktose | | Kind | < 50 mg/d |
| Erwachsener | < 10 mg/dl | Phosphat, anorg. | 300–1000 mg/d |
| Säugling | < 20 mg/dl | Porphobilinogen | 0–2 mg/l |

| Substanz | Konzentration im Harn | Substanz | Konzentration im Harn |
|------------------|----------------------------|-------------------|-----------------------|
| Glukose | <0,3 g/d (16,65 mmol/d) | Porphyrine gesamt | <100 µg/d |
| Hämoglobin, frei | 0,02 mg/dl | Quecksilber | <20 µg/l |
| Harnsäure | 2,38–4,46 mmol/d | Selen | 74–139 µg/l |
| Harnstoff | 13–33 g/24 h | Urobilin | negativ |
| Homocystin | <1 mg/d | Zink (Kreatinin) | <140 µg/g |
| | | Zinn | <2 µg/l |
| Kalium | | | |
| Erwachsener | 2–4 g/d | | |
| bis 6 Monate | 0,2–0,74 g/d | | |
| 7–24 Monate | 0,82–1,79 g/d | | |
| 2–7 Jahre | 0,82–2,03 g/d | | |
| 8–14 Jahre | 1,01–3,55 g/d | | |

Krapf 1995; Dormann et al. 2008

Tab. 1.8.12 Die Wasserbilanz bei Erwachsenen und Säuglingen

Oxidationswasser entsteht bei der Verbrennung der Nährstoffe (Zellatmung). Pro Gramm Eiweiß entstehen 0,44 ml Wasser; pro Gramm Kohlenhydrat 0,6 ml Wasser und pro Gramm Fett 1,09 ml Wasser.

Beim insensiblen Wasserverlust wird Wasser über Haut und Schleimhaut (Atmung) durch Diffusion und Verdunstung ohne Beteiligung der Schweißdrüsen abgegeben.

Die Angaben sind Durchschnittswerte eines gesunden Erwachsenen mit einem Gewicht von 70 kg und eines gesunden Säuglings mit einem Gewicht von 7 kg. Damit ergibt sich für den Säugling ein Flüssigkeitsbedarf von mindestens 100 ml pro kg Körpergewicht, während es beim Erwachsenen mindestens 21 ml/kg sind.

| Wasserzufuhr in ml/Tag | | Wasserabgabe in ml/Tag | |
|------------------------|------|----------------------------|------|
| Beim Erwachsenen | | Beim Erwachsenen | |
| Nahrung | 900 | Stuhl (Fäzes) | 150 |
| Trinken | 1300 | Urin | 1500 |
| Oxidationswasser | 300 | Insensibler Wasser-verlust | 750 |

| Wasserzufuhr in ml/Tag | | Wasserabgabe in ml/Tag | |
|------------------------|------|----------------------------|------|
| Insgesamt | 2500 | <i>über die Haut</i> | 375 |
| | | <i>über die Lunge</i> | 375 |
| | | Schweiß | 100 |
| | | Insgesamt | 2500 |
| Beim Säugling | | Beim Säugling | |
| Nahrung und | | Stuhl | 30 |
| Trinken | 620 | Urin | 500 |
| Oxidationswasser | 80 | Insensibler Wasser-verlust | 170 |
| Insgesamt | 700 | Insgesamt | 700 |

Schmidt und Thews 1995; Pschyrembel 2014

Tab. 1.8.13 Der tägliche Wasserbedarf

| Alter | Körpergewicht (KG) | Geschätzter Wasserbedarf | |
|------------|-----------------------|--------------------------|-----------|
| | | in kg | in ml/kg |
| 3 Tage | 3,0 | 80–100 | 240–300 |
| 10 Tage | 3,2 | 125–150 | 400–480 |
| 3 Monate | 5,4 | 140–160 | 760–860 |
| 6 Monate | 7,3 | 130–155 | 950–1060 |
| 9 Monate | 8,6 | 125–145 | 1080–1250 |
| 1 Jahr | 9,5 | 120–135 | 1140–1280 |
| 2 Jahre | 11,8 | 115–125 | 1360–1480 |
| 4 Jahre | 16,2 | 100–110 | 1620–1780 |
| 6 Jahre | 20,0 | 90–100 | 1800–2000 |
| 10 Jahre | 28,7 | 70–85 | 2010–2440 |
| 14 Jahre | 45,0 | 50–60 | 2250–2700 |
| 18 Jahre | 54,0 | 40–50 | 2160–2700 |
| Erwachsene | 70,0 | 21–43 | 1500–3010 |

Documenta Geigy 1975, 1977

Tab. 1.8.14 Die Verteilung des Körperwassers

Die Werte geben den durchschnittlichen Flüssigkeitsgehalt der verschiedenen Flüssigkeitsräume bei Erwachsenen mit einem Gewicht von 70 kg wieder.

Bei Frauen ist der Wassergehalt des Organismus deutlich geringer als bei Männern. Bei Frauen ist das Fettgewebe, das nur 10–30 % Wasser enthält, meist relativ stärker ausgebildet. Der Körperwasseranteil nimmt mit dem Alter (Säugling 65–75 %, Greisin ca. 46 %) ab.

Die Werte geben den prozentualen Anteil am Körpergewicht wieder.

Die Verteilung des Körperwassers in den Flüssigkeitsräumen

| Körperwasser | Volumen in Liter | Anteil am Körpergewicht in Prozent | |
|--|------------------|------------------------------------|----------|
| Extrazelluläre Flüssigkeit | 17,0 | 24,0 | |
| davon: Interstitielle Flüssigkeit | 13,0 | 18,6 | |
| davon: Blutplasma | 3,0 | 4,0 | |
| davon: Transzelluläre Flüssigkeit | 1,0 | 1,4 | |
| Intrazelluläre Flüssigkeit | 28,0 | 40,0 | |
| davon: Gewebezellenflüssigkeit | 25,5 | 36,5 | |
| Davon: Blutzellenflüssigkeit | 2,5 | 3,5 | |
| Gesamtkörperwasser | 45,0 | 64,0 | |
| Die Verteilung des Körperwassers bei Frauen, Männern und Säuglingen | | | |
| | Mann | Frau | Säugling |
| Gesamtkörperwasser | 60 % | 50 % | 75 % |
| Intrazelluläre Flüssigkeit | 40 % | 30 % | 40 % |
| Extrazelluläre Flüssigkeit | 20 % | 20 % | 35 % |
| Intravasale Flüssigkeit | 4 % | 4 % | 5 % |
| Interstitielle Flüssigkeit | 16 % | 16 % | 30 % |
| Feste Substanzen | 40 % | 50 % | 25 % |

Documenta Geigy 1975, 1977; Schmidt, Lang, Heckmann 2010, Pschyrembel 2014

1.9 Haut, Haare, Geschmacks- und Geruchssinn

Die Haut ist nicht nur das größte, sondern auch das schwerste Organ des Menschen. Sie bedeckt die gesamte Körperoberfläche und sie vermittelt durch die Vielzahl der eingebauten Sinneszellen als wichtiges Sinnesorgan zwischen dem Körper und der Umwelt (Purves

S. 1285 f). Trotz vieler Schutzmechanismen ist die Haut allerdings auch verletzlich und maligne Melanome der Haut sind die fünfthäufigste Tumorerkrankung bei Männern und Frauen in Deutschland (RKI 2013).

Tab. 1.9.1 Zahlen zum Staunen

Literatur siehe nachfolgende Tabellen

Ausgewählte Angaben zur Haut sowie dem Geschmacks- und Geruchssinn

| | |
|--|------------------------|
| Oberfläche der gesamten Haut eines Erwachsenen (abhängig von der Größe der Person) | 1,5–1,8 m ² |
| Oberflächliche Verbrennungen sind lebensbedrohend ab einer betroffenen Hautoberfläche von | 20 % |
| Gewicht der Haut eines Menschen | ca. 11–15 kg |
| Anzahl der Zellen in der Haut | ca. 10 ¹¹ |
| Länge aller Blutgefäße pro 1 cm ² Haut | ca. 1 m |
| Durchschnittliche Abgabe von Hornschuppen | 10 g/Tag |
| Anzahl der Druckrezeptoren, die bei einem Händedruck erregt werden | ca. 1500 |
| Geschätzte Länge der Nervenfasern der gesamten Haut eines Erwachsenen | 80 km |
| Gesamtzahl der Schweißdrüsen eines Erwachsenen | ca. 2 Millionen |
| Gesamtschweißsekretion bei Schwerstarbeit unter extremer Hitzebelastung | bis 18 Liter täglich |
| Anteil der Männer, die ihre Kopfhaare mit etwa 25 Jahren verlieren | ca. 20 % |
| Anteil der Männer, die ihre Kopfhaare das ganze Leben lang behalten | ca. 20 % |
| Zahl der Linkshänder unter blonden Menschen gegenüber Menschen mit brünettem oder rotem Haar | doppelt so hoch |
| Anteil der Europäer, die einen linksdrehenden Haarwirbel am Hinterkopf haben | 80 % |
| Anzahl der Talgdrüsen auf der Kopfhaut | ca. 120.000 |
| Länge der Talgstränge, die von allen Haarbalgdrüsen produziert werden | 30 m/Tag 11 km/Jahr |
| Den längsten Bart hatte bisher <i>Hans Langseth</i> , geb. 1846 in den USA | 5,33 m |

Tab. 1.9.2 Anatomie, Physiologie und die Blutversorgung der Haut

Die Haut (*Cutis*) ist ein lebenswichtiges Organ, das die äußere Oberfläche des Körpers bildet und damit eine Schranke zwischen Umwelt und innerem Milieu darstellt. Sie ist aufgebaut aus der Oberhaut (*Epidermis*) und der Lederhaut (*Dermis*). Unter der Haut liegt die fettgewebsreiche Unterhaut (*Subcutis*).

Die Haut erfüllt vielfältige Aufgaben im täglichen Leben:

- Sie vermittelt mit Hilfe der großen Zahl unterschiedlicher Sinneszellen einen Eindruck von der Umwelt.
- Sie bietet Schutz gegen chemische und physikalische Schädigungen von außen.
- Sie stellt eine Barriere gegen das Eindringen von gefährlichen Mikroorganismen dar und bietet anderen gleichzeitig einen Lebensraum.
- Sie ist für die Thermoregulation des Körpers zuständig und regelt den Wasserhaushalt, um ein Austrocknen des Körpers zu verhindern.

| Angaben zu Anatomie und Physiologie der Haut | |
|---|---|
| Oberfläche der gesamten Haut eines Erwachsenen (abhängig von der Größe der Person) | 1,5–1,8 m ² |
| Oberflächliche Verbrennungen sind lebensbedrohend ab einer betroffenen Hautoberfläche von | 20 % |
| Gesamtgewicht mit Unterhaut (<i>Subcutis</i>) | ca. 11–15 kg |
| Gewicht von Oberhaut und Lederhaut | ca. 4 kg |
| Anteil der Haut mit Unterhaut an der Gesamtkörpermasse | |
| bei einem Erwachsenen mit normalem Gewicht | 16 % |
| bei einem Erwachsenen mit hohem Fettanteil am Gewicht | 20 % |
| Anzahl der Zellen in der Haut | |
| insgesamt (hochgerechnet) | ca. 10 ¹¹ |
| pro cm ² | 6 Millionen |
| Anzahl der Nervenzellen pro cm ² Haut | 500 |
| Geschätzte Anzahl der Mikroorganismen auf der Haut | |
| in Arealen mit viel Talk- und Schweißdrüsen | 10 ⁶ /cm ² |
| in trockenen Arealen | 10 ² –10 ³ /cm ² |
| Anteil der Felderhaut an der Gesamthautfläche | 96,5 % |
| Anteil der Leistenhaut auf Handflächen und Fußsohlen (die Leistenhaut bildet den Fingerabdruck) | 3,5 % |

Die Blutversorgung der Haut

| | |
|--|---------------|
| Durchblutung der gesamten Haut in Ruhe | 400 ml/min |
| Durchblutung der gesamten Haut bei extremer Hitzebelastung | 3000 ml/min |
| Durchblutung in Ruhe pro 100 g Haut | ca. 10 ml/min |
| Fassungsvermögen des Venengeflechts der Haut | 1500 ml |
| Länge aller Blutgefäße pro 1 cm ² Haut | ca. 1 m |

Leonhardt 1990; Schiebler, Schmidt, Zilles 2005; Mörike, Betz, Mergenthaler 2007; Schmidt, Lang, Heckmann 2010;

Tab. 1.9.3 Die Oberhaut

Die Oberhaut (*Epidermis*) liegt auf der Lederhaut (*Dermis*) auf und bildet somit die Grenzschicht des Körpers zur Umwelt. Sie ist aus mehreren mikroskopisch unterscheidbaren Schichten aufgebaut. Da die Oberhaut selbst gefäßlos ist, erfolgt die Versorgung über Diffusionsvorgänge aus den Kapillaren der Lederhaut. Durch die stark gefaltete Papillarschicht als Grenzfläche zwischen Epidermis und Dermis wird einerseits die Oberfläche für die Versorgung der Oberhaut deutlich vergrößert und andererseits für eine kraft- und formschlüssige Verbindung der beiden Schichten gesorgt.

Die Epithelzellen (Keratinozyten) der Haut werden in der Basalzellschicht der Epidermis gebildet. Während ihrer passiven Wanderung an die Oberfläche verlieren sie wesentliche Eigenschaften lebender Zellen und sie bilden sich zu Hornzellen um. Etwa 20–30 Tage nach ihrer Bildung werden sie als „tote“ Hornschuppen von der Haut abgestoßen. Melanozyten kommen in der Basalzellschicht der Oberhaut vor und sind durch die Produktion von Melanin für die Pigmentierung der Haut verantwortlich. Zellen des Immunsystems (Langerhans’sche Zellen) bewegen sich frei durch die unteren Schichten der Epidermis (Stachelzellschicht) und bilden die erste Abwehrlinie gegen Pathogene.

Angaben zur Anatomie der Oberhaut und zur Lebensdauer**Dicke der Oberhaut**

durchschnittlich 0,05–0,1 mm

Handfläche 0,5 mm

Fußsohle 0,75–1,2 mm

in Schwielen (infolge hoher Beanspruchung) bis 4 mm

Anteil der Epithelzellen (Keratinozyten) an der Gesamzellzahl der Haut 85 %

Anteil spezieller Zellen, die nicht der Hornbildung dienen 15 %

| Abhängigkeit der Zellteilungen in der Haut von der Tageszeit | |
|---|-----------------|
| maximale Zellteilung | 8–10 Uhr |
| minimale Zellteilung | 20–22 Uhr |
| Zeitraum von der Bildung bis zum Abstoßen der Epithelzellen (Keratinozyten) | 20–30 Tage |
| Durchschnittliche Abgabe von Hornschuppen | 10 g/Tag |
| Breite der Spalten in der Oberhaut | 0,01 µm |
| Zum Vergleich: Größe des Bakterium <i>Staphylococcus aureus</i> (Eitererreger) | 0,8–1,2 µm |
| Melanozyten (bilden das Hautpigment Melanin) | |
| Anzahl der Melanozyten pro mm ² Haut | ca. 1000 |
| Zahl der Epithelzellen in der Basalzellschicht pro Melanozyt | 4–12 |
| Anzahl der epidermalen Langerhans-Zellen | 10 ⁹ |
| Die Schichten der Epidermis | |
| Basalzellschicht (<i>Stratum basale</i>), in der die Keratinozyten gebildet werden | |
| Anzahl der Zellen, die die Basis der Zellsäulen bilden | 10–15 Zellen |
| Stachelzellschicht (<i>Stratum spinosum</i>) | |
| Anzahl der Zelllagen | 4–8 |
| Verhornungsschicht (<i>Stratum granulosum</i>) | |
| Anzahl der Zelllagen | 2–5 |
| Größe der Granula (Keratohyalinkörnchen) | 0,1–0,5 µm |
| Hornschicht (<i>Stratum corneum</i>) | |
| Anzahl der Zelllagen (Fußsohle) | mehrere Hundert |
| Länge der Hornzellen | 30 µm |
| Dicke der Hornzellen | 0,5 µm |

Leonhardt 1990; Banchereau, Steinmann 1998; Junqueira, Carneiro, Gratzl 2004; Schieber, Schmidt, Zilles 2005

Tab. 1.9.4 Der Tastsinn der Haut und die simultanen Raumschwellen

Die Sensibilität der Haut ist nicht gleichmäßig verteilt. Je dichter die Sinnespunkte angeordnet sind, umso feiner ist das örtliche Auflösungsvermögen. Dies lässt sich quantitativ über die simultane Raumschwelle bestimmen. Gemessen werden die kleinsten Abstände, bei denen zwei gleichzeitig gesetzte Reize noch als getrennt wahrgenommen werden.

Mechanorezeptoren wie die Merkel-Zellen, Ruffini-Körperchen und Meissner-Tastkörperchen reagieren auf Druck oder Druckänderungen, die Vater-Pacini-Lamellenkörperchen reagieren auf Vibration.

| Die Mechanorezeptoren der Haut (Tastsinn) | | | |
|---|--------------|----------------------------|--------------|
| Durchschnittliche Anzahl der Druckrezeptoren auf der Haut | | 28/cm ² | |
| Anzahl der Druckrezeptoren, die bei einem Händedruck gereizt werden | | ca. 1500 | |
| Reizschwelle für die Wahrnehmung von Druck oder Druckänderung | | 0,31 mg/mm ² | |
| Merkel-Zellen liegen in der Oberhaut (feiner Druck, langsam adaptierend) | | | |
| Anzahl im gesamten Körper | | ca. 60 Millionen | |
| Durchmesser einer Merkel-Zelle (Größe der Granula) | | 10 µm (100 nm) | |
| Ruffini-Körperchen liegen in der Unterhaut (Hautdehnung, langsam adaptierend) | | | |
| Länge | | 0,5–2 mm | |
| Meißner-Tastkörperchen liegen in der Lederhaut (Feinberührung, schnell adaptierend) | | | |
| Länge/Dicke | | 100 µm/40 µm | |
| Anzahl im gesamten Körper | | 500.000 | |
| Anzahl (Fingerspitze) | | bis zu 200/cm ² | |
| maximale Empfindlichkeit | | < 60 Hz | |
| Vater-Pacini-Lamellenkörperchen liegen in der Unterhaut (Druckänderung, schnell adaptierend) | | | |
| Länge/Dicke | | 4 mm/2 mm | |
| Maximale Empfindlichkeit | | 100–400 Hz | |
| Anzahl im gesamten Körper | | 40.000 | |
| Anzahl auf der Handfläche | | über 600 | |
| Anzahl der Zellen pro Körperchen | | 20–50 | |
| Simultane Raumschwellen der Haut | | | |
| Ort der Berührung | min. Abstand | Ort der Berührung | min. Abstand |
| Zungenspitze | 1,1 mm | Stirn | 22,0 mm |
| Fingerspitze | 2,3 mm | Handrücken | 31,6 mm |
| Rotter Teil der Lippen | 4,5 mm | Scheitel | 33,9 mm |

| | | | |
|--------------------------|---------|-------------------|---------|
| Nasenspitze | 6,8 mm | Unterarm | 40,6 mm |
| Daumen | 9,0 mm | Unterschenkel | 40,6 mm |
| Zungenrand | 9,0 mm | Brustbeinbereich | 45,1 mm |
| Augenlid (äußere Fläche) | 11,3 mm | Oberarmmitte | 67,7 mm |
| Handinnenfläche | 11,3 mm | Oberschenkelmitte | 67,7 mm |
| Wange | 11,3 mm | Rückenmitte | 67,7 mm |

Rucker 1967; Schenck und Kolb 1990; Schiebler, Schmidt, Zilles 2005; Mörike, Betz, Mergenthaler 2007; Schmidt, Lang, Heckmann 2010;

Tab. 1.9.5 Der Wärmesinn der Haut

Die Thermorezeption basiert auf zwei entgegengesetzten Qualitäten, der Warm- und der Kaltempfindung. In einem mittleren Bereich der Hauttemperatur von 31–36°C besteht eine neutrale Wärmeempfindung. Dabei wird der thermische Reiz weder als warm noch als kalt empfunden (Indifferenzumgebungstemperatur). Bei den Warm- und Kaltsensoren handelt es sich um freie Nervenendigungen, die sich in der Lederhaut befinden und relative Temperaturänderungen registrieren.

| Arbeitsbereiche der Thermorezeptoren | | |
|---|--------------------------------|-------------------------------|
| Geschätzte Anzahl der freien Nervenendigungen in der Haut eines Erwachsenen | | 4 Millionen |
| Durchschnittliche Anzahl der freien Nervenendigungen in der Haut | | 150/cm ² |
| Geschätzte Länge der Nervenfasern der gesamten Haut eines Erwachsenen | | 80 km |
| Verteilung von Warm- und Kaltpunkten | | |
| Körperregion | Kaltpunkte pro cm ² | Warpunkte pro cm ² |
| Stirn | 5,5–8 | 2 |
| Nase | 8–13 | 1 |
| Mund | 16–19 | – |
| übriges Gesicht | 8,5–9 | 1,7 |
| Brust | 9–10,2 | 0,3 |
| Unterarm | 6–7,5 | 0,3–0,4 |
| Handfläche | 1–5 | 0,4 |

| | | |
|--------------------|---------|-----|
| Fingerrücken | 7–9 | 1,7 |
| Finger, Innenseite | 2–4 | 1,6 |
| Oberschenkel | 4,5–5,2 | 0,4 |

Gauer, Kramer, Jung 1972; Thews, Mutschler, Vaupel 1999; Schmidt und Schaible, 2005; Schmidt, Lang, Heckmann 2010

Tab. 1.9.6 Die Schweißsekretion und Schweißdrüsen

Die Schweißsekretion ist ein wesentlicher Bestandteil bei der Thermoregulation des Körpers. Durch die Verdunstung des Wassers in den Schweißdrüsen (unsichtbare Transpiration) und auf der Hautoberfläche (sichtbare Transpiration) wird dem Körper Wärmeenergie entzogen, was zu einer Abkühlung führt.

| Angaben zum Schwitzen und zum Schweiß | |
|--|--------------------------|
| Gesamtzahl der Schweißdrüsen eines Erwachsenen | ca. 2.000.000 |
| Durchmesser einer Schweißdrüse | 0,4 mm |
| Gesamtschweißsekretion unter Normalbedingungen | |
| in den Tropen | bis 800 ml täglich |
| unter schweren Arbeitsbedingungen | bis 3–4 Liter täglich |
| bei Schwerarbeit unter extremer Hitzebelastung | bis 10 Liter täglich |
| Sekretionsleistung einer einzelnen Schweißdrüse | maximal 18 Liter täglich |
| Wärmemengeverlust pro Liter Schweiß | 4–15 µl/Tag |
| Nicht sichtbare Schweißabgabe bei Temperaturen unter 31 °C | 2428 kJ |
| Beginn der sichtbaren Schweißsekretion | 20–30 ml/h |
| | bei über 31 °C |
| Zusammensetzung des Schweißes | |
| Spezifisches Gewicht | 1,005–1,009 |
| pH-Wert | 5,7–7,0 |
| Menge der Trockenmasse | 5–10 g/l |
| Wassergehalt | 990–995 g/l |
| Anorganische Bestandteile | |
| Kalzium | 29,000 mg/l |
| Magnesium | 3,200 mg/l |
| Zink | 1,150 mg/l |

| | |
|--------------------------------|------------|
| Eisen | 0,412 mg/l |
| Phosphor | 0,240 mg/l |
| Organische Bestandteile | |
| Aminosäuren | 1,380 g/l |
| Harnstoff | 1,180 g/l |
| Milchsäure | 0,616 g/l |
| Gesamtprotein | 0,077 g/l |
| Glukose | 0,070 g/l |

Verteilung der Schweißdrüsen und der Vergleich zwischen ethnischen Gruppen

| | | | |
|------------------|-------------------------|--|--------------|
| Rücken | 55/cm ² | | Anzahl insg. |
| Gesäß | 57/cm ² | Mitteleuropäer gesamt | 2,00 Mio. |
| Wangen | 75/cm ² | | |
| Bein | 80/cm ² | Vergleich zu anderen ethnischen Gruppen | |
| Fußrücken | 125/cm ² | Ainus | 1,45 Mio. |
| Unterarm (außen) | 150/cm ² | Russen | 1,89 Mio. |
| Bauch | 155/cm ² | Inuit, männlich | 1,90 Mio. |
| Brust | 155–250/cm ² | Negroide, männl. (USA) | 2,18 Mio. |
| Unterarm (innen) | 160/cm ² | Japaner | 2,28 Mio. |
| Stirn | 170/cm ² | Inuit, weiblich | 2,39 Mio. |
| Hals | 185/cm ² | Chinesen (Thailand) | 2,42 Mio. |
| Handrücken | 200/cm ² | Siamesen | 2,42 Mio. |
| Fußsohle | 350–400/cm ² | Kaukasier, männl. (USA) | 2,47 Mio. |
| Handteller | 375–425/cm ² | Philippinos | 2,80 Mio. |
| Ellenbeuge | 751/cm ² | Kaukasier, weibl. (USA) | 3,12 Mio. |

Stüttgen 1965; Diem, Lentner 1977; Morimoto 1978; Keidel 1985; Flindt 2000; Schmidt, Lang, Heckmann 2010; Silbernagl 2012

Tab. 1.9.7 Die Haare des Menschen

Haare (*Pili*) sind röhrenförmig aufgebaut und bestehen im Wesentlichen aus der Hornsubstanz Keratin. Die Oberfläche der Röhre ist mit kleinen schuppenartig übereinander liegenden Hornplatten bedeckt. Haare sind saugfähig und dehnen sich bei Feuchtigkeit aus. Nur die Haarwurzel ist mit Blut und Nerven versorgt.

Haare dienen dem Wärmeschutz und der Tastempfindung. Aus den Lanugohaaren (Flaumhaaren) der Fetalzeit werden nach der Geburt etwas dickere Vellushaare (Wollhaare). Vor allem bei Frauen bleiben diese Wollhaare am ganzen Körper lebenslang erhalten. Die Terminalhaare entstehen im Bereich des Kopfes, der Augenbrauen, der Wimpern sowie sexualhormonabhängig im Bart-, Achsel-, Brust- und Schambereich, im äußeren Gehörgang und am Naseneingang.

| Allgemeine Angaben zu den Haaren der Menschen | |
|---|-------------------------|
| Bildung der Flaumhaare | ab 4. Fetalmonat |
| Ersatz der Flaumhaare durch die Wollhaare | im Alter von 6 Monaten |
| Mittlerer Durchmesser eines Haares | 0,1 mm |
| Anteil der Kopfhaare an allen Haaren des Körpers | ca. 25 % |
| Anteil der Körperoberfläche beim weiblichen Geschlecht, auf der die Wollhaare lebenslang erhalten bleiben | 65 % |
| Anteil der Männer, die ihre Kopfhaare mit etwa 25 Jahren verlieren | ca. 20 % |
| Anteil der Männer, die ihre Kopfhaare das ganze Leben lang behalten | ca. 20 % |
| Größe des Haarverlustes bei Frauen innerhalb von 3 Monaten nach der Niederkunft | 50 % |
| Anteil der Menschen mit rotem Haar in Schottland (höchster Wert auf der Erde) | 11 % |
| Anteil der Europäer, die einen linksdrehenden Haarwirbel am Hinterkopf haben | 80 % |
| Gesamtanzahl der Talgdrüsen auf der Kopfhaut eines Erwachsenen | ca. 120.000 |
| Länge der Talgstränge, die alle Haarbalgdrüsen produzieren | 30 m/Tag und 11 km/Jahr |
| Rekordverdächtiges zu den Haaren | |
| Normalerweise erreichbare Haarlänge | 70–90 cm |
| Das längste Haar der Welt hat Xie Qiuping aus China | 3,86 m |
| Das längste Haar in Deutschland hat eine 1943 geborene Frau | 5,62 m |

| | |
|---|--------|
| Den längsten Schnurrbart der Welt hat <i>Ram Singh Chauhan</i> aus Indien | 4,29 m |
| Den längsten Bart hatte <i>Hans Langseth</i> , geb. 1846 in den USA | 5,33 m |
| Die maximale Belastung, die jemals ein Haar ausgehalten hat | 261 g |

Rucker 1967; McCutcheon 1991; Guinness Buch der Rekorde 1995, 2015; Mörike, Betz, Mergenthaler 2007

Tab. 1.9.8 Anzahl der Haare an verschiedenen Körperstellen bei Menschen und zum Vergleich bei Affen

Die Haarwurzel jedes einzelnen Haares befindet sich im Haarfollikel, der bis in das Unterhautbindegewebe reichen kann. In der Haarpapille liegt die Wachstumszone des Haares, hier wird das Haar mit Nährstoffen über das Blut versorgt.

Die Haarfarbe wird unter anderem durch den Melaningeinhalt bestimmt. Fehlt das Pigment ganz, dann sind die Haare von Anfang an weiß (Albino). Bei älteren Menschen werden die Haare durch einen allmählichen Pigmentverlust weiß. Eine kleine Variation der Pigmentstruktur gibt rotes Haar. Bei der autosomal dominant vererbten Krankheit Hypertrichose sind bis zu 98 % des Körpers mit Haaren bedeckt.

Die Werte beim Menschen beziehen sich auf einen durchschnittlichen, gesunden Erwachsenen.

| Anzahl der Haare an verschiedenen Körperstellen (Mittelwert) | | | |
|---|-------------------------|--------------|--------------------|
| Haupthaar | | | |
| blond | 150.000 | Körperhaare | 25.000 |
| braun | 110.000 | Augenbrauen | 600 |
| schwarz | 100.000 | Wimpern | 420 |
| rot | 90.000 | | |
| Anzahl der Haare pro Quadratzentimeter und Körperstelle des Menschen | | | |
| Scheitel | 300–320/cm ² | Kniescheibe | 22/cm ² |
| Hinterhaupt | 200–240/cm ² | Handrücken | 18/cm ² |
| Stirn | 200–240/cm ² | Oberarm | 16/cm ² |
| Kinn | 44/cm ² | Oberschenkel | 15/cm ² |
| Schamberg | 30–35/cm ² | Brust | 9/cm ² |

| | | | |
|---|----------------------|---------------------|---------------------|
| Unterarm | 24/cm ² | Unterschenkel, Wade | 9/cm ² |
| Anzahl der Haare pro Quadratzentimeter und Körperstelle bei Affenarten | | | |
| Gibbon | | Schimpanse | |
| Kopf | 2100/cm ² | Kopf | 180/cm ² |
| Rücken | 1720/cm ² | Rücken | 100/cm ² |
| Brust | 600/cm ² | Brust | 70/cm ² |
| Pavian | | Orang-Utan | |
| Kopf | 640/cm ² | Kopf | 160/cm ² |
| Rücken | 655/cm ² | Rücken | 170/cm ² |
| Brust | 135/cm ² | Brust | 100/cm ² |
| Gorilla | | | |
| Kopf | 410/cm ² | | |
| Rücken | 140/cm ² | | |
| Brust | 5/cm ² | | |

Oppenheimer und Pincussen 1935; Meyer 1964; Rucker 1967; Schultz 1969; Mörike, Betz, Mergenthaler 2007

Tab. 1.9.9 Wachstum und Verlust der Haare

Das menschliche Haar wächst zyklisch. Man unterscheidet eine Wachstumsphase, eine Involutionssphase (Rückbildungsphase) und eine Ruhephase. Anschließend fällt das Haar aus.

| Das Wachstum unterschiedlicher Haartypen | |
|--|------------|
| Kopfhaare | |
| Durchschnittliches Wachstum pro Tag | 0,35 mm |
| Lebensdauer eines Kopfhaares | 2–6 Jahre |
| Anteil der Kopfhaare in der Wachstumsphase | 80 % |
| Durchschnittliche Dauer der Wachstumsphase | 3–5 Jahre |
| Barthaare | |
| Wachstum pro Woche | 2,1–3,5 mm |
| Wachstum pro Jahr | ca. 9 cm |

| | |
|---|---------------|
| Wachstum im ganzen Leben | ca. 10 m |
| Wachstum verschiedener Haartypen | |
| Augenbrauen | 0,16 mm/Tag |
| Achselhaare | 0,3 mm/Tag |
| Armhaare | 1,5 mm/Woche |
| Oberschenkelhaare | 0,2 mm/Tag |
| Normaler Haarverlust | |
| Beim Jugendlichen | 40 Haare/Tag |
| Beim Erwachsenen | 90 Haare/Tag |
| Beim alten Mensch | 110 Haare/Tag |
| Wachstumspause nach der Abstoßung eines Haupthaares | 3–4 Monate |

Altman und Dittmer 1972; McCutcheon 1991; Mörike, Betz, Mergenthaler 2007

Tab. 1.9.10 Wachstum bei Fingernägel und bei Zehennägel

Die Finger- und Zehennägel entstehen und ruhen im Nagelbett. Sie schützen die Endglieder der Finger und Zehen und bilden ein Widerlager für den Druck, der auf die Tastballen ausgeübt wird. Beim Verlust eines Nagels ist die Tastempfindung eingeschränkt.

Angaben zum Wachstum bei Finger- und bei Zehennägel

| | |
|--|--------------|
| Daumennagel | 0,095 mm/Tag |
| Fingernagel | 0,086 mm/Tag |
| Nagel der großen Zehe | 0,006 mm/Tag |
| Zehennagel | 0,004 mm/Tag |
| Dauer des Wachstums von der Nagelhaut bis zur Spitze | 150 Tage |
| Längster Daumennagel (<i>S. Chilla</i> , Indien) | 158 cm |
| Längste Fingernägel an einer Hand | 705 cm |

McCutcheon 1991; Guinness Buch der Rekorde 2015

Tab. 1.9.11 Der Wärmeaushalt des menschlichen Körpers

Der Mensch gehört zu den gleichwarmen (homiothermen und endothermen) Lebewesen, deren Körperkerntemperatur auch bei wechselnder Umgebungstemperatur relativ konstant gehalten wird. Die Temperatur der Körperschale kann sich jedoch deutlich verändern.

Eine Steigerung der Wärmeabgabe erfolgt durch eine vermehrte Durchblutung der Kapillarbereiche der oberen Hautschichten, die über die arterio-venösen Anastomosen (Gefäßverbindungsstellen) erreicht wird. Darüber hinaus beeinflussen Wärmeabstrahlung, Wärmeleitung und Verdunstung die Wärmeabgabe.

Angaben zur Temperatur und zu Temperaturveränderungen im Körper

| Durchschnittliche Körperkerntemperatur | |
|--|----------------------|
| Normalwert beim Erwachsenen | 36,4–37,4 °C |
| Im Greisenalter | 36 °C |
| Bei leichter Arbeit oder Emotion | bis zu 37,8 °C |
| Bei schwerer körperlicher Arbeit | bis zu 40 °C |
| Temperatur der Finger (Körperschale) | |
| bei Indifferenzumgebungstemperatur (31–36 °C) | 33–34 °C |
| Umgebungstemperatur von 0 °C | bis unter 10 °C |
| Umgebungstemperatur von 40–50 °C | bis über 39 °C |
| Temperaturmessung unter der Zunge im Vergleich zur Rektalmessung | 0,2–0,4 °C niedriger |
| Tagesschwankungen der Kerntemperatur | |
| Säuglinge | keine |
| Kinder | >1,5 °C |
| Jüngere Frau | 1,2 °C |
| Jüngerer Mann | 1,5 °C |
| Maximale Schwankungsamplitude | 2,1 °C |
| Minimale Schwankungsamplitude | 0,7 °C |
| Anstieg der Körpertemperatur der Frau bei der Ovulation (Eisprung) | 0,4–0,5 °C |
| ÜberTemperatur (Hyperthermie) | |
| Gefahr eines Hitzekollapses ab einer Körperkerntemperatur von | ca. 40 °C |
| Hitzetod tritt normalerweise ein ab | 43 °C |

Angaben zur Temperatur und zu Temperaturveränderungen im Körper

| | |
|--|-------------|
| Die höchste gemessene Rektaltemperatur, die ein Mensch überlebte | 43,5 °C |
| Unterthermie (Hypothermie) | |
| Kältezittern tritt auf | bis 35 °C |
| Teilnahmslosigkeit tritt auf bei | 34–30 °C |
| Sprache beeinträchtigt, Bewusstsein getrübt bei | <30 °C |
| Keine Eigenreflexe der Muskeln, keine Pupillenreflexe, Erlöschen der Spontanatmung bei | 27–25 °C |
| Gefahr des Kammerflimmerns | unter 25 °C |

Keidel 1985; Mörike, Betz, Mergenthaler 2007; Schmidt, Lang, Heckmann 2010

Tab. 1.9.12 Wärmeabgabe, Wärmebildung und Temperaturen

Angaben zur Wärmeabgabe des menschlichen Körpers beziehen sich auf eine definierte Außenumgebung: Indifferenzumgebungstemperatur (31–36 °C), Luftfeuchtigkeit 50 %, Windstille.

Der Wärmedurchgangswiderstand ist ein Maß für die Isolierfähigkeit.

Die Absorptionszahl ist ein Maß für die Fähigkeit eines Stoffes, thermische Energie der Sonnenstrahlung aufzunehmen.

| | |
|--|-------------|
| Wärmeabgabe, Wärmedurchgangswiderstand, Absorptionszahl, Wärmebildung | |
| Gesamtwärmeabgabe des menschlichen Körpers | |
| Über die Haut | 90 % |
| Strahlung/Leitung und Konvektion | 45 % / 25 % |
| Wasserverdunstung | 20 % |
| Über die Atemwege | 10 % |
| Leitung und Konvektion/Wasserverdunstung | 2 % / 8 % |
| Relativer Wärmedurchgangswiderstand | |
| Straßenanzug (Bezugsgröße) | 1 |
| Körperschale des Menschen (je nach Durchblutung) | 0,1–0,7 |
| 1 cm Fettschicht | 0,4 |
| 1 cm Muskulatur | 0,15 |

| | | | |
|--|--------------|--------------------|---------|
| Winterkleidung | 2 | | |
| Polarkleidung | 5 | | |
| Absorptionszahl bei Sonnenbestrahlung | | | |
| Schwarzer Körper (Bezugsgröße) | 1 | | |
| Menschliche Haut, je nach Pigmentierung | 0,5–0,8 | | |
| Weiße Kleidung | 0,3 | | |
| Blanka Metallflächen | <0,1 | | |
| Anteile der verschiedenen Organe an der Wärmeproduktion | | | |
| Brust- und Bauchhöhle | 56 % | | |
| Gehirn | 16 % | | |
| Muskulatur und Haut | 18 % | | |
| Restliche Gewebe | 10 % | | |
| Anteil der Muskulatur an der Wärmebildung bei starker Arbeit | 90 % | | |
| Unterschiedliche Temperaturen im Körper | | | |
| Hoden | 32–35 °C | Gesäßmuskel | 37,7 °C |
| Lunge | 35,2–35,6 °C | Untere Hohlvene | 38,1 °C |
| Mundhöhle | 36,5 °C | Großer Brustmuskel | 38,3 °C |
| Gehörgang | 36,7 °C | Linker Vorhof | 38,6 °C |
| Obere Hohlvene | 36,8 °C | Aorta | 38,7 °C |
| Achselhöhle | 36,9 °C | Rechter Vorhof | 38,8 °C |
| Magen | 37,0–37,3 °C | Leber | 41,3 °C |

Keidel 1985; Thews, Mutschler, Vaupel 1999; Flindt 2000; Mörike, Betz, Mergenthaler 2007; Schmidt, Lang, Heckmann 2010; Silbernagel 2012

Tab. 1.9.13 Der Geschmackssinn der Zunge

Der Geschmackssinn dient als chemischer Nahrungsinn der Kontrolle der aufgenommenen Nahrung. Daneben lösen die Geschmackssensoren reflektorische Vorgänge wie zum Beispiel Speichelsekretion, Magensaftsekretion oder Erbrechen aus.

Die Geschmackssinneszellen liegen in den verschiedenen Zungenpapillen innerhalb von Geschmacksknospen. Die fünf Geschmacksqualitäten süß, bitter, sauer, salzig und umami (japanisch für schmackhaft) sind über die gesamte Zungenoberfläche verteilt. Dabei bin-

den die Geschmacksstoffe entweder an spezifischen Rezeptoren und lösen eine G-Protein vermittelte Transduktionskaskade aus (süß, bitter, umami). Oder Ionen passieren die Membranen der Geschmackssinneszellen und sorgen unmittelbar für eine Depolarisation (salzig, sauer). Je höher die Konzentration des Geschmacksstoffes ist, desto höher ist die Impulsfrequenz in den ableitenden Nervenfasern. Obwohl Geschmacksknospen grundsätzlich für alle Geschmacksqualitäten sensibel sind, werden rezeptive Felder für eine Geschmacksqualität ausgebildet und Geschmacksreize werden als Erregungs-Ensembles weitergeleitet. Geschmacksreize unterhalb der Wahrnehmungsschwelle führen damit zu einem intensiveren Geschmackserlebnis der Geschmacksreize, die über der Wahrnehmungsschwelle liegen. Die Umami-Rezeptoren beispielsweise reagieren auf Glutamat (Salz der Glutaminsäure), das proteinhaltige Nahrung wie Fleisch, Milch, Käse, Getreide und Gemüse anzeigen und als Geschmacksverstärker in der Nahrungsmittelindustrie eingesetzt wird. Neben Glutamat lösen auch andere Aminosäuren und kleine Peptide den Umamigeschmack aus.

Eine Reihe von Stoffen, die selbst völlig geschmacklos sind, können den Umami-Geschmack verstärken. Es sind Nukleotide wie Inosin-, Adenosin- und Guanosinmonophosphat, die im Nukleinsäurestoffwechsel gebildet werden. Manche Menschen gelten als „Superschmecker“, da sie besonders sensibel auf bitteren Geschmack (Kaffee, Tee, Grapefruit, Brokkoli) reagieren. Zunächst wurde ein Zusammenhang zwischen der Anzahl an Geschmacksknospen und der Abneigung gegen Bitteres angenommen: Superschmecker hatten deutlich mehr davon. Aktuelle Arbeiten zeigen jedoch eine genotypisch belegbare Variation der Raumstruktur des Bitterrezeptors als Ursache für den „Supergeschmackssinn“.

| Angaben zu Geschmacksknospen und Geschmacksgrundqualitäten | |
|---|--------------|
| Geschmacksknospen | |
| Höhe | 30–70 µm |
| Durchmesser | 25–40 µm |
| Zahl der Sinneszellen pro Geschmacksknospe | 10–50 |
| Lebensdauer einer Geschmackssinneszelle | 10 Tage |
| Zahl der Geschmacksknospen | |
| Anzahl insgesamt bei einem jungen Erwachsenen | 9000 |
| Anzahl insgesamt bei einem alten Menschen | 4000 |
| In einer Pilzpapille (<i>Papillae fungiformes</i>) | 3–4 |
| In einer Blätterpapille (<i>Papillae foliatae</i>) | 50 |
| In einer Wallpapille (<i>Papillae vallatae</i>) | 100 und mehr |
| Zahl der Zungenpapillen eines Erwachsenen | |
| Pilzpapillen | 200–400 |
| Blätterpapillen | 15–20 |
| Wallpapillen | 7–12 |

| | |
|---|---|
| Anzahl der unterscheidbarer Geschmacksgrundqualitäten | 4 |
| Empfindlichkeitsschwelle | 10^{16} Moleküle/ml |
| bitter (Chininsulfat) | 0,005 g/l Wasser |
| sauer (Salzsäure) | 0,01 g/l Wasser |
| süß (Glukose) | 0,2 g/l Wasser |
| salzig (Kochsalz) | 1,0 g/l Wasser |
| Ausgewählte Schwellenkonzentrationen | |
| Coffein (bitter) | $9,4 \cdot 10^{17}$ Moleküle/10 ml Lsg. ($1,6 \cdot 10^{-4}$ mol/l) |
| Chininsulfat (bitter) | $6,5 \cdot 10^{14}$ Moleküle/10 ml Lsg. ($1,1 \cdot 10^{-7}$ mol/l) |
| Strichninthydrochlorid (bitter) | $4,9 \cdot 10^{15}$ Moleküle/10 ml Lsg. ($8,1 \cdot 10^{-7}$ mol/l) |
| Weinsäure (sauer) | $9,3 \cdot 10^{17}$ Moleküle/10 ml Lsg. ($1,5 \cdot 10^{-4}$ mol/l) |
| Kochsalz (salzig) | $5,2 \cdot 10^{19}$ Moleküle/10 ml Lsg. ($8,6 \cdot 10^{-3}$ mol/l) |
| Rohrzucker | $6,2 \cdot 10^{19}$ Moleküle/10 ml Lsg. ($1,0 \cdot 10^{-2}$ mol/l) |
| Saccharin | $1,6 \cdot 10^{16}$ Moleküle/10 ml Lsg. ($2,7 \cdot 10^{-6}$ mol/l) |
| Ein feiner Geschmackssinn als Kapital | |
| Versicherungssumme für die Zunge des Kaffee-Sommeliers <i>Gennaro Pelliccia</i> (GB) | 12 Mio € |
| Keidel 1985; Schmidt und Thews 1995; Tortora und Derrickson 2006; Schmidt, Lang, Heckmann 2010; Silbernagel 2012; Garneau et al. 2014, Guinness Buch der Rekorde 2015 | |

Tab. 1.9.14 Das Riechsystem

Der Geruchssinn ist der empfindlichste chemische Sinn des Menschen. Da der Luftstrom bei normaler Nasenatmung vorwiegend durch die beiden unteren Nasengänge zieht, gelangen Duftstoffe nur über Diffusion durch den Nasenschleim zum Riechepithel. Beim Schnupfern kommt die Luft direkt zum Riechepithel und verbessert so die Geruchsleistung.

Während die absolute Schwellenkonzentration beim Menschen bei 10^7 Moleküle/ml Luft liegt, nimmt ein Hund noch Konzentrationen von 10^3 Moleküle/ml Luft wahr.

| Die Nasenschleimhaut und das Niesen | |
|---|--|
| Gesamtoberfläche der Nasenschleimhaut | 140–160 cm ² |
| Erneuerung der Schleimschicht | alle 10 Stunden |
| Transportgeschwindigkeit des Nasenschleims durch Zilien | 1 cm pro Stunde |
| Geschwindigkeit der Partikel beim Niesen (im Kehlkopfbereich) | über 150 km/h |
| Die Riechschleimhaut (Regio olfaktoria) | |
| Fläche der Riechschleimhaut (<i>Regio olfaktoria</i>) beider Nasenhöhlen | 5 cm ² 100 cm ² |
| Zum Vergleich: Fläche der Riechschleimhaut bei Hunden | |
| Anteil der Riechschleimhaut an der gesamten Nasenschleimhaut des Menschen | ca. 3,5 % |
| Höhe der Riechschleimhaut | 30–60 µm |
| Anzahl der Riechsinneszellen eines Erwachsenen | ca. 20–30 Millionen |
| Lebensdauer einer Riechsinneszelle | ca. 1 Monat |
| Anzahl der Riechhärtchen einer Riechsinneszelle | 6–8 |
| Anzahl der Riechsinneszellen, die mit einem zum Riechhirn führenden Neuron verbunden sind | ca. 1000 |
| Anzahl der insgesamt unterscheidbaren Düfte | ca. 10.000 |
| Empfindlichkeitsabnahme (Gewöhnung) bei längerem Einwirken eines Riechstoffes in gleicher Konzentration | 65–75 % |

McCutcheon 1991; Lexikon der Biologie 1992; Campenhausen 1993; Mörike, Betz, Mergenthaler 2007; Schmidt, Lang, Heckmann 2010

Tab. 1.9.15 Wahrnehmungsschwelle für Geruchstoffe

Die Empfindungen beim Riechen werden 1952 von Amoore in 7 Duftklassen (Primärgerüche) eingeteilt. Die Wahrnehmungsschwelle entspricht der Konzentration eines Duftstoffes, ab der man etwas riecht, aber nicht genau sagen kann, was es ist.

Die Erkennungsschwelle entspricht der Konzentration eines Duftstoffes, ab der man diesen eindeutig identifizieren kann. Die Erkennungsschwelle liegt ungefähr um den Faktor 10 über der Wahrnehmungsschwelle.

| Duftklasse | Substanz (Auswahl) | Riecht nach | Wahrnehmungsschwelle Moleküle/ml Luft |
|--|---------------------|--------------|---------------------------------------|
| blumig | Geraniol | Rosenöl | 10^{14} |
| minzig | Menthol | Pfefferminze | 10^{14} |
| ätherisch | Benzylazetat | Birne | 10^{14} |
| moschusartig | Moschus | Moschus | 10^{13} – 10^{15} |
| kampferartig | Kampfer | Eukalyptus | 10^{14} |
| schweißig | Buttersäure | Schweiß | 10^9 – 10^{11} |
| faulig | Schwefelwasserstoff | faulen Eiern | 10^7 – 10^{10} |
| Ein feiner Geruchsinn als Kapital | | | |
| Versicherungssumme für die Nase des Weingut-Besitzers <i>Ilja Gort (NL)</i> | | | 5 Mio € |
| Thews, Mutschler, Vaupel 1999; Schmidt, Lang, Heckmann 2010 | | | |

1.10 Auge (Purves 2011, S. 1292ff) und Ohr (Purves 2011, S. 1286ff)

Das Auge und das Ohr gehören zu den menschlichen Sinnesorganen. Sie gewährleisten die Wahrnehmung optischer und akustischer Signale und ermöglichen so Interaktion des Menschen mit der Umwelt. Die insgesamt 127 Millionen Sehsinneszellen des Auges wandeln optische Reize in elektrische Erregungen um. Diese Informationen werden durch den Sehnerv zu den integrativen Zentren des Sehzentrums weitergeleitet. Der so im Gehirn eingehende Informationsfluss wird auf 10^7 bit pro Sekunde hochgerechnet. Das menschliche Ohr wandelt in den Haarzellen in einem hochkomplexen System den Schall in elektrische Impulse um. Durch integrative Verarbeitung der Informationen beider Ohren ist das Gehirn in der Lage, die Schallquelle im Raum zu orten.

Tab. 1.10.1 Zahlen zum Staunen

Literatur siehe nachfolgende Tabellen

Ausgewählte Angaben zu Auge und Ohr aus den nachfolgenden Tabellen

| | |
|--|---------------|
| Knochenwanddicke zwischen Augenhöhle und Kieferhöhle | 0,5 mm |
| Gesamtzahl der Sehsinneszellen der Netzhaut (Retina) | 127 Millionen |

Ausgewählte Angaben zu Auge und Ohr aus den nachfolgenden Tabellen

| Dauer von Adoptionszeiten des Auges | |
|---|-------------------|
| Dauer der Helladaption nach vollständiger Dunkeladaption | 15–60 s |
| Dauer der Dunkeladaption nach vollständiger Helladaption | 30–45 min |
| Mindestzahl von Photonen, die nötig sind, um eine Sehsinneszelle zu erregen | 5 |
| Leistungen des Farbsehens | |
| Unterscheidbare Farbtöne | ca. 200 |
| Wahrnehmbare Sättigungsstufen | 20–25 |
| Wahrnehmbare Helligkeitsstufen | ca. 500 |
| Farbdifferenzierungsmöglichkeiten insgesamt | mehrere Millionen |
| Anteil der Männer mit einer Farbsehstörung | 8 % |
| Anteil der Frauen mit einer Farbsehstörung | 0,4 % |
| Durchschnittliche Häufigkeit des Augenlidschlages | alle 20 Sekunden |
| Richtungshören | |
| Minimaler unterscheidbarer Intensitätsunterschied für beidohriges Hören | 1 dB |
| Minimaler unterscheidbarer Laufzeitunterschied für beidohriges Hören | 0,03 ms |
| Minimaler unterscheidbarer Wegunterschied des Schalls zu beiden Ohren | 1 cm |
| Kleinster unterscheidbarer Winkel zur Lokalisation einer Schallquelle | 3,0° |
| Tiefster Ton eines Bassisten | 45 Hz |
| Höchster Ton einer Sopranistin | 2000 Hz |

Tab. 1.10.2 Das Auge und die äußere Augenhaut

Im Auge (Purves 2011, S. 1296) werden mit Hilfe des optischen Apparats Objekte der Umwelt auf der Netzhaut abgebildet. Die elektrisch kodierte Information wird dann über den Sehnerv (*Nervus opticus*) in das primäre Sehzentrum der Großhirnrinde geleitet. Der Augapfel setzt sich aus 3 Augenhäuten zusammen:

- äußere Augenhaut (Hornhaut und Lederhaut)
- mittlere Augenhaut (Iris, Ziliarkörper und Aderhaut) siehe Tab. 1.10.3
- innere Augenhaut (Netzhaut) siehe Tab. 1.10.4

| Angaben zu Augenhöhle, Augenmuskeln und Augapfel | |
|---|---------------------|
| Umgebende Knochen | |
| Anzahl der Knochen, die die Augenhöhle bilden | 6 |
| Knochenwanddicke zwischen Augenhöhle und Kieferhöhle | 0,5 mm |
| Knochenwanddicke zwischen Augenhöhle und den Siebbeinzellen | 0,3 mm |
| Äußere Augenmuskeln | |
| Anzahl | 6 |
| Zahl der Hirnnerven, die die Augenmuskeln innervieren | 3 |
| Augapfel (<i>Bulbus oculi</i>) | |
| Durchmesser Neugeborene | 17,0 mm |
| Durchmesser Dreijährige | 23,0 mm |
| Durchmesser Erwachsene | 24,0 mm |
| Umfang beim Erwachsenen | 74,9 mm |
| Gewicht des Augapfels | 7,5 g |
| Volumen des Augapfels | 6,5 ml |
| Angaben zur äußeren Augenhaut | |
| Lederhaut (<i>Sklera</i>) | |
| Dicke vorne | 0,5 mm |
| Dicke hinten | 1,0 mm |
| Hornhaut (<i>Cornea</i>) | |
| Vertikaler Durchmesser | 11,0 mm |
| Horizontaler Durchmesser | 11,9 mm |
| Oberfläche der Hornhaut | 1,3 cm ² |
| Dicke, zentral | 0,5 mm |
| Dicke, peripher | 0,7 mm |
| Krümmungsradius der vorderen Hornhautfläche | 7,8 mm |
| Brechkraft der Hornhaut | 45 Dioptrien |
| Tränenfilm der Hornhaut | |
| Dicke der Muzinschicht (direkt auf der Hornhaut) | 0,2 µm |
| Dicke der Wasserschicht (in der Mitte) | 10,0 µm |
| Dicke der Lipidschicht (zur Außenwelt hin) | 0,1 µm |

Francois und Hollwich 1977; Keidel 1985; Leydhecker 1985; Schenck und Kolb 1990; Schmidt und Thews 1995; Mörike, Betz, Mergenthaler 2007; Schmidt, Lang, Heckmann 2010

Tab. 1.10.3 Die mittlere Augenhaut, Glaskörper und Linse

Der Ziliarkörper enthält glatte Muskelfaserzüge und reguliert den Krümmungsgrad der Linse. Das Sehloch (Pupille) liegt im Zentrum der Regenbogenhaut (Iris). Deshalb wird die Pupillenweite größer, wenn sich die Iris zusammenzieht.

| Angaben zu Ziliarkörper und Regenbogenhaut | |
|--|-----------------|
| Ziliarkörper | |
| Zahl der Fortsätze im Ziliarkörper | 70–75 |
| Länge eines Ziliarfortsatzes | 2 mm |
| Dicke eines Ziliarfortsatzes | 0,5 mm |
| Regenbogenhaut (Iris) und Pupille | |
| Veränderung der Pupillenweite durch Belichtung | 2–8 mm |
| Verkürzungsfähigkeit der Regenbogenhaut | 80 % |
| Reaktionszeit nach Belichtung | 0,3–0,8 s |
| Angaben zu Größe, Gewicht, Brechkraft und Bau der Linse | |
| Dicke | 4 mm |
| Durchmesser | 9 mm |
| Gewicht | 174 mg |
| Krümmungsradius | |
| der Vorderfläche | 10,0 mm |
| der Hinterfläche | 6,0 mm |
| Brechkraft der Linse | 19–33 Dioptrien |
| Wasseranteil (Rest: Eiweiß) | 65 % |
| Linsenkapsel | |
| Dicke, vorne | 10–20 μ m |
| Dicke, hinten | 5 μ m |
| Linsenfasern | |
| Länge | 7–10 mm |
| Breite | 1–10 μ m |
| Dicke | 2 μ m |
| Anteil unlöslicher Proteine der Linse | |
| im Alter von 10 Jahren | 3 % |
| im Alter von 80 Jahren | 40 % |

| Angaben zum Glaskörper | |
|--------------------------------|--------|
| Volumen | 4,4 ml |
| Gewicht | 4 g |
| Brechungsindex des Glaskörpers | 1,33 |
| Wasseranteil (Rest: Eiweiß) | 99 % |

Francois und Hollwich 1977; Keidel 1985; Leydhecker 1985; Schenck und Kolb 1990; Schmidt und Thews 1995; Mörike, Betz, Mergenthaler 2007; Schmidt, Lang, Heckmann 2010

Tab. 1.10.4 Die innere Augenhaut (Netzhaut)

Die Netzhaut (Retina) (Purves 2011, S. 1297ff) ist aus 10 Schichten aufgebaut. Hier liegen die Sehsinneszellen (Stäbchen und Zapfen). Diese sind in der Lage, Lichtreize in elektrische Signale umzuwandeln. Unter einem rezeptiven Feld versteht man die Anzahl der Sehsinneszellen, die ihre Informationen über eine einzelne Nervenfaser in Richtung Gehirn weiterleiten (durchschnittlich 130). In der *Fovea centralis*, hat ein rezeptives Feld nur eine Sehsinneszelle. Der „*Blinde Fleck*“ liegt an der Durchtrittsstelle des Sehnervs durch die Retina.

| Angaben zur Netzhaut (Retina) | |
|---|-----------------------|
| Anzahl der Schichten der Retina | 10 |
| Dicke der Netzhaut | |
| Am Gelben Fleck (<i>Macula lutea</i>) | 0,2 mm |
| An der <i>Ora serrata</i> (Grenze zwischen dem lichtempfindlichen und dem lichtunempfindlichen Teil der Retina) | 0,1 mm |
| Gesamtzahl der Sehsinneszellen der Retina | 127 Millionen |
| Anzahl der Sehsinneszellen pro mm² | |
| Zum Vergleich Waldkauz | 400.000 |
| Zum Vergleich Katze | 680.000 |
| Durchschnittliche Anzahl der Sehsinneszellen eines rezeptiven Feldes der Retina | 510.000 |
| Größe eines rezeptiven Feldes in der <i>Fovea centralis</i> (Ort des schärfsten Sehens) | 130 Sehzellen |
| Dauer der Helladaption nach vorheriger Dunkeladaption | 1 Sehzelle |
| Dauer der Dunkeladaption nach vorheriger Helladaption | 15–60 s |
| Arbeitsbereich der Sehzellen (cd = Candela) | 30–45 min |
| | 10^{-7} – 10^6 cd |

Angaben zur Netzhaut (Retina)

| | |
|---|------------|
| Absorptionsbereich der Sehzellen (sichtbares Licht violett-rot) | 400–760 nm |
| Durchmesser des Blinden Flecks (<i>Discus nervi optici</i>) | 1,5 mm |
| Durchmesser des Gelben Flecks (<i>Macula lutea</i>) | 1,5 mm |

Thompson 1992; Schmidt und Thews 1995; Junqueira, Carneiro, Gratzl, 2004; Mörike, Betz, Mergenthaler 2007; Schmidt, Lang, Heckmann 2010

Tab. 1.10.5 Die Sehsinneszellen in der Netzhaut

Stäbchen vermitteln das Dämmerungssehen, Zapfen das Farbsehen. In der *Fovea centralis* (Ort des schärfsten Sehens) gibt es nur Zapfen.

| Angaben zu den Stäbchen (Dämmerungssehen) | |
|--|------------------------|
| Anzahl der Stäbchen in der Netzhaut | 120 Millionen |
| Dicke/Länge eines Stäbchens | 1–5 µm/50 µm |
| Anzahl der scheibenförmigen Bläschen pro Stäbchen | 600–2000 |
| Anzahl der Rhodopsinmoleküle (Sehpigment) pro Bläschen | 20.000–800.000 |
| Empfindlichkeitsmaximum aller Sehpigmente der Stäbchen | 550 nm |
| Flimmerverschmelzungsfrequenz | 65–80 Reize/s |
| Minimale Größe eines gesehenen Blitzes | 500 nm |
| Mindestzahl von Photonen zur Erregung eines Stäbchens | 5 |
| Absolute Reizschwelle beim Dämmerungssehen | $2–6 \cdot 10^{17}$ Ws |
| Angaben zu den Zapfen (Farbsehen) | |
| Anzahl der Zapfen in der Netzhaut | ca. 7 Millionen |
| Dicke/Länge eines Zapfens | 3–5 µm/40 µm |
| Zapfenabstand in der <i>Fovea centralis</i> | 2,5 µm |
| Unterscheidbare Farbtöne | ca. 200 |
| Wahrnehmbare Sättigungsstufen | 20–25 |
| Wahrnehmbare Helligkeitsstufen | ca. 500 |
| Farbdifferenzierungsmöglichkeiten insgesamt | mehrere Millionen |
| Absorptionsmaxima der 3 Sehpigmente der Zapfen Blau/Grün/Rot | 420/535/565 nm |
| Kumulatives Empfindlichkeitsmaximum | 510 nm |

| | |
|--|--------------------|
| Flimmerverschmelzungsfrequenz | 15–25 Reize/s |
| Störungen des Farbsehens bei Männern | 8 % aller Männer |
| Störungen des Farbsehens bei Frauen | 0,4 % aller Frauen |
| Thompson 1992; Schmidt und Thews 1995; Junqueira, Carneiro, Gratzl 2004; Mörike, Betz, Mergenthaler 2007; Schmidt, Lang, Heckmann 2010 | |

Tab. 1.10.6 Das abbildende System des Auges

Das abbildende System des Auges entwirft auf der Netzhaut ein reelles, umgekehrtes und verkleinertes Bild der betrachteten Gegenstände. Die Brechkraft wird in Dioptrien (dpt) angegeben (reziproker Wert der in Metern gemessenen Brennweite). Akkommodation ist die Fähigkeit des Auges, die Brechkraft der Linse der Entfernung des fixierten Gegenstandes anzupassen. Dem passiven Streben der elastischen Linse zur Kugelform (hohe Brechkraft = Naheinstellung) steht die Zugwirkung des radiären Aufhängeapparats (Zonulafasern) entgegen, die eine Abflachung der Linse bewirkt (geringe Brechkraft = Ferneinstellung).

| | |
|---|--------|
| Akkommodationsruhe (Fernakkommodation) | |
| Gegenstandsweite, ab der die Fernakkommodation einsetzt | >5 m |
| Gesamtbrechkraft in Akkomodationsruhe | |
| Luft-Hornhaut | 59 dpt |
| Hornhauthinterfläche | 49 dpt |
| Linse | −6 dpt |
| Linse | |
| Maximale Akkommodation (Nahakkommodation) | |
| Gegenstandsweite, ab der die Nahakkommodation einsetzt | <5 m |
| Gesamtbrechkraft bei maximaler Akkommodation | |
| beim Jugendlichen insgesamt | 69 dpt |
| Luft-Hornhaut | 49 dpt |
| Hornhauthinterfläche | −6 dpt |
| Linse | 26 dpt |
| Linse | |
| im Alter (Altersweitsichtigkeit) insgesamt | 59 dpt |
| Luft-Hornhaut | 49 dpt |
| Hornhauthinterfläche | −6 dpt |
| Linse | 16 dpt |

| Brechungsindex der an der Abbildung beteiligten Systeme | |
|--|------|
| Luft | 1,00 |
| Hornhaut | 1,38 |
| Kammerwasser | 1,34 |
| Linsenkern | 1,41 |
| Glaskörper | 1,34 |

Mörike, Betz, Mergenthaler 2007; Schmidt, Lang, Heckmann 2010

Tab. 1.10.7 Das Kammerwasser

Das Kammerwasser in der vorderen und der hinteren Augenkammer wird durch den Ziliarkörper gebildet und im Kammerwinkel wieder resorbiert. Es dient der Formehaltung des Augapfels sowie der Ernährung von Linse und Hornhaut. Störungen des Abflusses können zu einer Erhöhung des Augeninnendrucks und damit zum Glaukom führen.

Angaben zur Bildung und zur Zusammensetzung des Kammerwassers

| | |
|---|-------------|
| Volumen des Kammerwassers pro Auge | 0,2–0,4 ml |
| Bildung des Kammerwassers | 2 µl/min |
| Bildung pro Tag | 2,9 ml |
| Vollständiger Austausch des Kammerwasser durch Neubildung | 1–2 Stunden |
| Brechungsindex | 1,3 |

Zusammensetzung des Kammerwassers

| | |
|----------|---------------|
| Eiweiß | 669 mg/100 ml |
| Kochsalz | 658 mg/100 ml |
| Natrium | 445 mg/100 ml |
| Kalium | 116 mg/100 ml |
| Glukose | 65 mg/100 ml |

Junqueira, Carneiro, Gratzl 2004; Schmidt, Lang, Heckmann 2010

Tab. 1.10.8 Angaben zur Funktion des Auges

Unter Sakkaden (Ruck, kurzes Rütteln) versteht man bei der willkürlichen Augenbewegung die kleinen Sprünge von einem Fixationspunkt zum anderen.

Angaben zu Gesichtsfeld, Brennweite, Schwinkel, Fixationsperiode, Augeninnendruck und Nahpunkten der Augen

| | |
|---|------------------------------|
| Das Gesichtsfeld oben/unten/zur Nase hin/schlafenwärts | 60/70/60/90° |
| Vordere Brennweiten im Auge | |
| optisches System ohne Linse | 23,2 mm |
| optisches Systems mit Linse | 17,0 mm |
| Hintere Brennweite | |
| optisches Systems ohne Linse | 31,0 mm |
| optisches System mit Linse | 24,0 mm |
| Sehfeld gesamt | 145° |
| Binokulares (räumliches) Sehen | 120° |
| Dem Auflösungsvermögen des Auges entsprechender Schwinkel | 20" |
| Sehwinkel, der der Größe eines Zapfenaußenglieds entspricht | 0,4' |
| Strecke auf der Retina, die dem Schwinkel von 1° entspricht | 0,29 mm |
| Dauer einer Fixationsperiode beim Umherblicken | 0,2–0,6 s |
| Dauer der Sakkaden beim Umherblicken | 10–80 ms |
| Größe der Sakkadenamplituden (abhängig von der Größe der betrachteten Umgebung) | wenige Winkelminuten bis 90° |
| Durchschnittliche Winkelgeschwindigkeit der Augenbewegungen | 200–600°/s |
| Maximale Winkelgeschwindigkeit von Objekten, die ohne Kopfbewegung verfolgt werden können | 60°/s |
| Augeninnendruck | |
| Durchschnittswerte | 15–18 mmHg |
| Normalwerte | 10–22 mmHg |
| Nahpunkt des Auges | |
| im Alter von 5/10 Jahren | 7/8 cm |
| im Alter von 20/30 Jahren | 10/12 cm |
| im Alter von 40/50 Jahren | 17/45 cm |
| im Alter von 60/70 Jahren | 70/100 cm |
| Akkommodationsbreite des Auges | |
| im Alter von 5/10 Jahren | –/12,0 Dioptrien |
| im Alter von 20/30 Jahren | 10,0/8,0 Dioptrien |
| im Alter von 40/50 Jahren | 6,0/2,0 Dioptrien |
| im Alter von 60/70 Jahren | 1,4/1,0 Dioptrien |

Keidel 1985; Schmidt und Thews 1995; Mörike, Betz, Mergenthaler 2007; Schmidt, Lang, Heckmann 2010

Tab. 1.10.9 Die Tränenflüssigkeit

Die Tränenflüssigkeit wird ab der 3. Lebenswoche in den Tränendrüsen gebildet. Der Abtransport erfolgt über die Tränenkanäle in die Nase. Aufgabe der leicht salzig schmeckenden Flüssigkeit ist die Bildung eines Flüssigkeitsfilms, der die Hornhaut vor Austrocknung schützt und somit die physiologische Quellung des Epithels aufrechterhält. Der Lidschlag sorgt dafür, dass immer alle Teile der Hornhaut benetzt sind. Ohne Lidschlag, z. B. bei einer Nervenlähmung, trocknet die Hornhaut aus, was zur Erblindung führen kann. Das bakterizide Enzym Lysozym verhindert das Eindringen oder die Infektion durch Bakterien von außen.

Angaben zur Produktion und zur Zusammensetzung der Tränenflüssigkeit

| | |
|--|-----------------------|
| Beginn der Tränenproduktion | ab der 3. Lebenswoche |
| Tägliche Produktion an Tränenflüssigkeit | ca. 1 ml |
| Produktionsrate | |
| Erwachsene | 38 µl/Stunde |
| Kinder | 84 µl/Stunde |
| Häufigkeit des Lidschlages | alle 20 Sekunden |
| pH-Wert | 7,4–7,8 |
| Zusammensetzung der Tränenflüssigkeit | |
| Wasser | 981,30 g/l |
| Trockensubstanz | 18,70 g/l |
| <i>Gesamtprotein</i> | 6,69 g/l |
| <i>Gesamtalbumin</i> | 3,94 g/l |
| <i>Gesamtglobulin</i> | 2,75 g/l |
| <i>Lysozym (bakterizid)</i> | 1,70 g/l |

Diem und Lentner 1977; Mörike, Betz, Mergenthaler 2007

Tab. 1.10.10 Die Vererbung der Augenfarben

Babys werden in allen ethnischen Gruppen mit blauen Augen geboren. Schon Stunden nach der Geburt kann sich jedoch die Pigmentierung ändern. Nach dem Tod ist die Augenfarbe grünbraun. Die Angaben in der Tabelle beruhen auf einer dänischen Studie.

| | | Anzahl der Kinder mit den Augenfarben | | |
|------------------------|-------|---------------------------------------|-------|------------------------|
| Augenfarben der Eltern | | blau | braun | graubraun/ blaugrau |
| Vater | blau | 625 | 12 | 7 |
| Mutter | blau | | | |
| Vater | blau | 317 | 322 | 9 |
| Mutter | braun | | | |
| Vater | braun | 25 | 82 | |
| Mutter | blau | | | |

McCutcheon 1991

Tab. 1.10.11 Äußeres Ohr und Mittelohr

Zum äußeren Ohr zählen die Ohrmuschel und der äußere Gehörgang. Der äußere Gehörgang ist durch das Trommelfell vom Mittelohr getrennt. Mit dem Ohrenschmalz (Zerumen) werden Haare und Schmutzpartikel eingehüllt und über den äußeren Gehörgang abtransportiert.

Das Mittelohr besteht aus der Paukenhöhle, die durch das Trommelfell von dem äußeren Gehörgang und durch das ovale Fenster vom Innenohr getrennt wird. Über die Ohrtrumpe (Eustachische Röhre) ist das Mittelohr mit dem Rachen verbunden. Ankommender Schall wird vom Trommelfell durch die Gehörknöchelchen zum ovalen Fenster in das Innenohr geleitet (Purves 2011, S. 1287).

| Angaben zur Entwicklung und zum Bau des äußeren Ohrs | |
|--|---------------------|
| Ausformung der Ohrmuschelform bei Neugeborenen | ab ca. 40. Woche |
| Äußerer Gehörgang | |
| Öffnungsfläche | 0,4 cm ² |
| Länge, Erwachsener | 3–3,5 cm |
| Länge, Kleinkind | wenige mm |
| Breite, Erwachsener | 0,5–1 cm |
| Volumen | 1,04 ml |
| Angaben zum Mittelohr mit den Gehörknöchelchen | |
| Trommelfell (<i>Membrana tympani</i>) | |
| Durchmesser | 9 mm |

| | |
|---|------------------------|
| Gesamtfläche | ca. 88 mm ² |
| Fläche, die mit dem Hammerstiel verbunden ist | 55 mm ² |
| Dicke des Trommelfells | 0,1 mm |
| Paukenhöhle (<i>Cavum tympani</i>) | |
| Volumen der Paukenhöhle | 2 ml |
| Höhe der Paukenhöhle | 20 mm |
| Länge der Paukenhöhle | 10 mm |
| Schmalste Stelle der Paukenhöhle | 2 mm |
| Gehörknöchelchen | |
| Gewicht des Hammers (<i>Malleus</i>) | 25 mg |
| Gesamtlänge des Hammers | 8 mm |
| Gewicht des Amboss (<i>Incus</i>) | 28 mg |
| Gewicht des Steigbügels (<i>Stapes</i>) | 3 mg |
| Länge/Breite der Fußplatte des Steigbügels | 3 mm/1,4 mm |
| Fläche der Fußplatte des Steigbügels | 3,5 mm ² |
| Kraftverstärkung der weitergeleiteten Schwingungen durch die Gehörknöchelchen | 20-fach |
| Verhältnis der Hebelarme von Ambossfortsatz : Hammergriff | 1 : 1,3 |
| Flächenrelation von Trommelfell und ovalen Fenster | 17 : 1 |
| Größte Leistungsfähigkeit der Gehörknöchelchen bei einer Frequenz von | ca. 2000 Hz |

Spector 1956; Mörike, Betz, Mergenthaler 2007; Schmidt, Lang, Heckmann 2010

Tab. 1.10.12 Das Innenohr

Das Innenohr (Purves 2011, S. 1288 ff) besteht aus der Hörschnecke (Cochlea) und dem Gleichgewichtsorgan (Vestibularorgan). Das Innere der Hörschnecke wird von 3 übereinanderliegenden, flüssigkeitsgefüllten Gängen, der Vorhofstreppe (*Scala vestibuli*), dem häutigen Schneckengang (*Ductus cochlearis*) und dem Paukengang (*Scala tympani*) gebildet. Der Begriff *Scala* kommt aus dem Lateinischen und bedeutet Treppe. Der Schall wird über die Gehörknöchelchen des Mittelohrs über das ovale Fenster auf die Flüssigkeit des Innenohrs übertragen.

Im Innenohr läuft die Druckwelle in der Vorhofstreppe (*Scala vestibuli*) durch die Schnecke. An der Spitze der Schnecke ist die Vorhofstreppe über das *Helicotrema* mit der Pau-

kengang (*Scala tympani*) verbunden. Diese endet am runden Fenster, das frei schwingen kann. Zwischen Vorhofstreppe und Paukengang) liegt in der *Scala media* das Hörorgan (Cortisches Organ). Die *Scala media* ist durch die Reißner-Membran von der Vorhofstreppe und durch die Basilarmembran vom Paukengang getrennt.

Das Hörorgan (Corti-Organ) ist Träger der Sinneszellen (Haarzellen) des Innenohrs, die von Stütz- und Pfeilerzellen stabilisiert werden. Durch die Bewegung der Endolymphe im Schnekkengang werden die haarartigen Zellfortsätze (Stereozilien) der inneren Haarzellen bewegt. Das hat die Depolarisation der Zelle zur Folge und die mechanische Energie der Schallwelle wird in eine elektrische Information umgewandelt. Diese kann nun in Form eines Aktionspotentials über den Hörnerv (*Nervus vestibulocochlearis*) zum Gehirn geleitet werden.

| Angaben zur Anatomie der Schnecke | |
|---|----------------------------|
| Fläche des ovalen Fensters (<i>Fenestra vestibuli</i>) | 2,8 mm ² |
| Fläche des runden Fensters (<i>Fenestra cochleae</i>) | 2,0 mm ² |
| Anzahl der Windungen der Schnecke | 2,5 |
| Gesamtvolumen der Schnecke | 98 mm ³ |
| Volumen/Durchmesser der Vorhofstreppe (<i>Scala vestibuli</i>) | 54 mm ³ /3,5 mm |
| Volumen der Paukentreppe (<i>Scala tympani</i>) | 37 mm ³ |
| Volumen/Länge der <i>Scala media</i> | 6,7 mm ³ /35 mm |
| Fläche zwischen <i>Scala tympani</i> und <i>Scala media</i> | 0,14 mm ² |
| Länge/Dicke der Basilarmembran | 30 mm/<0,003 mm |
| Angaben zum Hörorgan (Cortisches Organ) | |
| Querschnittsfläche | 0,0036 mm ² |
| Gesamtzahl der Ganglienzellen im Innenohr | ca. 30.500 |
| Anzahl/Länge der innere Haarzellen | 3500/34 µm |
| Anzahl/Länge der äußere Haarzellen | 12.000/28–66 µm |
| Anzahl der inneren Pfeilerzellen | 5600 |
| Anzahl der äußeren Pfeilerzellen | 3850 |
| Regenerierbarkeit der Sinneszellen | keine |
| Anzahl der Nervenfasern, die vom Hörorgan in den Hörnerv (<i>Nervus vestibulocochlearis</i>) ziehen | 30.000–40.000 |
| Maximale Frequenz der geleiteten Signale | 800/s |

Keidel 1985; Mörike, Betz, Mergenthaler 2007

Tab. 1.10.13 Hörleistungen

Eine Schallquelle verdichtet und verdünnt die sie umgebende Luft. Die Druckschwankungen werden über das Trommelfell und die Gehörknöchelchen an das Innenohr übertragen.

Haben die Druckmittelwerte die Form von Sinusschwingungen, werden sie als Töne empfunden. Da die menschliche Stimme und Musikinstrumente in der Regel keine reinen Sinusschwingungen erzeugen, spricht man von Klang. Die Lautstärke wird durch die Amplitude der Schwingung, die Tonhöhe durch die Frequenz in Hertz charakterisiert (1 Hz = 1 Schwingung/s).

Die Hörbarkeit eines Schallereignisses hängt nicht nur von der Frequenz der Schwingungen ab, sondern auch von ihrer Intensität. Der objektive Schalldruckpegel wird in Dezibel (dB) angegeben. Da die Empfindlichkeit des menschlichen Gehörs frequenzabhängig ist, wurde noch der subjektive Lautstärkepegel Phon eingeführt.

Angaben zu Hörbereich, Empfindlichkeit, Hörschäden und Richtungshören

| | |
|--|------------------------------------|
| Hörbereich eines gesunden Jugendlichen | 20–21.000 Hz |
| Abnahme des oberen Hörbereichs im Alter | |
| Mit 35 Jahren | 15.000 Hz |
| Mit 50 Jahren | 12.000 Hz |
| Im Greisenalter | 5000 Hz |
| Größte Empfindlichkeit des menschlichen Ohres | 2000–5000 Hz |
| Schalldruck (bei 3000 Hz) | |
| Absolutschwelle | $2 \cdot 10^{-5}$ Pa |
| Mittlerer Bereich | 1 Pa (10 dyn/cm ²) |
| Schmerzschwelle | 100 Pa (1000 dyn/cm ²) |
| Durchschnittlicher Hörverlust bei einem | |
| 60-jährigen Mann bei 8000 Hz | 40 dB |
| 60-jährigen Mann bei 4000 Hz | 30 dB |
| Schmerzgrenze beim Hören | 130 dB |
| Hörschäden entstehen ab einer Dauerbelastung von | 90 dB |
| Frequenzunterschiedsschwelle bei 1000 Hz | 3 Hz |
| Intensitätsunterschiedsschwelle | |
| an der Hörschwelle | 3–5 dB |
| oberhalb der Hörschwelle | 1 dB |

Angaben zu Hörbereich, Empfindlichkeit, Hörschäden und Richtungshören

| Richtungshören | |
|---|------------|
| Minimaler unterscheidbarer Intensitätsunterschied für beidohriges Hören | 1 dB |
| Minimaler unterscheidbarer Laufzeitunterschied für beidohriges Hören | 0,000.03 s |
| Minimaler unterscheidbarer Wegunterschied des Schalls zu beiden Ohren | 1 cm |
| Kleinster unterscheidbarer Winkel zur Lokalisation einer Schallquelle | 3,0° |
| <i>zum Vergleich Hund</i> | 2,5° |
| <i>zum Vergleich Katze</i> | 1,5° |

Keidel 1985; Mörike, Betz, Mergenthaler 2007; Schmidt, Lang, Heckmann 2010

Tab. 1.10.14 Stimme und Sprache

Bei der Stimmbildung (Phonation) werden die Stimmlippen durch den Luftstrom aus der Lunge in Schwingungen versetzt. Die Frequenz der Schwingung kann durch die Spannung der Stimmlippen verändert werden, die Lautstärke über die Stärke des Luftstromes.

Formanten sind Obertöne der Grundfrequenz, die durch verschiedene Konfigurationen des Mundraumes entstehen. Die Grundfrequenz im Kehlkopf beim Erzeugen von Vokalen liegt beim Mann bei 100–130 Hz, bei der Frau bei 200–300 Hz.

| Angaben zu Stimmumfang, Frequenzbereichen und Leistungen der Sprache | |
|---|-------------|
| Durchschnittlicher Stimmumfang eines Erwachsenen | 2 Oktaven |
| Stimmumfang geübter Sänger | 3 Oktaven |
| Unterschied der Sprechlage von Mann und Frau | 1 Oktave |
| Normaler Frequenzbereich beim Singen | |
| Tiefster Ton eines Bassisten | 45 Hz |
| Höchster Ton einer Sopranistin | 2000 Hz |
| Ausreichender Frequenzbereich zur Übertragung von Sprache | 300–3500 Hz |
| Durchschnittliche Dauer eines Vokals | 0,2 s |
| Dauer eines sehr schnell gesprochenen Vokals | 0,05 s |

| | | | |
|--|------------|-------------------|--------------|
| Normale Hörweite der männlichen Stimme | | 180 m | |
| Brüllrekorde: männlich/weiblich | | 128,0 dB/119,4 dB | |
| Frequenzbereiche der Formanten | | | |
| Vokal [a] | – | 800–1100 Hz | – |
| Vokal [e] | 400–600 Hz | 1700–1900 Hz | 2200–2600 Hz |
| Vokal [i] | 200–400 Hz | 1900–2100 Hz | 3000–3200 Hz |
| Vokal [o] | 400–700 Hz | – | – |
| Vokal [u] | 300–500 Hz | – | – |

Keidel 1985; Guinness Buch der Rekorde 1995, 2006, 2015; Schmidt, Thews 1995; Mörike, Betz, Mergenthaler 2007; Schmidt, Lang, Heckmann 2010

Tab. 1.10.15 Schallpegelkataloge und Gehörschutzempfehlungen

Der Schallpegel wird mit genormten Schallpegelmessgeräten bestimmt. Sie sind mit drei verschiedenen Frequenzkurven (A, B, C) bewertet, um eine hohe Anpassung an die Eigenschaften des menschlichen Ohres zu ermöglichen. In der Tabelle sind A-bewertete Schallpegel für im täglichen Leben auftretende Schallereignisse angegeben.

Seit Februar 2006 ist in einer Umgebung mit hohem Schallpegel, wie bei der Arbeit in der Nähe von Flughäfen, beim Straßenbau oder in Fertigungshallen mit lauten Industriemaschinen, das Tragen eines Gehörschutzes schon ab 80 dB(A) gesetzlich vorgeschrieben. Obwohl bei Musikveranstaltungen wie zum Beispiel in Diskotheken, bei Konzerten und Musicals dieser Schalldruckpegel von 80 dB(A) sehr oft weit überschritten wird, ist dort ein Gehörschutz weder für Mitarbeiter noch für Besucher vorgeschrieben.

Ausgewählte Schallpegel L mit Schalldruck und Schall-Intensität

| Beispiele | Schalldruckpegel L _p in dB | Schalldruck p in N/m ² =Pa als Schallfeldgröße | Schall-Intensität I in Watt/m ² als Schallenergiegröße |
|------------------------------|---------------------------------------|---|---|
| Düsenflugzeug, 30 m entfernt | 140 | 200 | 100 |
| Schmerzschwelle | 130 | 63,2 | 10 |
| Unwohlseinschwellen | 120 | 20 | 1 |
| Kettensäge in 1 m Entfernung | 110 | 6,3 | 0,1 |

| | | | |
|---|-----|---|----------------|
| Disco, 1 m vom Lautsprecher | 100 | 2 | 0,01 |
| Dieselmotor, 10 m entfernt | 90 | 0,63 | 0,001 |
| Verkehrsstraße, 5 m entfernt | 80 | 0,2 | 0,0001 |
| Staubsauger in 1 m Abstand | 70 | 0,063 | 0,00001 |
| Sprache in 1 m Abstand | 60 | 0,02 | 0,000001 |
| Normale Wohnung, ruhiger Bereich | 50 | 0,0063 | 0,0000001 |
| Ruhige Bücherei | 40 | 0,002 | 0,00000001 |
| Ruhiges Schlafzimmer | 30 | 0,00063 | 0,000000001 |
| Ruhegeräusch im TV-Studio | 20 | 0,0002 | 0,0000000001 |
| Blätterrascheln in der Ferne | 10 | 0,000063 | 0,00000000001 |
| Hörschwelle | 0 | 0,00002 | 0,000000000001 |
| Ausgewählte Schallpegel und gesundheitliche Auswirkungen | | | |
| 0 dB(A) | | Hörschwelle | |
| 20 dB(A) | | Ticken einer Taschenuhr | |
| 25 dB(A) | | Atemgeräusche aus 1 m Entfernung | |
| 30 dB(A) | | Ruhiger Garten | |
| 35 dB(A) | | Sehr leiser Zimmerventilator aus 1 m Entfernung | |
| Beginn einer Beeinträchtigung bei 35 dB(A) | | | |
| 40 dB(A) | | Lern- und Konzentrationsstörungen möglich | |
| 45 dB(A) | | Übliche Wohngeräusche durch Sprechen oder Radio im Hintergrund | |
| 50 dB(A) | | Kühlschrank aus 1 m Entfernung, Vogelgezwitscher im Freien aus 15 m Entfernung | |
| 55 dB(A) | | Zimmerlautstärke von Radio oder Fernseher aus 1 m Entfernung, Staubsauger aus 10 m Entfernung | |
| 60 dB(A) | | Rasenmäher aus 10 m Entfernung | |

| | |
|--|---|
| Erhöhtes Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen bei Dauereinwirkung ab 65 dB(A) | |
| 70 dB(A) | Dauerschallpegel an Hauptverkehrsstraße tagsüber, leiser Haartrockner aus 1 m Entfernung |
| 75 dB(A) | Vorbei fahrender PKW in 7,5 m Entfernung, nicht lärmgeminderter Gartenhäcksler aus 10 m Entfernung |
| Gehörschutz ab 80 dB(A) gesetzlich vorgeschrieben | |
| 80 dB(A) | Sehr starker Straßenverkehrslärm, vorbei fahrender LKW in 7,5 m Entfernung, stark befahrene Autobahn in 25 m Entfernung |
| 80 dB(A) | Laute Radiomusik, lautes Büro |
| 85 dB(A) | Motorkettensäge in 10 m Entfernung, lauter WC-Druckspüler in 1 m Entfernung |
| Kritische Grenze für Hörschaden bei Dauerlärm (85 dB(A)) | |
| 90 dB(A) | Handschleifgerät im Freien in 1 m Entfernung |
| 90 dB(A) | MP3-Player |
| 95 dB(A) | Lautes Schreien, Handkreissäge in 1 m Entfernung |
| 100 dB(A) | häufiger Pegel bei Musik über Kopfhörer, Presslufthammer in 10 m Entfernung |
| 100 dB(A) | Autohupe in 5 m Entfernung |
| 105 dB(A) | Kettensäge aus 1 m Entfernung, knallende Autotür aus 1 m Entfernung (max. Pegel), Rennwagen in 40 m Entfernung, möglicher Pegel bei Musik über Kopfhörer |
| 110 dB(A) | Martinshorn aus 10 m Entfernung, häufiger Schallpegel in Diskotheken und in der Nähe von Lautsprechern bei Rockkonzerten, Geige fast am Ohr eines Orchestermusikers (maximaler Pegel) |
| 115 dB(A) | Startgeräusche von Flugzeugen in 10 m Entfernung |

| Schmerzschwelle, Gehörschäden schon bei kurzer Einwirkung möglich | |
|--|---|
| 120 dB(A) | Trillerpfeife aus 1 m Entfernung, Probelauf von Düsenflugzeug in 15 m Entfernung |
| 120 dB(A) | Schlagzeug in 1 m Entfernung |
| 130 dB(A) | Lautes Händeklatschen aus 1 m Entfernung (maximaler Pegel) |
| 150 dB(A) | Hammerschlag in einer Schmiede aus 5 m Entfernung (maximaler Pegel) |
| 160 dB(A) | Hammerschlag auf Messingrohr oder Stahlplatte aus 1 m Entfernung, Airbag-Entfaltung in unmittelbarer Nähe |
| 170 dB(A) | Ohrfeige aufs Ohr, Feuerwerksböller auf der Schulter explodiert, Handfeuerwaffen aus etwa 50 cm Entfernung (alles maximale Pegel) |
| 180 dB(A) | Spielzeugpistole am Ohr abgefeuert (maximaler Pegel) |
| 190 dB(A) | Schwere Waffen, etwa 10 m vom Ohr entfernt (maximaler Pegel) |

Documenta Geigy 1975, 1977; Görne 2011; www.sengpielaudio.com/TabelleDerSchallpegel.htm, aufgerufen am 7. Juli 2015

1.11 Nervensystem und Gehirn (Purves 2011, S. 1304 ff)

Das Nervensystem übersetzt Reize der Außenwelt, es überwacht die Kommunikation des Körpers mit ihr und das Zusammenspiel der vielfältigen Systeme im Innern des Körpers. Unterteilt wird es in das zentrale Nervensystem, bestehend aus Gehirn und Rückenmark, und das periphere Nervensystem, bestehend aus Hirnnerven und den Rückenmarksnerven.

Hochgerechnet besteht das menschliche Nervensystem aus ca. 30 Milliarden untereinander verschalteten Nervenzellen. Man geht davon aus, dass für einen einzigen Erinnerungsvorgang 10–100 Millionen Nervenzellen aktiviert werden.

Tab. 1.11.1 Zahlen zum Staunen

Literatur siehe nachfolgende Tabellen

Ausgewählte Angaben aus den nachfolgenden Tabellen

| | |
|---|---|
| Gesamtlänge aller Nervenfasern des Menschen (entspricht der Strecke: Erde-Mond-Erde) | ca. 768.000 km |
| Mögliche Anzahl der gleichzeitig einfließenden Nachrichten in eine Nervenzelle | >200.000 |
| Gesamtzahl der Nervenzellen des Menschen | 30 Milliarden ($3 \cdot 10^{10}$) |
| davon in der Großhirnrinde | 10 Milliarden (10^{10}) |
| davon in der Kleinhirnrinde | 10 Milliarden (10^{10}) |
| Zum Vergleich Nervenzellen Ganglion der Fliege | 10^5 |
| Zum Vergleich Nervenzellen Gehirn der Maus | 10^7 |
| Normaler täglicher Verlust von Nervenzellen | 50.000–100.000 |
| Gesamtzahl aller Synapsen im Körper | ca. 10^{14} |
| Theoretische Anzahl der möglichen Kombinationen aller synaptischen Verbindungen beim Menschen | mehr als es Atome im Universum gibt |
| Anzahl aktivierter Nervenzellen pro Erinnerungsvorgang | 10^7 – 10^8 |
| Informationsaustausch zwischen den Großhirnhemisphären über den Balken | 4 Milliarden ($4 \cdot 10^9$) Impulse/s |
| Folgen einer Unterbrechung der Sauerstoffversorgung des Gehirns: | |
| Bewusstlosigkeit nach | ca. 8–12 Sekunden |
| irreversible Teilschäden des Gehirns nach | ca. 3–8 Minuten |
| Gehirntod nach | ca. 8–12 Minuten |
| Gewicht des Gehirns von Bismarck (83 Jahre) | 1807 g |
| Gewicht des Gehirns von Schiller (46 Jahre) | 1580 g |
| Anzahl der Telefonnummern, die der Chinese <i>Gon Yangling</i> wiederholen konnte | 15.000 Nummern |
| Anzahl der Kartenspiele, die <i>Dominic O'Brien</i> aus England durch einmaliges Ansehen in der richtigen Reihenfolge aufsagen konnte | 35 Kartenspiele oder 1820 Karten |

Tab. 1.11.2 Das periphere Nervensystem

Im peripheren Nervensystem sind alle Teile des Nervensystems zusammengefasst, die außerhalb von Gehirn und Rückenmark liegen. Es besteht überwiegend aus Nervenfasern, besitzt aber auch andere Nervenzellen. Ansammlungen dieser Nervenzellen werden Ganglien

genannt. Hirnnerven sind periphere Nerven, die aus dem Gehirn austreten. Spinalnerven sind periphere Nerven, die aus dem Rückenmark austreten.

Angaben zu Länge, Anzahl, Faserdurchmesser und Geschwindigkeit der Erregungsleitung

| | |
|--|--------------------|
| Gesamtlänge aller Nervenfasern des peripheren Nervensystems | ca. 400.000 km |
| Gesamtlänge aller Nervenfasern des erwachsenen Menschen (entspricht der Strecke: Erde-Mond-Erde) | ca. 768.000 km |
| Anzahl der verschiedenen Hirnnerven (paarig) | 12 |
| Anzahl der verschiedenen Spinalnerven (paarig) | 31 |
| Zervikalnerven | 8 |
| Thorakalnerven | 12 |
| Lumbalnerven | 5 |
| Sakralnerven | 5 |
| Coccygealnerv | 1 |
| Mittlerer Faserdurchmesser | |
| Motorische Nerven vom Rückenmark zu den Skelettmuskeln | 15 µm |
| Berührungs- u. Druckfasern der Haut | 8 µm |
| Motorische Fasern vom Gehirn zu Muskelpindeln | 5 µm |
| Schmerz- u. Temperaturfasern der Haut | <3 µm |
| Marklose Schmerzfasern | 1 µm |
| Die längsten Nervenzellen (Neurone) des Menschen | |
| Bestimmte afferente Nervenfasern, die von der Körperperipherie direkt bis in das Gehirn leiten | bis 2 m |
| Motoneurone aus dem Rückenmark, die willkürliche Bewegungen vermitteln | >1 m |
| Geschwindigkeit der Erregungsleitung (Abhängig vom Durchmesser und vom Vorhandensein einer Myelinscheide) | |
| Langsamste Nervenfasern | <1 m/s (3,6 km/h) |
| Schnellste Nervenfasern | 120 m/s (432 km/h) |
| <i>Nervus ischiadicus</i> | 80–120 m/s |
| Schnelle Schmerz- u. Temperaturfasern der Haut | 5–15 m/s |
| Schnelle Berührungs- u. Druckfasern der Haut | 30–70 m/s |

Angaben zu Länge, Anzahl, Faserdurchmesser und Geschwindigkeit der Erregungsleitung

| | |
|---|------------------|
| Langsame Schmerzfasern aus den Eingeweiden | 0,5–2 m/s |
| Motorische Nerven vom Rückenmark zu den Skelettmuskeln | 70–120 m/s |
| Marklose Schmerzfasern | 1 m/s |
| Regenerierbarkeit von peripheren Nervenfasern (die Nervenzellen sind unter natürlichen Bedingungen nicht regenerationsfähig) | |
| Längenzuwachs eines Axons | 1 mm/Tag |
| Dauer einer Regeneration | Monate bis Jahre |

Rucker 1967; Keidel 1985; Thompson 1992; Schmidt, Lang, Heckmann 2010

Tab. 1.11.3 Dendriten und Axone einer Nervenzelle

Die Nervenzellen (Purves 2011, S. 1252 ff) gehören zu den größten Zellen des Organismus. Der Zellkörper besitzt als Zellfortsätze einen oder mehrere Dendriten und stets nur ein Axon (früher Neurit), das von einer Hüllzelle, der sogenannten Markscheide umgeben sein kann.

Nervenzellen kodieren Informationen in elektrische Impulse und leiten diese weiter. Diese elektrischen Impulse werden entweder von zu Sinneszellen umgebildeten Nervenzellen erzeugt oder sie gelangen über Synapsen von anderen Nerven- oder Sinneszellen an die Zellfortsätze (Dendriten) oder an den Zellkörper der Nervenzelle. Die Summe aller eingehenden Erregungen führen am Axonhügel zu einem Aktionspotential, das entlang des Axon läuft und am Ende durch eine Synapse an die Zielzelle weitergegeben wird.

Die Markscheiden um die Axone isolieren und beschleunigen die Leitungsgeschwindigkeit. Sie sind in regelmäßigen Abständen durch die Ranvier'schen Schnürringe unterbrochen. Die hohen Fließgeschwindigkeiten des Axoplasmas in den Nervenzellen ermöglicht einen Transport von unterschiedlichen Stoffen sowohl vom Zellkörper weg, als auch zum Zellkörper hin.

| | |
|--|------------------------|
| Angaben zu Anatomie und Physiologie der Dendriten | |
| Anzahl der Dendriten einer multipolaren Ganglienzelle (z.B. Purkinjezelle) | >2000 |
| Oberfläche eines Zellkörpers | |
| ohne Dendrit | 250 μm^2 |
| mit Dendriten | 27.000 μm^2 |

| | |
|--|----------------|
| Anzahl der Synapsen pro Dendrit | > 100 |
| Mögliche Anzahl der gleichzeitig einfließenden Nachrichten in eine Nervenzelle im Kleinhirn (Purkinjezelle) | > 200.000 |
| Angaben zu Anatomie und Physiologie eines Axons | |
| Potentiale der Axonmembran | |
| Ruhepotential | -70 mV |
| Während eines Aktionspotentials | +30 bis +40 mV |
| Dauer eines Aktionspotentials | 1–2 ms |
| Absolute Refraktärzeit | 2 ms |
| Relative Refraktärzeit | 4–6 ms |
| Aktivitätsgrad des schnellen Na-Systems bei einem Ruhepotential von -70 mV | 60 % |
| Fließgeschwindigkeit des Axoplasmas in der Nervenzelle vom Zellkörper zum Axonende | |
| sehr langsame Komponente | 0,2–1 mm/Tag |
| langsame Komponente | 2–8 mm/Tag |
| schnelle Komponente | 50 mm/Tag |
| sehr schnelle Komponente | 200–400 mm/Tag |
| vom Axonende einer Nervenzelle zum Zellkörper | 200–300 mm/Tag |
| Abstand von 2 Schnürringen bei einem myelinisierten Nerv (entspricht einem Internodium) | 0,08–1 mm |
| Verhältnis der Dicke des Nervs zu der Länge der Internodien | 1 : 100 |
| Maximale Erregungsfrequenzen der Nerven | 50–500 Hz |
| Sonderfall Hörnerv (<i>Nervus acusticus</i>) | bis 1000 Hz |
| Keidel 1985; Rahmann und Rahmann 1992; Schmidt und Thews 1995; Mörike, Betz, Mergenthaler 2007; Schmidt, Lang, Heckmann 2010 | |

Tab. 1.11.4 Gehirn und Rückenmark des Menschen

Das zentrale Nervensystem besteht aus dem Gehirn und dem Rückenmark. Beide Teile sind durch knöcherne Strukturen geschützt und von den Hirnhäuten umgeben. Funktionell lässt sich das zentrale Nervensystem nicht vom peripheren Nervensystem trennen.

Das Hirngewicht der Frau ist kleiner als das des Mannes. Der Grund dafür ist der kleinere Bewegungsapparat der Frau und die daraus resultierende verminderte Repräsentation entsprechender Gebiete im Gehirn.

Angaben zu Anatomie und Physiologie des Gehirns

| Hirngewicht (mit Hirnstamm und Kleinhirn) | |
|--|--|
| Neugeborene | 400 g |
| Kind im Alter von 1 Jahr | 800 g |
| Kind im Alter von 4 Jahren | 1200 g |
| Frau (durchschnittlich) | 1230–1306 g |
| Mann (durchschnittlich) | 1379–1434 g |
| Gesamtzahl der Nervenzellen des Menschen | |
| davon in der Großhirnrinde | 30 Milliarden ($30 \cdot 10^9$) |
| davon in der Kleinhirnrinde | 10 Milliarden (10^{10}) |
| davon in den restlichen Hirnstrukturen und in der Peripherie | 10 Milliarden (10^{10}) |
| zum Vergleich Anzahl der Nervenzellen im Ganglion der Fliege | 10^5 |
| zum Vergleich Anzahl der Nervenzellen im Gehirn der Maus | 10^7 |
| Länge der Axone der Nervenzellen im Gehirn | mm bis mehrere cm |
| Normaler täglicher Verlust von Nervenzellen | 50.000–100.000 |
| Anzahl der Glia-Zellen (Hilfszellen) im Gehirn | ca. 10^{12} |
| Anzahl der Synapsen des menschlichen Körpers | 100 Billionen (10^{14}) |
| Durchschnittliche Anzahl synaptischer Kontakte einer Nervenzelle mit anderen Nervenzellen im menschlichen Gehirn | mehrere Tausend |
| Theoretische Anzahl der möglichen Kombinationen von synaptischen Verbindungen im Gehirn | größer als Gesamtzahl der Atome im Universum |
| Anzahl aktiver Nervenzellen pro Erinnerungsvorgang | 10^7 – 10^8 |
| Anzahl der Impulse, die in einem Axon weitergeleitet werden können (bei 37 °C) | bis zu 1000/s |
| Angaben zum Rückenmark (Durchschnittswerte) | |
| Länge des Rückenmarks | 45 cm |
| Breite des Rückenmarks | 1 cm |
| Zahl der paarigen Spinalnerven, die vom Rückenmark entspringen | 31 |

Rahmann und Rahmann 1992; Junqueira, Carneiro, Gratzl 2004; Mörike, Betz, Mergenthaler 2007; Schmidt, Lang, Heckmann 2010

Tab. 1.11.5 Das Großhirn

Das Großhirn (Telencephalon) ist der größte Abschnitt des menschlichen Gehirns. Es überdeckt große Teile des Zwischenhirns und des Hirnstamms. Es besteht aus 2 Hemisphären, die durch eine Längsfurche getrennt sind. Nervenfasern im Balken vernetzen die beiden Hemisphären miteinander.

Pyramidenzellen sind die wichtige Nervenzellen des Großhirns. Ihre Axone bilden die Pyramidenbahnen in denen die willkürlichen Bewegungsimpulse für die Körpermuskulatur weitergeleitet werden.

| Angaben zur Aufteilung des Großhirns | |
|--|--------------------------------|
| Anteil des Großhirns am gesamten Hirngewebe | 87% |
| Aufteilung des Großhirns | |
| Rinde (Cortex) | 55 % |
| Mark (Medulla) | 45 % |
| Angaben zur Großhirnrinde | |
| Oberfläche beider Großhirnhemisphären | ca. 2200 cm ² |
| Dicke der Großhirnrinde | 1,3–4,5 mm |
| Volumen der Großhirnrinde | ca. 600 cm ³ |
| Aufteilung der Oberfläche der Großhirnrinde | |
| Anteil, der auf der Außenseite der Windungen (Gyri) liegt | 1/3 |
| Anteil, der in den Furchen (Sulci) liegt | 2/3 |
| Anzahl der Nervenzellen in der Großhirnrinde | 10 ¹⁰ |
| davon Anteil der Pyramidenzellen/Sternzellen | 80%/20% |
| Größe der Pyramidenzellen | |
| In der inneren (äußeren) Schicht der Großhirnrinde | 100 µm (40 µm) |
| Gliazellen (Hilfszellen) | |
| Größe der Oligodendrozyten | 6–8 µm |
| Größe der Astrozyten | 10–25 µm |
| Verhältnis Nervenzellen zu Gliazellen | 1/10 |
| Anzahl der Zellkörper pro mm ³ Großhirnrinde | 100.000 (10 ⁵) |
| Anzahl der Nervenzellen pro mm ³ Großhirnrinde | 10.000 (10 ⁴) |
| Anzahl der Synapsen pro mm ³ Großhirnrinde | 1 Milliarde (10 ⁹) |
| Gesamtlänge aller Nervenfasern pro mm ³ Großhirnrinde | 1–4 km |

| | |
|--|-----------------------------------|
| Gesamtlänge aller Nervenfasern der Großhirnrinde (entspricht der Strecke: Erde-Mond) | 300.000–400.000 km |
| Informationsaustausch zwischen den Großhirnhemisphären über den Balken | 4 Milliarden (10^9) Impulse/s |
| Anteil der Bevölkerung, bei der das Sprachzentrum in der linken Hemisphäre liegt | 98 % |
| Anzahl der Rindenfelder der Großhirnrinde | 200 |
| Keidel 1985; Rahmann und Rahmann 1992; Junqueira, Carneiro, Gratzl 2004; Mörike, Betz, Mergenthaler 2007; Schmidt, Lang, Heckmann 2010 | |

Tab. 1.11.6 Das Kleinhirn

Das Kleinhirn (*Cerebellum*) liegt in der hinteren Schädelgrube und ist durch eine häutige Lamelle von dem Hinterhauptlappen des Großhirns getrennt. Purkinjezellen und Körnerzellen sind die Nervenzellen des Kleinhirns. Körnerzellen fungieren nur als zwischengeschaltete Nervenzellen (Interneurone). Im Gegensatz dazu verlassen die Axone der Purkinjezellen das Kleinhirn und gewährleisten so den Informationsfluss aus dem Kleinhirn zu den anderen Hirnarealen.

Angaben zur Anatomie des Kleinhirns

| | |
|---|--|
| Zeitpunkt, ab dem sich keine Nervenzellen mehr im Kleinhirn bilden | 2. Lebensjahr |
| Gewicht des Kleinhirns | 140 g |
| Größter Durchmesser des Kleinhirns | 10 cm |
| Dicke der Kleinhirnrinde | 1 mm |
| Ausgebreitete Oberfläche des Kleinhirns zum Vergleich 2 Großhirnhemisphären | 1128 cm^2 2200 cm^2 |
| Verhältnis der in das Kleinhirn hineinleitenden Nervenfasern zu den herausleitenden | 40 : 1 |
| Anzahl der Purkinjezellen im gesamten Kleinhirn | 15 Millionen ($15 \cdot 10^6$) |
| Größe der Purkinjezellen (ohne Dendriten und Axone) | |
| Breite | 35 μm |
| Länge | 60 μm |
| Anzahl der synaptischen Eingänge einer Purkinjezelle | 200.000 |
| Anzahl der Körnerzellen im gesamten Kleinhirn | 10 Milliarden (10^{10}) |
| Anzahl der Purkinjezellen, mit der eine Körnerzelle synaptisch verbunden ist | 100 |

| | |
|--|----------|
| Verhältnis der Zahl der Körnerzellen zu Purkinjezellen | 1000 : 1 |
| Größe der Kleinhirnkerne | |
| Zahnkern (<i>Nucleus dentatus</i>) | 2,0 cm |
| Pfropfkern (<i>Nucleus emboliformis</i>) | 1,5 cm |
| Kugelkern (<i>Nucleus globosus</i>) | 0,5 cm |
| Dachkern (<i>Nucleus fastigii</i>) | 1,0 cm |

Keidel 1985; Rahmann und Rahmann 1992; Junqueira, Carneiro, Gratzl 2004; Mörike, Betz, Mergenthaler 2007; Schmidt, Lang, Heckmann 2010

Tab. 1.11.7 Die Synapsen

Die Aufgabe der Synapse ist die Erregungsübertragung von einem Neuron auf ein anderes oder auf das Erfolgsorgan (z. B. eine Muskelzelle). Zusätzlich haben die Synapsen im menschlichen Nervensystem eine Ventilfunktion, da sie Erregungen nur in eine Richtung übertragen. Diese Erregungsübertragung erfolgt beim Menschen vor allem biochemisch mit Hilfe von Überträgersubstanzen (Neurotransmitter).

Angaben zum Bau und zur Funktion von Synapsen

| | |
|---|-----------------------|
| Gesamtzahl aller Synapsen im Körper | ca. 10^{14} |
| Anzahl der synaptischen Eingänge einer motorischen Nervenzelle im menschlichen Rückenmark | ca. 10.000 |
| Weite des synaptischen Spaltes | |
| Durchschnittlich | 20 nm |
| Extremwert | 150 nm |
| Fläche der präsynaptischen Membran | bis $1 \mu\text{m}^2$ |
| Wirkung eines Aktionspotentials an der Synapse einer motorischen Endplatte | |
| Zahl der freigesetzten Vesikel | ca. 100 |
| Zahl der Acetylcholinmoleküle pro Vesikel | ca. 10.000 |
| Zeit bis zur Depolarisierung der postsynaptischen Membran (synaptische Latenz) | 0,5 ms |
| Anzahl der verschiedenen Transmittersubstanzen im menschlichen Körper | >40 |
| Anzahl der Eiweißmoleküle, die eine stoffwechselaktive Nervenzelle produziert | 15.000/s |
| Größe der synaptischen Transmitterbläschen | |
| Amine als Transmitter | 40–60 nm |

Angaben zum Bau und zur Funktion von Synapsen

| | |
|--|-----------|
| Peptide als Transmitter | 60–150 nm |
| Verteilung der Transmitter auf die Synapsen des Körpers | |
| Synapsen mit Neuropeptiden als Transmitter | 50,0 % |
| Synapsen mit Aminosäuren als Transmitter | 40,0 % |
| Synapsen mit Acetylcholin als Transmitter | 10,0 % |
| Synapsen mit Monoaminen als Transmitter | 0,5 % |

Rahmann und Rahmann 1992; Junqueira, Carneiro, Gratzl 2004; Mörike, Betz, Mergenthaler 2007; Schmidt, Lang, Heckmann 2010; Silbernagl 2012

Tab. 1.11.8 Gehirngewichte bedeutender Menschen

Gehirngewichte sind nur bei gleich alten Menschen direkt vergleichbar. Bei der Entwicklung der Hominiden spielt die Bewertung der Hirnvolumina eine wichtige Rolle.

Siehe dazu Tabellen unter 3.1 Die Evolution der Menschen

| Name, Alter | Gehirngewicht | Name, Alter | Gehirngewicht |
|----------------------|---------------|---------------------|---------------|
| Bismarck, 83 Jahre | 1807 g | Gauß, 78 Jahre | 1492 g |
| Lord Byron, 36 Jahre | 2230 g | Helmholtz, 73 Jahre | 1420 g |
| Cromwell, 59 Jahre | 2000 g | Kant, 80 Jahre | 1650 g |
| Cuvier, 62 Jahre | 1861 g | Liebig, 70 Jahre | 1350 g |
| Dante, 56 Jahre | 1420 g | Schiller, 46 Jahre | 1580 g |

Meyer 1964; Slijper 1967; Flindt 2003

Tab. 1.11.9 Die Durchblutung und die Sauerstoffversorgung des Gehirns

Bei geistiger Arbeit steigt die Durchblutung des beanspruchten Hirnareals an. Der Energieumsatz des gesamten Gehirns bleibt aber in etwa konstant, da andere Areale im Gehirn kompensatorisch weniger Energie umsetzen. Der Gesamtenergieumsatz des Körpers steigt aber trotzdem an, da der Muskeltonus sich reflektorisch erhöht.

Das Auftreten von irreversiblen Hirnschäden nach Unterbrechung der Sauerstoffzufuhr kann sich in kalter Umgebung extrem verzögern.

| | |
|---|-----------------------|
| Angaben zur Durchblutung des Gehirns | |
| Durchblutung des gesamten Gehirns in körperlicher Ruhe | 780 ml/min |
| Anteil am Herzzeitvolumen | 15 % |
| Durchschnittliches Gewicht des Gehirns | 1400 g |
| Anteil des Hirngewichts am Körpergewicht | 2 % |
| Durchblutung pro Gramm Hirngewebe | |
| das gesamte Gehirn | 0,56 ml/min |
| Hirnrinde (Mark) | 1 ml/min (0,2 ml/min) |
| Angaben zur Durchblutung des Gehirns bei unterschiedlichen Aktivitäten | |
| Durchblutung des ruhenden Gehirns = Bezugsgröße | 100 % |
| Durchblutung des Gehirns bei folgenden Tätigkeiten | |
| beim Sprechen | 100 % |
| beim Lesen | 104 % |
| beim Berühren von Gegenständen | 104 % |
| beim Nachdenken | 110 % |
| beim Zählen | 112 % |
| beim Ausführen von Handbewegungen | 116 % |
| beim Auftreten von Schmerzen | 116 % |
| Angaben zur Sauerstoffversorgung des Gehirns | |
| O₂-Verbrauch | |
| Eines ruhenden Erwachsenen insgesamt | 250 ml/min |
| Anteil des Gehirns | 50 ml/min |
| Anteil des Gehirns am Gesamtsauerstoffverbrauch | 20 % |
| O₂-Verbrauch pro 100 g Hirngewebe | |
| Insgesamt | 3,5 ml/min |
| Großhirnrinde | 10 ml/min |
| Weiße Substanz | 1 ml/min |
| Unterbrechung der Sauerstoffzufuhr des Gehirns | |
| Bewusstlosigkeit nach | ca. 8–12 Sekunden |
| Irreversible Teilschäden des Gehirns nach | ca. 3–8 Minuten |
| Gehirntod nach | ca. 8–12 Minuten |

Junqueira, Carneiro, Gratzl 2004; Mörike, Betz, Mergenthaler 2007; Schmidt, Lang, Heckmann 2010; Silbernagl 2012

Tab. 1.11.10 Informationsfluss, Gedächtnis und Extremleistungen des Gedächtnisses

Unter „bit“ (Abkürzung für engl. *binary digit*) versteht man in der Informationstheorie das Maß für den Nachrichtengehalt.

| Angaben zum Informationsfluss zwischen Gehirn, Sinnesorganen und Muskulatur | |
|--|-----------------------------|
| Informationsfluss zwischen Gehirn und Sinnesorganen | |
| Lichtsinn | 10^7 bit/s |
| Gehör | 10^6 bit/s |
| Tastsinn | $4 \cdot 10^5$ bit/s |
| Temperatursinn | $5 \cdot 10^3$ bit/s |
| Innenreize | 10^3 bit/s |
| Geruchssinn | 20 bit/s |
| Geschmackssinn | 13 bit/s |
| Anteile des Informationsflusses zwischen Gehirn und Muskulatur | |
| Skelettmuskulatur | 32 % |
| Hände | 26 % |
| Sprache | 23 % |
| Mimik | 19 % |
| Angaben zu unterschiedlichen Gedächtnisleistungen | |
| Informationszuleitung zum Nervensystem | 10^9 – 10^{11} bit/s |
| Kurzzeitgedächtnis | |
| Kapazität | 100–400 bit |
| Zufluss | 16 bit/s |
| Abfluss innerhalb von | 6–25 s |
| Mittelfristiges Gedächtnis | |
| Kapazität | 10^3 – 10^4 bit |
| Zufluss | 0,1 bit/s |
| Abfluss innerhalb von | 5 min–24 h |
| Langzeitgedächtnis | |
| Kapazität | 10^{10} – 10^{14} bit |
| Zufluss | 0,03–0,1 bit/s |
| Abfluss innerhalb von | Tagen, Monaten, Jahren, nie |

| Ausgewählte Extremleistungen des Gedächtnisses | |
|--|----------------------------------|
| Zeit, um zwei 13-stellige Zahlen zu multiplizierten (<i>Shakuntala Devi</i> , Indien) | 28 Sekunden |
| Anzahl der Telefonnummern, die wiederholt wurden (<i>Gong Yangling, China</i>) | 15.000 Nummern |
| Einprägen abstrakter Bilder (15 Minuten) (<i>Johannes Mallow, Deutschland</i>) | 492 Bilder |
| Anzahl der Kartenspiele, die nach einmaligem Ansehen in der richtigen Reihenfolge aufgesagt wurden (<i>David Farrow, Kanada</i>) | 59 Kartenspiele oder 3068 Karten |

Rahmann 1994; Guinness Buch der Rekorde 1995, 2006; Schmidt, Lang, Heckmann 2010; www.recordholders.org, aufgerufen am 7. Juli 2015

Tab. 1.11.11 Die Gehirn-Rückenmarksflüssigkeit (Liquor)

Der Liquor (*Liquor cerebrospinalis*) umgibt das Gehirn und das Rückenmark und wirkt so wie ein schützendes Flüssigkeitskissen. Hauptaufgabe ist somit der Schutz des zentralen Nervensystems vor Stoß- und Druckkräften. Der Liquor ist eine eiweißarme wässrige Flüssigkeit, die sich im Raum zwischen den beiden weichen Hirnhäuten und in den Hirnkammern (Ventriceln) befindet.

Gebildet wird der Liquor in den Seitenventrikeln (innerer Liquorraum). Die Resorption (Abbau) findet typischerweise in den sogenannten *Foveolae granulares* (äußerer Liquorraum) statt. Normal herrscht ein Gleichgewicht zwischen Neubildung und Resorption der Gehirn-Rückenmarksflüssigkeit.

Kommt es zur Störung der Liquorzirkulation oder der Liquorresorption kann ein „Waserskopf“ (Hydrozephalus) mit erweiterten Liquorräumen entstehen.

Bei Feten, Säuglingen und Kleinkindern führt dieses abnorme Schädelwachstum zu ballonförmigen Kopferweiterungen mit erheblichen Ausmaßen. Augenzittern (Nystagmus) und ein höherer Muskeltonus mit Verkrampfungen können die Folgen sein.

Angaben zur Bildung und den Eigenschaften des Liquors

| Liquormenge | |
|--------------------------------|----------------|
| Neugeborenes | 5 ml |
| Säugling | 40–60 ml |
| Kind | 100–140 ml |
| Erwachsener | 120–180 ml |
| Liquorbildung beim Erwachsenen | 500–700 ml/Tag |
| Bildungsrate | 0,3–0,4 ml/min |

Angaben zur Bildung und den Eigenschaften des Liquors

| Anteile an der Bildung | |
|---|-------------------|
| <i>Plexus choroideus</i> | 50–70 % |
| Gefäße der Hirnhäute | 30–50 % |
| Einstichtiefe bei einer Lumbalpunktion | 5–7 cm |
| Eigenschaften der Gehirn-Rückenmarksflüssigkeit (Liquor) | |
| Osmolarität | 306 mosmol/l |
| Dichte | 1,007 |
| Zellzahl | <5 pro ml |
| Trockensubstanz | 10,8 g/kg |
| Zahl der Lymphocyten im Liquor | 6/mm ³ |
| Konzentration ausgewählter Substanzen im Liquor | |
| Natrium | 150 mmol/l |
| Kalium | 2,9 mmol/l |
| Kalzium | 1,2 mmol/l |
| Magnesium | 1,1 mmol/l |
| Chlorid | 120 mmol/l |
| Bikarbonat | 25 mmol/l |
| Phosphat | 0,5 mmol/l |
| Glukose | 2,7–4,8 mmol/l |
| Laktat | 1,1–2 mmol/l |

Documenta Geigy 1975, 1977; Leonhardt 1990; Löffler und Petrides 1997; Mörike, Betz, Mergenthaler 2007

Tab. 1.11.12 Stoffwechselvorgänge im Gehirn

Untersuchungen der arterio-venösen Differenz (Konzentrationsunterschied im Blut zwischen den zuführenden Arterien und den abführenden Venen des Gehirns) einiger Stoffe erlauben einen Einblick in die Stoffwechselvorgänge des Gehirns. Fettsäuren können nicht verstoffwechselt werden, dafür sind Glukose und Sauerstoff elementar wichtig für die Funktion des Gehirns. Die Sauerstoffvorräte des Gehirns reichen für 8–12 Sekunden, die Glukosevorräte etwa für 4–5 Minuten.

| Substrat | Blutkonzentration in mmol/l | | Arterio-venöse Differenz |
|------------------------------|------------------------------------|--------------|---------------------------------|
| | arteriell | venös | |
| Sauerstoff | 8,75 | 5,75 | -3 |
| Kohlenstoffdioxid | 2,15 | 2,40 | +0,25 |
| Glukose | 5,1 | 4,6 | -0,5 |
| Laktat | 1,1 | 1,27 | +0,17 |
| Pyruvat | 0,1 | 0,12 | +0,02 |
| Nichtveresterte Fettsäuren | 0,78 | 0,78 | 0 |
| Aminosäuren | 4,5 | 4,39 | -0,11 |
| Anorganisches Phosphat | 1,15 | 1,15 | 0 |
| Wasserstoffionen (in mmol/l) | 38 | 43 | +5 |

Löffler und Petrides 1997

Tab. 1.11.13 EEG bei unterschiedlichen Aktivitätszuständen des Gehirns

Beim Elektroenzephalogramm (EEG) werden Elektroden auf die Kopfhaut der Schädeldecke aufgelegt und kontinuierliche Potentialschwankungen von 1–100 µV abgeleitet. Das EEG spiegelt in den Frequenzen und Amplituden seiner Wellen den Aktivitätszustand der Hirnrinde wieder.

| EEG-Frequenzen bei unterschiedlichen Aktivitätszuständen der Hirnrinde | |
|---|----------------------------|
| Wacher Ruhezustand | α-Wellen, 8–13 Hz (10 Hz) |
| Aufmerksamkeit und Lernen | β-Wellen, 15–30 Hz (20 Hz) |
| EEG-Frequenzen während unterschiedlicher Schlafstadien | |
| Beginn des Schlafes | |
| Schlafstadium 1 (nach ca. 20 Minuten) | erste θ-Wellen, 4–7 Hz |
| Schlafstadium 2 (Schlaflatenz nach ca. 27 Minuten) | reine θ-Wellen, 4–7 Hz |
| Schlafstadium 3 (Tiefschlaf nach ca. 50 Minuten) | δ-Wellen, 3 Hz |
| Schlafstadium 4 (Tiefschlaf nach ca. 63 Minuten) | δ-Wellen, 1 Hz |
| REM-Schlaf (rapid eye movement nach ca. 90 Minuten) | α-Wellen |

Schmidt, Thews 1995; Schmidt, Lang, Heckmann 2010

Tab. 1.11.14 Tägliche durchschnittliche Schlafdauer in Abhängigkeit vom Alter

Trotz allen Fortschritts blieb die genaue Bedeutung des Schlafes und der verschiedenen Schlafphasen bis heute weitgehend ungeklärt. Klar ist nur, dass der Schlaf überlebenswichtig ist. Totaler Schlafentzug über längere Zeit führt bei Mensch und Tier zum Tode.

| Alter | Durchschnittliche Schlaf-dauer | Anteil des REM-Schlafs |
|---------------------|--------------------------------|------------------------|
| Neugeborenes | | |
| 1–15 Tage | 16,0 Stunden | 50 % |
| Kleinkind | | |
| 3–5 Monate | 14,0 Stunden | 40 % |
| 6–23 Monate | 13,0 Stunden | 30–25 % |
| Kind | | |
| 2–3 Jahre | 12,0 Stunden | 25 % |
| 3–5 Jahre | 11,0 Stunden | 20 % |
| 5–9 Jahre | 10,5 Stunden | 18,5 % |
| 10–13 Jahre | 10,0 Stunden | 18,5 % |
| Jugendlicher | | |
| 14–18 Jahre | 8,5 Stunden | 20 % |
| Erwachsener | | |
| 19–30 Jahre | 7,7 Stunden | 22 % |
| 33–45 Jahre | 7,0 Stunden | 18,5 % |
| Spätes Alter | | |
| 50 Jahre | 6,0 Stunden | 20–23 % |
| 90 Jahre | 5,7 Stunden | 20–23 % |

Schmidt, Thews 1995; Schmidt, Lang, Heckmann 2010

1.12 Hormone (Purves 2011, S. 1124 ff)

Hormone sind chemische Signalmoleküle, welche die Leistungen der Organe und Gewebe aufeinander abstimmen und an die momentanen Erfordernisse anpassen. Ihre Synthese und Sekretion unterliegen der Kontrolle komplexer Regelkreise. Hormone werden in den spezialisierten Zellen der endokrinen Organe gebildet und gelangen über den Blutweg zu den

entsprechenden Zielzellen. Störungen des endokrinen Systems können auf allen Ebenen auftreten und zu Krankheiten führen.

Tab. 1.12.1 Zahlen zum Staunen

Literaturhinweise siehe nachfolgende Tabellen

Ausgewählte Angaben zu Hormonen aus den nachfolgenden Tabellen

| | |
|--|------------------|
| <i>Starling</i> prägte den Begriff „Hormon“ (gr.= in Bewegung setzen) | 1905 |
| <i>Kendal</i> isolierte zum ersten Mal das Schilddrüsenhormon Thyroxin aus der Schilddrüse | 1914 |
| <i>Butenandt</i> und <i>Doisy</i> stellten erstmalig Östron in reiner Form dar | 1929 |
| <i>Sanger</i> klärte die Struktur des Insulins auf | 1954 |
| Strukturaufklärung des Glukagons | 1957 |
| Erstmalige Synthese des Insulins | 1965 |
| Erstmalige Synthese des Glukagons | 1960 |
| Strukturaufklärung von Somatropin | 1966 |
| Gentechnisch gewonnenes Insulin wird zum ersten Mal kommerziell verwertet | 1982 |
| Beginn der Entwicklung der Hypophyse | 24. Embryonaltag |
| Gewicht der Hypophyse | |
| Mann | 500–600 mg |
| Frau | 600–800 mg |
| Gewichtszunahme der Hypophyse in der Schwangerschaft | um ca. 25 % |
| Gewicht der Zirbeldrüse | 150 mg |
| Maximale Anzahl der Nebenschilddrüsen | 8 |
| Hormonvorrat in den Follikeln der Schilddrüse reicht | ca. 10 Monate |
| Anteil der Bevölkerung in süddeutschen Jod-Mangelgebieten mit endemischem Kropf | 20 % |
| Insulin-Verbrauch beim Erwachsenen | ca. 2 mg pro Tag |
| Vorrat an Insulin in den B-Zellen reicht | fast 1 Woche |
| Anteil der Diabetes-Kranken in der deutschen Bevölkerung | 5–6 % |
| Anteil der Schwangeren, die einen Schwangerschafts-Diabetes (Zuckerkrankheit) ausbilden | 1–3 % |

Tab. 1.12.2 Die Schilddrüse

Die Schilddrüse (*Glandula thyroidea*) ist ein endokrines Organ, welches auf dem Schildknorpel des Kehlkopfes sitzt. Sie bildet unter dem Einfluss des von der Hypophyse gebildeten TSH (Thyreoidea Stimulierendes Hormon) die Hormone Thyroxin (T4) und Trijodthyronin (T3) sowie Kalzitonin.

Durch negative Rückkopplung erfolgt eine bedarfsgerechte Abstimmung der Schilddrüsenhormonsekretion. Das für die Hormonsynthese benötigte Jod wird in Form von Jodid über die Nahrung aufgenommen.

Die Erkrankungen der Schilddrüse lassen sich unterteilen in eine Überfunktion (Hyperthyreose), eine Unterfunktion (Hypothyreose) oder eine Vergrößerung des Organs (Struma). Hormone der Schilddrüse siehe Tab. 1.12.3

| Angaben zur Anatomie der Schilddrüse | |
|---|-----------------------|
| Normales Gewicht der Schilddrüse (Mann/Frau) | <25 g/<18 g |
| Anzahl der Seitenlappen | 2 |
| Anteil der Menschen mit einem Pyramidenlappen | 15 % |
| Länge eines Seitenlappens | 5–7 cm |
| Breite eines Seitenlappens | 3 cm |
| Dicke eines Seitenlappens | 2 cm |
| Angaben zu Anzahl und Größe des Follikels der Schilddrüse | |
| Anzahl der Follikel pro Schilddrüse | ca. 3 Millionen |
| Durchmesser eines Follikels | 0,1–0,5 mm |
| Hormonvorrat (T3 und T 4) in den Follikeln | für 10 Monate |
| Angaben zu Thyroglobulin (Speicherform der Hormone in den Follikeln) | |
| Molekulargewicht | 660.000 |
| Anzahl der Untereinheiten | 2 |
| Aminosäuren insgesamt pro Molekül | 6000 |
| Tyrosylreste insgesamt pro Molekül | 144 |
| Jodatome pro Molekül | 20 |
| Angaben zum Jodstoffwechsel | |
| Jodgehalt der gesamten Schilddrüse | 5000–7000 µg |
| Täglicher Jodbedarf der Schilddrüse | 100–200 µg |
| Empfohlener Tagesverbrauch von jodiertem Speisesalz | 5 g (ca. 1 Teelöffel) |
| Schilddrüsenunterfunktion bei einer Aufnahme von | <10 µg Jod/Tag |

| | |
|---|------------|
| Plasmakonzentration des anorganischen Jodits | 2–10 µg/l |
| Jodausscheidung im Stuhl | 10 µ/Tag |
| Jodausscheidung im Urin | 150 µg/Tag |
| Anteil der Bevölkerung in süddeutschen Jod-Mangelgebieten mit endemischem Kropf (Jodmangelstruma) | 20% |

Schenck, Kolb 1990; Gotthard 1993; Claasen, Diehl, Kochsiek 2003; Junqueira, Carneiro, Gratzl, 2004; Thomas 2006; Schmidt, Lang, Heckmann 2010

Tab. 1.12.3 Die Hormone der Schilddrüse

Die Schilddrüsenhormone Trijodthyronin (T3) und Thyroxin (T4) regen den Stoffwechsel des Menschen an, wobei T3 die biologisch wirksame Form ist. Die Ausschüttung ins Blut wird vom Hypophysenhormon Thyreoidea Stimulierendes Hormon (TSH) reguliert.

Kalzitonin wird in den C-Zellen (parafollikuläre Zellen) der Schilddrüse gebildet. Es reguliert mit anderen Hormonen den Kalziumstoffwechsel im Körper. Die Ausschüttung ins Blut erfolgt proportional zum Plasma-Kalziumspiegel, der dabei abgesenkt wird.

Antagonistisch zum Kalzitonin wirkt das Parathormon (siehe Tab. 1.12.4).

| | |
|---|------------|
| Angaben zu Trijodthyronin (T3) und Thyroxin (T4) | |
| Verhältnis der biologischen Wirksamkeit von T3 zu T4 | 10/1 |
| Verbrauch von Schilddrüsenhormonen | 140 µg/Tag |
| Sekretion der Hormone | |
| Thyroxin (T4) | 100 µg/Tag |
| Trijodthyronin (T3) | 40 µg/Tag |
| Plasmahalbwertszeit | |
| Thyroxin (T4) | ca. 7 Tage |
| Trijodthyronin (T3) | 1–2 Tage |
| Plasmakonzentrationen: T3/T4 | 1/100 |
| Plasmakonzentration T4 (insgesamt) | 100 µg/l |
| Proteingebunden (biologisch nicht wirksam) | 99,97 % |
| Frei (nicht proteingebunden = biologisch wirksam) | 0,03 % |
| Plasmakonzentration des freien T4 | 0,8–2 ng/l |
| Plasmakonzentration T3 (insgesamt) | 1 µg/l |
| Proteingebunden (biologisch nicht wirksam) | 99,7 % |
| Frei (nicht proteingebunden = biologisch wirksam) | 0,3 % |

| | |
|---|---------------|
| Plasmakonzentration des freien T3 | 0,25–0,6 ng/l |
| Bindung von T3 und T4 an Eiweiße im Blut | |
| Anteil Thyroxin-bindendes Globin (TBG) | 60 % |
| Anteil Thyroxin-bindendes Präalbumin (TBPA) | 30 % |
| Anteil Albumin | 10 % |
| Angaben zu Kalzitonin | |
| C-Zellen (bilden Kalzitonin) | |
| Größe der Sekretgranula | 200–300 nm |
| Mengenverhältnis der C-Zellen zu den Follikelzellen | 3–5 zu 1 |
| Kalzitonin | |
| Anzahl der Aminosäuren | 32 |
| Molekulargewicht | 3700 |
| Schenck, Kolb 1990; Gotthard 1993; Claasen, Diehl, Kochsieck 2003; Junqueira, Carneiro, Gratzl, 2004; Thomas 2006; Schmidt, Lang, Heckmann 2010 | |

Tab. 1.12.4 Die Epithelkörperchen der Schilddrüse und das Parathormon

An den Schilddrüsenlappen liegen von hinten her normalerweise 4 Epithelkörperchen der Schilddrüse an. Sie werden auch als Nebenschilddrüsen (*Glandulae parathyroideae*) bezeichnet und ähneln in ihrer Größe und Form einem Weizenkorn.

Die Epithelkörperchen bilden das Parathormon. Dieses fördert die Resorption von Kalzium aus der Nahrung und den Kalziumabbau aus dem Skelett. Somit übernimmt es wichtige Aufgaben bei der Regulation des Kalziumhaushalts des Menschen, insbesondere auch des Kalziumspiegels im Blut.

| | |
|---|------|
| Angaben zur Anatomie der Epithelkörperchen der Schilddrüse | |
| Anzahl der Epithelkörperchen in der Schilddrüse | |
| normale Anzahl | 4 |
| maximale Anzahl | 8 |
| Anteil der Menschen mit paariger Anordnung der Epithelkörperchen | 90 % |
| Größe eines Epithelkörperchens der Schilddrüse | |
| Länge | 5 mm |
| Breite | 3 mm |
| Dicke | 1 mm |

| | |
|--|--------------|
| Gewicht eines Epithelkörperchens | |
| bei Neugeborenen | 5–9 mg |
| bei Erwachsenen | 20–40 mg |
| Gewicht aller Nebenschilddrüsen beim Erwachsenen | 100–140 mg |
| Zellen der Epithelkörperchen der Schilddrüse | |
| Hauptzellen (bilden Parathormon) | |
| Durchmesser der Sekretgranula | 200–400 nm |
| Oxyphile Zellen (Funktion unbekannt) | |
| erstes Auftreten beim Menschen | mit 7 Jahren |
| Anteil an der Drüse | <3 % |
| Anteil der Fettzellen | |
| bei einem Kind | 0 % |
| bei einem Erwachsenen | 30–50 % |
| bei einem 70-jährigen | 70 % |
| Das Parathormon der Epithelkörperchen der Schilddrüse | |
| Das Parathormon ist ein Polypeptid | |
| Anzahl der Aminosäuren | 84 |
| Molekulargewicht | 9500 |

Junqueira, Carneiro, Gratzl, 2004; Schiebler, Schmidt, Zilles 2005; Schmidt, Lang, Heckmann 2010; Silbernagl 2012

Tab. 1.12.5 Die Nebenniere und ihre Hormone

Die Nebennierenrinde produziert die Steroidhormone Glucocortikoide, Mineralocortikoide und Androgene. Ein vollständiger Ausfall der Nebennierenrindenfunktion führt zum Tod.

Die Produktion der Androgene und Glucokortikoide stehen unter dem Einfluss des Hypophysenhormons Adrenokortikotropes Hormon (ACTH). Die Produktion der Mineralocortikoide wird durch das Renin-Angiotensin-System reguliert.

| | |
|---|--------|
| Angaben zur Anatomie der Nebenniere | |
| Anzahl der Nebennieren | 2 |
| Größenverhältnis Nebenniere zu Niere | |
| Neugeborenes | 1/3 |
| Erwachsener | 1/30 |
| Länge einer Nebenniere | 4–6 cm |

| | |
|---|---------------------------------|
| Breite einer Nebenniere | 1–2 cm |
| Dicke einer Nebenniere | 4–6 cm |
| Gewicht einer Nebenniere | 6 g |
| Verteilung des Gesamtgewichts der Nebenniere | |
| Rinde | 80 % |
| Mark | 20 % |
| Angaben zu den Hormonen der Nebennierenrinde (Cortex) | |
| Aus der <i>Zona glomerulosa</i>: Aldosteron, ein Mineralkortikoid | |
| Halbwertszeit im Blut | 30–40 Minuten |
| Aldosteron-Sekretion | 40–140 µg/Tag |
| Aus der <i>Zona fasciculata</i>: Cortisol, ein Glukokortikoid | |
| Halbwertszeit im Blut | 2–3 Stunden |
| Cortisol-Sekretion | 5–30 mg/Tag (14–84 µmol/Tag) |
| Aus der <i>Zona reticularis</i>: Dehydroepiandrosteron, ein Androgen | |
| Wirksamkeit im Vergleich zum Testosteron | 20 % |
| Sekretion Mann | 21 mg/Tag |
| Sekretion Frau | 16 mg/Tag |
| Angaben zu den Hormonen des Nebennierenmarks (Medulla) | |
| Adrenalin | |
| Halbwertszeit im Blut | 20–60 s |
| Noradrenalin | |
| Halbwertszeit im Blut | 20–60 s |
| Verteilung der hormonproduzierenden Zellen | |
| A-Zellen (bilden Adrenalin) | 80 % |
| N-Zellen (bilden Noradrenalin) | 20 % |
| Anzahl der Sekretgranula pro Zelle | 30.000 |

Junqueira, Carneiro, Gratzl 2004; Schiebler, Schmidt, Zilles 2005; Schmidt, Lang, Heckmann 2010; Silbernagl 2012

Tab. 1.12.6 Häufigkeit klinischer Symptome bei einer Überproduktion von Aldosteron (primärer Hyperaldosteronismus, Morbus Conn)

Aldosteron ist ein Mineralokortikoid, welches in der Nebennierenrinde gebildet wird. Eine unangemessene Aldosteronproduktion führt zum Krankheitsbild des Morbus Conn. Ursächlich ist in 70 % der Fälle ein Nebennierenadenom (gutartig entartetes Epithelgewebe) zu finden.

Man nimmt an, dass ca. 1 % aller Patienten mit Bluthochdruck in Deutschland an einem Morbus Conn leiden.

| Symptom | Häufigkeit | Symptom | Häufigkeit |
|-------------------|------------|-------------------------|------------|
| Bluthochdruck | 100 % | Vermehrtes Wasserlassen | 72 % |
| Hypokaliämie | 100 % | Kopfschmerzen | 51 % |
| Proteinurie | 85 % | Verstärkter Durst | 46 % |
| EKG-Veränderungen | 80 % | Müdigkeit | 19 % |
| Muskelschwäche | 73 % | Sehstörungen | 21 % |

Classen 2003

Tab. 1.12.7 Häufigkeit klinischer Symptome bei einer Minderfunktion der Nebennierenrinde

Die Minderfunktion der Nebennierenrinde (Nebenniereninsuffizienz, Morbus Addison) ist ein seltenes Krankheitsbild. Man rechnet mit 4–6 Neuerkrankungen pro eine Million Einwohner in Europa. Ursache ist in 80 % der Fälle eine autoimmune Erkrankung.

Die Tuberkulose ist als Ursache für eine Minderfunktion mit einer Häufigkeit von 10–20 % in den letzten Jahrzehnten deutlich zurückgegangen. Die Symptomatik entsteht durch den Hormonmangel.

| Ursache und Symptome der Erkrankung | Häufigkeit des Auftretens |
|-------------------------------------|---------------------------|
| Glukokortikoidmangel | |
| Müdigkeit | 100 % |
| Bauchschmerzen | 90 % |
| Gewichtsabnahme | 90–100 % |
| Muskelschmerzen | 10 % |

| Ursache und Symptome der Erkrankung | Häufigkeit des Auftretens |
|-------------------------------------|---------------------------|
| Mineralokortikoidmangel | |
| Salzhunger | 15 % |
| Hyponatriämie | 90 % |
| niederer Blutdruck | 90 % |
| Nierenfunktionsstörungen | 20 % |

Classen, Diehl, Kochsieck 2003

Tab. 1.12.8 Die Hormone der Bauchspeicheldrüse

Die Hormone der Bauchspeicheldrüse werden in den endokrinen Anteilen des Organs, den so genannten Langerhans-Inseln produziert und ins Blut ausgeschüttet.

Das wohl bekannteste und wichtigste Hormon der Bauchspeicheldrüse ist das Insulin. Es ermöglicht die Glukoseaufnahme in die Zellen und es wirkt somit Blutzucker senkend.

Im Gegensatz dazu erhöht Glukagon, das in den A-Zellen der Langerhans-Inseln produziert wird, den Blutzucker. Somit regulieren Insulin und Glukagon als Gegenspieler den Blutzucker des Menschen. Siehe auch Tab. 1.7.18.

| Angaben zur Anatomie der Langerhans-Inseln | |
|--|---------------|
| Gewicht insgesamt | 2–5 g |
| Anteil am Pankreasgewicht | ca. 2 % |
| Gesamtzahl der Inseln | |
| Neugeborene | 200.000 |
| Erwachsene | 1–2 Millionen |
| Durchmesser einer Insel | 100–500 µm |
| Anzahl der Zellen pro Insel | 3000 |
| Zellerneuerung: Mitosen pro 30.000 Inselzellen | 1 |
| Angaben zum Glukagon aus den A-Zellen | |
| Molekulargewicht | 3485 |
| Anzahl der Aminosäuren | 29 |
| Anteil an A-Zellen an den Inselzellen | 25 % |
| Strukturaufklärung | 1957 |
| Erstmalige Synthese | 1960 |
| Angaben zum Insulin aus den B-Zellen | |
| Molekulargewicht | 5734 |

| | |
|--|------------------|
| Anzahl der Aminosäuren | 51 |
| Anteil an B-Zellen an den Inselzellen | 60 % |
| Insulinverbrauch (beim Erwachsenen) | ca. 2 mg pro Tag |
| Vorrat an Insulin im gesamten Pankreas | 10–12 mg |
| Vorrat an Insulin in den B-Zellen reicht | fast 1 Woche |
| Halbwertszeit des Insulins im Blut | 20–30 min |
| Strukturaufklärung (F. Sanger, Cambridge) | 1955 |
| Erstmalige Synthese | 1965 |
| Einsatz von gentechnisch gewonnenem Insulin | seit 1982 |
| Angaben zum Somatostatin aus den D-Zellen | |
| Anteil der D-Zellen an den Inselzellen | 15 % |
| Halbwertszeit im Plasma | 2–3 min |
| Anzahl der Aminosäuren des Somatostatins | 14 |
| Löffler und Petrides 1997; Junqueira, Carneiro, Gratzl 2004; Thomas 2006; Schmidt, Lang, Heckmann 2010 | |

Tab. 1.12.9 Die Zuckerkrankheit (*Diabetes mellitus*)

Unter der Zuckerkrankheit (Diabetes mellitus) werden Stoffwechselveränderungen unterschiedlicher Ursachen zusammengefasst. Sie sind durch eine dauerhafte Erhöhung der Blutglukose gekennzeichnet.

Ursache ist ein absoluter oder relativer Insulinmangel. Man unterscheidet den Jugenddiabetes Typ I, welcher sich durch einen absoluten Insulinmangel auszeichnet und den so genannten Altersdiabetes Typ II, der durch einen relativen Insulinmangel definiert ist.

Die Häufigkeit liegt in Deutschland bei etwa 5–8 % der Bevölkerung (Typ I Diabetes mellitus: 0,3–0,4 %). Bei der Manifestation des Diabetes spielen sowohl genetische Faktoren als auch Umwelteinflüsse eine entscheidende Rolle.

| | |
|--|--------------|
| Angaben zur Zuckerkrankheit | |
| Anteil der Diabetes-Kranken in der Bevölkerung | 5–8 % |
| Blutzuckergehalt in Blutkapillaren | |
| normal | 70–100 mg/dl |
| Hypoglykämie (Abnahme des Blutzuckerspiegels) | <45 mg/dl |
| Hypoglykämischer Schock | <35 mg/dl |
| Hyperglykämie (Überhöhter Blutzuckerspiegel) | >180 mg/dl |

| Nierenschwelle der Glukose (Plasmakonzentration, ab der Glukose über die Niere ausgeschieden wird) | 180 mg/dl | |
|--|----------------------------------|------------------------------------|
| Anteil der Schwangeren, die einen Schwangerschaftsdiabetes ausbilden (Diabetes Typ IV) | 1–3 % | |
| Angaben zum Diabetes Typ I (Jugenddiabetes) | | |
| Anteile an allen Diabetikern | < 10 % | |
| Prozentsatz kranker Jugendlicher in Deutschland | ca. 1,7 % | |
| Anteil der Erkrankten mit Autoantikörpern | 80 % | |
| Anteil der Krankheitsmanifestationen vor dem 35. Lebensjahr | 80 % | |
| Angaben zum Diabetes Typ II (Altersdiabetes) | | |
| Anteil an allen Diabetikern | > 90 % | |
| Anteil der Übergewichtigen Typ II-Diabetiker | 80 % | |
| Manifestation der Krankheit | ab 40 Jahre | |
| Maximum der Manifestation | 60–70 Jahre | |
| Angaben zum oralen Glukosetoleranztest | | |
| | Glukosekonzentrationen in mg/dl | |
| | Zeitpunkt 0 (Nüchternblutzucker) | 120 min nach Gabe von 75 g Glukose |
| Normal | < 100 | < 140 |
| Gestörte Glukosetoleranz | < 125 | > 140 < 200 |
| Diabetes mellitus | > 125 | > 200 |

Nawroth und Ziegler 2001; Classen, Diehl, Kochsiek 2003; Schmidt, Lang, Heckmann 2010

Tab. 1.12.10 Kriterien zur Beurteilung der Stoffwechseleinstellung eines Patienten mit Zuckerkrankheit

Die Zuckerkrankheit (Diabetes mellitus) ist eine der häufigsten Stoffwechselerkrankungen in der westlichen Welt.

Eine frühe Diagnose sowie eine adäquate Therapie sind Voraussetzung für die Vermeidung von Spätfolgen wie Nierenschäden (diabetische Nephropathie), Sehenschäden (diabetische Retinopathie), diabetische Fußsyndrome, Nervenschäden (diabetische Polyneuropathie) oder Gefäßschäden (diabetische Makroangiopathie).

| Parameter | Gute Therapie | Grenzwertige Therapie | Unzureichende Therapie |
|--|---------------|-----------------------|------------------------|
| Nüchternblutzucker | 80–110 mg/dl | 111–140 mg/dl | > 140 mg/dl |
| Postprandiale Blutglukose | 100–145 mg/dl | 146–180 mg/dl | > 180 mg/dl |
| HbA1c | < 6,5 % | 6,5–7,5 % | > 7,5 % |
| Gesamtcholesterin | < 200 mg/dl | 200–250 mg/dl | > 250 mg/dl |
| Triglyzeride | < 150 mg/dl | 150–200 mg/dl | > 200 mg/dl |
| Komplikationen nach 20 Jahren Krankheitsdauer | | | |
| Häufigkeit des Auftretens von Komplikationen | | | |
| Sehschäden (diabetische Retinopathie) | | | 80 % |
| Gefäßschäden (diabetische Makroangiopathie) | | | 60 % |
| Nierenschäden (diabetische Nephropathie) | | | 40 % |
| Nervenschäden (diabetische Polyneuropathie) | | | 40 % |
| diabetische Fußsyndrome | | | 20 % |

Nawroth 2001; Classen, Diehl, Kochsiek 2003

Tab. 1.12.11 Häufigkeit des Jugenddiabetes

Bei Jugenddiabetes (Diabetes Typ I) spielen genetische Faktoren eine wichtige Rolle. So haben 10–15 % der Betroffenen einen oder mehrere erstgradig Verwandte, die erkrankt sind.

| Unterteilung | Häufigkeit |
|-------------------------------|------------|
| Ohne Familienanamnese | 0,35 % |
| Mit Erkrankten in der Familie | 3–6 % |
| Kinder diabetischer Eltern | 25 % |
| Erkrankte Zwillinge | |
| eineiig | 30–50 % |
| zweieiig | 6 % |

Nawroth 2001; Classen, Diehl, Kochsiek 2003

Tab. 1.12.12 Ausgewählte Hormone des Hypothalamus

Der Hypothalamus ist das übergeordnete Steuerorgan zahlreicher vegetativer Funktionen und der endokrinen Drüsen. Er ist damit für eine Vielfalt von vitalen Körperfunktionen verantwortlich und ist damit sozusagen der Integrationsort hormonaler und nervaler Systeme. Beispiele für diese Integration sind andere ZNS-Areale, Hormone der Neurohypophyse, die humorale Steuerung der Adenohypophyse und die Interaktionen mit dem Immunsystem.

Durch Steuerhormone reguliert der Hypothalamus die Hormonausschüttung in der Hypophyse. Dabei verstärken Releasing-Hormone (RH) die Hormonfreisetzung in der Hypophyse, Inhibiting-Hormone (IH) hemmen sie. So reguliert er das körperliche Wachstum, die Energiebilanz und das Sexualverhalten. Auch höhere Hirnfunktionen wie Aufmerksamkeit und Schlaf-Wach-Rhythmus werden vom Hypothalamus beeinflusst.

Abkürzungen: AS = Aminosäure; MG = Molekulargewicht

| Steuerhormone (Synonyme) | Chemische Struktur | Halbwertszeit im Blut Erwachsener |
|---|-----------------------------|-----------------------------------|
| Somatoliberin (Somatotropin-Releasing Hormon, GH-RH, Growth hormone-Releasing Hormon) | Polypeptid AS: 44 | 60–120 Minuten |
| Somatostatin (Somatotropin-Release inhibiting Hormon) | Polypeptid AS: 14 | 2–4 Minuten |
| Thyroliberin (TRH, Thyrotropin-Releasing Hormon) | Tripeptid AS: 3 | – |
| Gonadoliberin (GnRH, Gonadotropin-Releasing-Hormon, LH-RH, Luteotropic-Releasing Hormon, Triptorelin) | Oligopeptid AS: 10 MG: 1181 | 8–10 Minuten |
| Corticoliberin (CRH, Corticotropin-Releasing Hormon) | Polypeptid AS: 41 | – |
| Prolaktostatin (PIH, Prolactin-Release inhibiting Hormon, Dopamin) | Polypeptid AS: 56 | – |

Nawroth 2001; Schmidt, Lang, Heckmann 2010; Fink, Levine, Pfaff 2011

Tab. 1.12.13 Die Hypophyse

Die Hypophyse (*Glandula pituitaria*) ist in der knöchernen Schädelbasis (*Sella turcica*) lokalisiert. Sie ist ein aus verschiedenen Anteilen zusammengesetztes, kirschgroßes, endokrines Organ, das über den Hypophysenstiel (*Infundibulum*) direkt mit dem Hypothalamus verbunden ist.

Der Hypothalamus (siehe Tab. 1.12.12) kontrolliert durch Steuerhormone die Hormonausschüttung der Hypophyse. In ihren vorderen Anteilen, der Adenohypophyse, werden das Wachstumshormon, FSH, LH, TSH, Prolaktin und ACTH gebildet.

In den hinteren Anteilen, der Neurohypophyse, werden die im Hypothalamus gebildeten Hormone ADH (antidiuretisches Hormon) und Oxytocin sezerniert.

Angaben zu Anatomie und Physiologie der Hypophyse

| | |
|--|-----------------------------|
| Beginn der Entwicklung der Hypophyse | 24. Embryonaltag |
| Auftreten der ersten Sekretgranula in den Zellen der Hypophyse | Ende der 12. Embryonalwoche |
| Gewicht der Hypophyse | |
| Mann | 500–600 mg |
| Frau | 600–800 mg |
| Länge der Hypophyse | 10 mm |
| Breite der Hypophyse | 13 mm |
| Dicke der Hypophyse | 4 mm |
| Gewichtsanteile | |
| Vorderlappen | 73 % |
| Mittellappen | 2 % |
| Hinterlappen | 25 % |
| Anteile der verschiedenen Zellen | |
| Chromophobe Zellen (Funktion unbekannt) | 50 % |
| Azidophile Zellen (produzieren: Prolactin, STH, Melanotropin) | 40 % |
| Basophile Zellen (produzieren: ACTH, TSH, FSH, LH) | 10 % |
| Gewichtszunahme der Hypophyse in der Schwangerschaft | 25 % |
| Durchmesser der Sekretgranula | |
| Somatotrope Zellen (STH) | 300–350 nm |
| Mammatrope Zellen (Prolaktin) | 550–600 nm |
| Gonadotrope Zellen | |
| <i>Follitropinbildende Zellen (FSH)</i> | 200 nm |
| <i>Lutropinbildende Zellen (LH)</i> | 250 nm |
| Thyrotrope Zellen (TSH) | 120–200 nm |
| Kortikotrope Zellen (ACTH) | 100–200 nm |
| Melanotropin produzierende Zellen | 200–300 nm |

Löffler und Petriges 1997; Classen, Diehl, Kochsiek 2003; Junqueira, Carneiro, Gratzl 2004; Thomas 2006; Silbernagl 2012; Pschyrembel 2014

Tab. 1.12.14 Hypophysenadenome

Hypophysenadenome sind gutartige Tumoren, die beispielsweise Riesenwuchs (Akromegalie, Gigantismus) oder Morbus Cushing verursachen können.

| Adenomtyp | Häufigkeit | Adenomtyp | Häufigkeit |
|---|------------|---|------------|
| Endokrin inaktive Adenome | 32% | Prolaktinome | 27% |
| STH produzierende Adenome (Akromegalie) | 20% | ACTH produzierende Adenome (M. Cushing) | 10% |
| Gonadotropin produzierende Adenome | 9% | TSH produzierende Adenome | 1% |

Classen 2003; Fink, Levine, Pfaff 2011

Tab. 1.12.15 Die Hormone der Hypophyse

Der Hinterlappen der Hypophyse (Neurohypophyse) ist nur Sekretionsort für Hormone, die im Hypothalamus gebildet werden.

Synonyme, Abkürzungen in Klammern: MG = Molekulargewicht; AS = Aminosäure

| Hormone (Synonyme) | Chemische Struktur | Halbwertszeit |
|--|--|---------------|
| Vorderlappen (Adenohypophyse): | | |
| Somatotropes Hormon (STH, Somatotropin, Wachstumshormon, GH) | Peptid; AS: 191; MG: 21.500 | 20–30 min |
| Prolactin | Peptid; AS: 198; MG: 22.000 | 10–15 min |
| Adrenokortikotropes Hormon (ACTH, Corticotropin) | Polypeptid; AS: 36; MG: 4500 | 5–10 min |
| Tyroideastimulierendes Hormon (TSH, Thyrotropin) | Glykoprotein: Dimer aus α -Untereinheit: 92 AS β -Untereinheit: 110 AS MG: 30.000 | 50 min |
| Follikelstimulierendes Hormon (FSH, Follitropin) | Glykoprotein: Dimer aus α -Untereinheit: 92 AS β -Untereinheit: 115 AS MG: 30.000 | 50–130 min |

| Hormone (Synonyme) | Chemische Struktur | Halbwertszeit |
|---|--|---------------|
| Luteinisierendes Hormon (LH, Lutropin) | Glykoprotein: Dimer aus α -Untereinheit: 92 AS β -Untereinheit: 118 AS MG: 30.000 | 100–160 min |
| Mittellappen | | |
| Melanozytenstimulierendes Hormon (MSH, Melanotropin) | Polypeptid; AS: 22; MG: 4500 | – |
| Hinterlappen (Neurohypophyse) | | |
| Antidiuretisches Hormon (ADH, Adiuretin, Vasopressin) | Oligopeptid; AS: 9; MG: 1000 | 2–3 min |
| Oxytocin | Oligopeptid; AS: 9; MG: 1000 | 2–4 min |

Löffler, Petriges 1997; Junqueira, Carneiro, Gratzl 2004

Tab. 1.12.16 Häufigkeit der Symptome bei Überproduktion des Wachstumshormons (Akromegalie)

Die Akromegalie wird durch eine pathologische Hypersekretion des Wachstumshormons verursacht. In 99 % der Fälle liegt ursächlich ein STH-produzierendes Hypophysenadenom vor. Die Beschwerden beginnen oft 5–10 Jahre vor Diagnosestellung. Zu den Frühsymptomen zählen eine Größenzunahme der Hände, Kopfschmerzen sowie Potenzprobleme und Leistungsminderung.

| Symptom | Häufigkeit | Symptom | Häufigkeit |
|--------------------------------|------------|------------------------|------------|
| Vergrößerung der Körperspitzen | 100 % | Menstruationsstörungen | 43–87 % |
| Vergrößerung der Sella | 93–100 % | Abnahme der Libido | 38–58 % |
| Kopfschmerzen | 58–87 % | Bluthochdruck | 37–50 % |
| Sehstörungen | 35–62 % | Karpaltunnelsyndrom | 31–44 % |
| Vermehrtes Schwitzen | 49–91 % | Diabetes Mellitus | 2–12 % |

Claasen, Diehl, Kochsiek 2003

Tab. 1.12.17 Häufigkeit der Symptome bei erhöhtem Kortisolspiegel (Cushing-Syndrom)

Das Cushing-Syndrom wird durch einen erhöhten Kortisolspiegel im Blut ausgelöst. Ursächlich lassen sich in 80 % der Fälle ACTH produzierende Hypophysenadenome (Morbus Cushing) nachweisen. Frauen sind dabei 5-mal häufiger betroffen als Männer.

| Symptom | Häufigkeit | Symptom | Häufigkeit |
|------------------------------|------------|-----------------------------|------------|
| Zentripedale Fettsucht | 80–100 % | Mondgesicht | 50–95 % |
| Diabetische Stoffwechsellage | 40–90 % | Muskelschwäche | 30–90 % |
| Bluthochdruck | 75–85 % | Psychische Veränderung | 30–85 % |
| Impotenz | 55–80 % | Ausbleiben der Regelblutung | 55–80 % |
| Knöchelödeme | 30–60 % | Hautdehnungsstreifen | 50–70 % |

Allolio und Schulte 2010

Tab. 1.12.18 Die Zirbeldrüse und Melatonin

Die Zirbeldrüse ist für die Koordination jahreszeitlicher Rhythmen wichtig. Auf den Reiz des Lichtes hin wird das Hormon Melatonin aus Serotonin synthetisiert. Melatonin hemmt vor der Pubertät die Keimdrüsen.

Angaben zur Anatomie der Zirbeldrüse und zu Melatonin

| | |
|---|---------------|
| Länge/Dicke der Zirbeldrüse | 5–8 mm/3–5 mm |
| Gewicht der Zirbeldrüse | 150 mg |
| Durchmesser der Granula | 100 nm |
| Plasmakonzentration des Melatonins beim Jugendlichen | |
| um 13 Uhr | 9,3 µg/l |
| von 0–4 Uhr | 130,3 µg/l |

Schiebler, Schmidt, Zilles 2005

Tab. 1.12.19 Normalwerte der Hormone im Blut

Aufgrund der geringen Konzentration und den tageszeitlichen Schwankungen der Konzentrationen ist die Hormonmessung im Blut sehr schwierig. Deshalb werden Hormonuntersuchungen häufig im 24-Stunden-Urin durchgeführt.

Erläuterung zu Begriffen in der Tabelle:

- Follikelphase: Zeit im weiblichen Zyklus vom Zyklusbeginn bis zum Eisprung
- Ovulation: Eisprung
- Lutealphase: Zeit vom Eisprung bis zum Zyklusende
- Postmenopause: Zeit nach der letzten Regel der Frau (Durchschnitt: 49 Jahre)

| Hormon | Beschreibung | Konzentration im Blut |
|-----------------------------------|------------------|-----------------------|
| Adrenalin | – | 30–90 pg/ml |
| Adrenocorticotropes Hormon (ACTH) | morgens | 10–100 ng/l |
| | abends | 5–20 ng/l |
| Aldosteron | stehend | 40–310 ng/l |
| | liegend | 10–160 ng/l |
| Androstendion | Mann | 0,57–2,65 ng/ml |
| | Frau | 0,47–2,68 ng/ml |
| Antidiuretisches Hormon (ADH) | – | 2–8 pg/ml |
| Kalzitonin | – | <30 pg/ml |
| Cortisol | morgens | 8–25 µg/dl |
| | mittags | 5–12 µg/dl |
| | nachts | <5 µg/dl |
| Corticosteron | – | 0,4–2,0 µg/dl |
| C-Peptid | – | 1,1–3,6 ng/ml |
| Dehydroepiandrosteron | Mann | 35–440 µg/dl |
| | Frau | 10–334 µg/dl |
| | vor der Pubertät | 5–263 µg/dl |
| Dihydrotestosteron | Mann | 16–108 µg/dl |
| | Frau | <20 µg/dl |
| Dopamin | – | <30 µg/ml |
| Erythropoetin | – | 6–25 U/l |

| Hormon | Beschreibung | Konzentration im Blut |
|-------------------------------------|---------------|-----------------------|
| Follikelstimulierendes Hormon (FSH) | Mann | 1–10 U/l |
| Follikelstimulierendes Hormon (FSH) | Frau | |
| | Follikelphase | 2,5–11 U/l |
| | Ovulation | 8,3–16 U/l |
| | Lutealphase | 2,5–11 U/l |
| | Postmenopause | 27–82 U/l |
| Gastrin | – | 28–115 pg/ml |
| Glukagon | – | 40–180 pg/ml |
| Insulin | – | 3–15 µU/ml |
| Luteinisierendes Hormon (LH) | Mann | 1,5–9,2 U/l |
| | Frau: | |
| | Follikelphase | 1,8–13,4 U/l |
| | Ovulation | 15,2–78,9 U/l |
| | Lutealphase | 0,7–19,4 U/l |
| | Postmenopause | > 50 U/l |
| Noradrenalin | – | 185–275 ng/l |
| Östradiol | Mann | 5–80 pg/ml |
| | Kind | < 25 pg/ml |
| | Frau: | |
| | Follikelphase | 30–120 pg/ml |
| | Ovulation | 90–330 pg/ml |
| | Lutealphase | 65–180 pg/ml |
| | Postmenopause | 10–50 pg/ml |
| Östron | Mann | 10–60 pg/ml |
| | Frau: | |
| | Follikelphase | 40–120 pg/ml |
| | Lutealphase | 60–200 pg/ml |
| | Postmenopause | < 30 pg/ml |
| Parathormon | – | 15–65 pg/ml |

| Hormon | Beschreibung | Konzentration im Blut |
|----------------------------|---------------------|------------------------------|
| Progesteron | Mann | <2,4 ng/ml |
| | Kind | 0,1–0,6 ng/ml |
| Prolaktin | Frau: | |
| | Follikelphase | <1,82 ng/ml |
| | Lutealphase | 3,29–30 ng/ml |
| Renin (direkt) | Mann | 0,62–12,5 ng/ml |
| | Frau: | 0,62–15,6 ng/ml |
| | Schwangere | <200 ng/ml |
| Serotonin | Postmenopause | <9,7 ng/ml |
| | liegend | 10–30 ng/l |
| | stehend | 10–60 ng/l |
| Somatostatin | Mann | 80–290 µg/l |
| | Frau | 110–320 µg/l |
| Testosteron (gesamt) | Mann | 2,7–10,7 ng/ml |
| | Frau | 0,2–0,9 ng/ml |
| Testosteron (frei) | Mann | 9–47 pg/ml |
| | Frau | 0,7–3,6 pg/ml |
| Thyreotropin (TSH) | – | 0,3–3,5 mU/l |
| Thyroxin T4 (gesamt) | – | 4,5–10,5 µg/dl |
| Thyroxin T4 (frei) | – | 0,8–2 ng/dl |
| Trijodthyronin T3 (gesamt) | – | 0,8–2 µg/l |
| Trijodthyronin T3 (frei) | – | 3–6 ng/l |
| Wachstumshormon (STH) | – | 0–7 ng/ml |

Kruse-Jarres 1993; Kleine und Rossmanith 2014

Tab. 1.12.20 Normalwerte der Hormone und Hormonabbauprodukte im Urin

Für Hormonuntersuchungen wird der Urin eines Tages und einer Nacht gesammelt.

| Hormone und Abbauprodukte | Beschreibung | Konzentration im Urin |
|---------------------------|------------------------|-----------------------|
| Adrenalin | | 4–20 µg/24 h |
| Aldosteron | Normalernährung | 3–15 µg/24 h |
| | salzarme Diät | 17–44 µg/24 h |
| | salzreiche Diät | < 6 µg/24 h |
| Choriongonadotropin (HCG) | | < 20 IU/l |
| Cortisol | Erwachsener | 20–130 µg/24 h |
| | Kind (4 Mon.–10 Jahre) | 2–30 µg/24 h |
| Dopamin | Erwachsener | < 450 µg/24 h |
| | Alter bis 12 Monate | < 180 µg/24 h |
| | Alter 1–2 Jahre | < 240 µg/24 h |
| Homovanillinsäure | | < 15 mg/24 h |
| Hydroxy-Indolessigsäure | | < 8,5 mg/24 h |
| Metanephrin | | 74–298 µg/24 h |
| Noradrenalin | Erwachsener | 23–105 µg/24 h |
| | Alter bis 2 Jahre | < 35 µg/24 h |
| | Alter 2–8 Jahre | < 60 µg/24 h |
| | Alter 9–16 Jahre | < 70 µg/24 h |
| Östrogene (gesamt) | Mann | 6–25 µg/24 h |
| | Kind | 2–14 µg/24 h |
| Frau: | | |
| | Follikelphase | 7–25 µg/24 h |
| | Ovulation | 25–95 µg/24 h |
| | Lutealphase | 20–70 µg/24 h |
| | Postmenopausal | 3–11 µg/24 h |
| Serotonin | | 40–240 ng/24 h |
| Vanillinmandelsäure | | 3,3–6,5 mg/24 h |

Kruse-Jarres 1993; Krapf 1995

Tab. 1.12.21 Zeittafel der Hormonforschung

Siehe auch 3.2 Fortschritte in Biologie und Medizin

| Wegweisende Entdeckung | Name, Erläuterung | Zeit |
|---|--|------|
| Kastrierten Hähnen werden Hoden wieder eingepflanzt und die männlichen Geschlechtsmerkmale werden erneut ausgebildet. Mit diesem Versuch wurde erstmals die Existenz von Hormonen nachgewiesen | <i>Arnold Adolph Berthold</i> (1803–1861), deutscher Zoologe | 1849 |
| Entdeckung inselartiger Zellformationen in der Bauchspeicheldrüse des Menschen. Die Bedeutung dieser Inseln für den menschlichen Stoffwechsel (Insulinproduktion) war aber zu diesem Zeitpunkt noch unbekannt | <i>Paul Langerhans</i> (1847–1888), deutscher Arzt und Pathologe | 1869 |
| Die Zuckerkrankheit wird beim Hund durch Entfernen der Bauchspeicheldrüse hervorgerufen | <i>Joseph von Mering</i> (1849–1908) und <i>Oskar von Minkowski</i> (1858–1908) | 1889 |
| Entdeckung des hohen Jodgehalts der Schilddrüse | <i>Eugen Baumann</i> (1846–1896), deutscher Apotheker und Chemiker | 1895 |
| Herstellung von Adrenalin in kristalliner Form | <i>Jokichi Takamine</i> (1854–1922), japanisch-amerikan. Chemiker und <i>Thomas Bell Aldrich</i> (1861–1938) | 1901 |
| Der Begriff „Hormon“ wird geprägt. Die Bauchspeicheldrüse funktioniert auch nach Durchtrennung der Nervenversorgung | <i>Ernst Henry Starling</i> (1866–1927), englischer Physiologe | 1905 |
| Isolierung des Thyroxins aus der Schilddrüse | <i>Edward Calvin Kendall</i> (1886–1972), amerikanischer Biochemiker | 1914 |
| Gewinnung eines insulinreichen Extraktes aus der Bauchspeicheldrüse von Kalbsfötten. Anschließend erfolgreiche Behandlung eines Hundes, dem die Bauchspeicheldrüse entfernt wurde | <i>Frederick Grant Banting</i> (1891–1941) und <i>Charles Herbert Best</i> (1899–1978) | 1921 |
| Nachweis der Bedeutung der Hypophyse für die Funktion der Keimdrüsen | <i>Selmar Aschheim</i> (1878–1965) und <i>Bernhard Zondek</i> (1891–1966), Gynäkologen | 1926 |
| Darstellung von Östron in reiner Form | <i>Edward Adelbert Doisy</i> (1893–1986) (Medizinnobelpreis 1943), amerikanischer Biochemiker | 1929 |

| Wegweisende Entdeckung | Name, Erläuterung | Zeit |
|--|---|------|
| Strukturaufklärung und Synthese der Hypophysen-Hinterlappenhormone Vasopressin und Oxytocin | <i>Vincent du Vigneaud</i> (1901–1978), amerikanischer Biochemiker | 1953 |
| Strukturaufklärung des Insulins | <i>Frederick Sanger</i> (1918–2013), britischer Biochemiker | 1954 |
| Erstmaliger Einsatz des Wachstumshormones bei Kleinwuchs. Gewinnung durch Extraktion aus Hypophysen von Toten | | 1963 |
| Vollsynthese des Glukagons | <i>Erich Wünsch</i> (1923–2013), deutscher Chemiker | 1967 |
| Entdeckung des Thyroliberin aus dem Hypothalamus von Schafen bzw. Schweinen | <i>Roger C. L. Guillemin</i> (* 1924), französischer Arzt und <i>Andrew Schally</i> (* 1926) litauisch-US-amerikanischer Physiologe | 1969 |
| Entdeckung der Endorphine im Zwischenhirn von Schweinen. Der erste gebräuchliche Name war deswegen auch „Enkephaline“ (vom griechischen Wort <i>en-kephalos</i> , „im Kopf“) | <i>John Hughes</i> (* 1942) und <i>Hans Kosterlitz</i> (1903–1996), schottische Forscher | 1975 |
| Herstellung monoklonaler Antikörper | <i>Georges Jean Franz Köhler</i> (1946–1995), deutscher Biologe <i>César Milstein</i> (1927–2002), argentinischer Molekularbiologe | 1975 |
| Die chemische Umwandlung von Schweineinsulin in Humaninsulin gelingt erstmals. | | 1976 |
| Einschleusung des menschlichen Gens für Insulin in das Bakterium <i>Escherichia coli</i> | | 1978 |
| Beginn der kommerziellen Verwertung von genetisch gewonnenem Insulin | Firma Eli Lilly | 1982 |
| Identifikation des menschlichen EPO-Gen (Erythropoetin) | <i>Fu-Kuen Lin</i> , Firma AM-GEN | 1983 |
| Verbot der Anwendung von extrahiertem menschlichem Wachstumshormon da viele behandelte Patienten an der Creutzfeldt-Jakob-Krankheit verstarben | | 1985 |

| Wegweisende Entdeckung | Name, Erläuterung | Zeit |
|--|--|------|
| Kommerzielle Nutzung von gentechnisch hergestelltem Wachstumshormon | Firma Genentech | 1985 |
| Kommerzielle Nutzung von gentechnisch hergestelltem Interleukin I | Firma Chiron | 1992 |
| Nobelpreis für Medizin für Entwicklung der In-vitro-Fertilisation (IVF) | <i>Robert Edwards</i> (1925–2013), britischer Physiologe | 2010 |
| Abbruch der klinischen Studien zur hormonellen Kontrazeption für Männer (Injektion von Gestagen und Testosteron) wegen starker Nebenwirkungen | WHO | 2011 |
| Nobelpreis für Chemie für die Beschreibung der Funktion membrangebundener Rezeptoren (z. B. auch Rezeptor für Adrenalin) und G-Protein-vermittelter Prozesse | <i>Robert Lefkowitz</i> (*1943) und <i>Brian Kobilka</i> (*1955), US-amerikanische Biochemiker | 2012 |
| Entdeckung des Hormons Betatrophin, das die Regeneration von Beta-Zellen im Pankreas bei Typ 1-Diabetes-Kranken Maus-Modell initiiert, auch beim Menschen | <i>Peng Yin, Ji-Sun Park und Douglas Melton</i> | 2013 |
| Verbot von Phtalaten (Gruppen von Weichmachern in Kunststoffen) in Konsumgütern in Dänemark. Als Umwelthormone stehen sie im Verdacht, in das menschliche Hormonsystem einzugreifen. | | 2013 |
| Zusammenhang zwischen Leptin- (Hormon durch Fettzellen gebildet) und Insulin-abhängigen Stoffwechselvorgängen | <i>Perry und Kollegen</i> | 2014 |

Nach Gotthard 1993; Nawroth, Ziegler 2001; Yin, Park, Melton 2013; Perry et al. 2014

1.13 Geschlechtsorgane

Die Keimdrüsen werden an der Rückwand der Leibeshöhlenmitte hinter dem Bauchfell angelegt (Purves 2011, S. 1200). Durch die erblich festgelegte Entwicklungssteuerung kommt es schon in der frühen Embryonalzeit zu einer Differenzierung in männliche oder weibliche Keimdrüsen. Ihre volle Funktion erreichen sie jedoch erst nach der Pubertät, wenn ihr Wachstum durch hormonelle Einflüsse zum Abschluss gekommen ist. Die männlichen Keimdrüsen, die Hoden, wandern etwa im 7. Fetalmonat durch den Leistenkanal in den Hodensack.

Die äußeren Geschlechtsteile werden bei beiden Geschlechtern in gleicher Weise angelegt und differenzieren sich erst später zum Venushügel und den Schamlippen der Frau und zum Penis und dem Hodensack beim Mann.

Tab. 1.13.1 Fragen und Antworten zum Staunen

Literatur siehe nachfolgende Tabellen.

Ausgewählte Fragen aus den nachfolgenden Tabellen

| | |
|--|----------------------|
| Durchschnittliche Anzahl von Samenzellen in der Samenflüssigkeit | 60 Millionen/ml |
| Samenzellenbildung bei einem gesunden, jungen Mann | ca. 1000 pro Sekunde |
| Strecke die ein Spermium von seiner Entstehung in den Hoden, bis zur Befruchtung der Eizelle zurücklegt | ~ 7 m |
| Wie weit müssten wir in einem 2 m langen Boot rudern, wenn ein Spermium so lang wie das Boot wäre? | berechnet ~ 269 km |
| Temperaturdifferenz zwischen Hodensack und Körperkern | 2° C |
| Auf welche Temperatur können Samenzellen eingefroren werden, ohne dabei ihre Befruchtungsfähigkeit zu verlieren? | -190° C |
| Wie lange kann eine Samenzelle nach dem Geschlechtsverkehr eine Eizelle befruchten? | 1–3 Tage |
| Alle Eizellen werden vor der Geburt angelegt | |
| im 5. Fetalmonat | 6 Millionen |
| bei der Geburt | 40.000–50.000 |
| bei Erreichen der Geschlechtsreife | 20.000 |
| Anzahl der Eizellen, die im Leben einer durchschnittlichen Frau bis zur Befruchtungsfähigkeit heranwachsen | 400–450 |

Tab. 1.13.2 Die Anatomie der Hoden

Die paarig angelegten Hoden (Testes) sind die männlichen Keimdrüsen. Beide Hoden hängen am Samenstrang im Hodensack, wobei der linke gewöhnlich etwas tiefer steht als der rechte. In den Hoden werden Spermien (siehe Tab. 1.13.3) und Hormone (vor allem Testosteron) produziert (Purves 2011, S. 1201).

Die Spermien reifen in etwa 250 Kammern (Hodenläppchen) heran, in die jeder Hoden unterteilt ist. Die Hodenläppchen entstehen durch ein Knäuel von Samenkanälchen, in denen die Spermien gebildet werden.

Während der Fetalperiode wandern die Hoden von der Bauchhöhle in den Hodensack. Dieser Vorgang wird als *Descensus testis* bezeichnet. Unterbleibt die Verlagerung in den Hodensack oder verläuft sie nur unvollständig, nennt man das *Maldescensus testis*. Die Folge ist ein Hodenhochstand, der bei 3 % aller männlichen Neugeborenen auftritt.

Angaben zu Anatomie und Physiologie der Hoden

| Durchschnittliche Größe eines Hodens | |
|---|------------------------------|
| Längsdurchmesser | 4–5 cm |
| Breite | 2–3 cm |
| Dicke | 3 cm |
| Gewicht eines Hoden | 20 g |
| Dicke der Hodenkapsel (<i>Tunica albuginea</i>) | 1 mm |
| Hodenläppchen (<i>Lobuli testes</i>) | |
| Anzahl der Läppchen in einem Hoden | 250 |
| Länge der Läppchen | 2–3 cm |
| Samenkanälchen (<i>Tubuli seminiferi contorti</i>) | |
| Anzahl pro Hodenläppchen | 1–4 |
| Anzahl in einem Hoden | 500–800 |
| Länge eines Samenkanälchens | 30–70 cm |
| Länge aller Samenkanälchen in einem Hoden | 300 m |
| Durchmesser eines Samenkanälchens | 180–280 µm |
| Höhe des Keimepithels | 60–80 µm |
| Sertolizellen (Ammenzellen für die Spermienproduktion) | bis zu 50 µm |
| Länge | |
| Leidig-Zellen (bilden Testosteron) | |
| Anteil am gesamten Hodenvolumen | 12 % |
| Testosteronproduktion | 7 mg/Tag |
| Reinke-Kristalle (Eiweißkristalle die im Cytoplasma der Leidig-Zellen vorkommen) | |
| Länge | bis 20 µm |
| Dicke | bis 3 µm |
| Verlagerung der Hoden in den Hodensack (<i>Descensus testis</i>) | 3.–10. Schwangerschaftsmonat |

Leonhardt 1990; Junqueira, Carneiro, Gratzl 2004; Schiebler, Schmidt, Zilles 2005; Mörike, Betz, Mergenthaler 2007; Pschyrembel 2014

Tab. 1.13.3 Samenzellen und ihre Entwicklung

Bei der Spermiogenese (auch Spermatogenese) werden männliche Samenzellen (Spermien) gebildet. Bei der Reifung der Spermien entsteht aus einer Urgeschlechtszelle eine Vorläuferzelle (Spermatogonie), die sich dann in 4 befruchtungsfähige Spermien weiterentwickelt.

Spermien haben einen halben (haploiden) Chromosomensatz (23 Chromosomen). Eine Voraussetzung für die optimale Bildung von Samenzellen ist eine Temperaturdifferenz von etwa 2 °C zwischen Hoden und Körperkern.

| Angaben zur Bildung der Samenzellen | |
|---|-------------------|
| Bildung von Vorläuferzellen (Spermatogonien) | 400 Millionen/Tag |
| Bildung von fertigen Samenzellen (Spermien) | |
| pro Tag | 100 Millionen |
| pro Sekunde | ca. 1000 |
| Gesamtdauer der Spermiogenese | 80–90 Tage |
| Dauer der Entwicklung eines Spermiums aus einer Vorläuferzelle (Spermatogonie) im Hoden | ca. 70 Tage |
| Dauer der Nebenhodenpassage | 7–14 Tage |
| Wanderungsgeschwindigkeit der Spermien in Flüssigkeit | 3–5 mm/min |
| Temperaturdifferenz zwischen Hodensack und Körperkern | 2 °C |
| Temperatur, bei der Spermien eingefroren werden, ohne ihre Befruchtungsfähigkeit zu verlieren | –190 °C |
| Angaben zur Anatomie ausgereifter Samenzellen | |
| Länge einer Samenzelle (insgesamt) | 60 µm |
| Kopf einer Samenzelle (mit dem haploiden Zellkern) | |
| Dicke | 2–3 µm |
| Länge | 4–5 µm |
| Anzahl der Membranen des Akrosoms | 2 |
| Hals | |
| Dicke | 0,8 µm |
| Länge | 0,3 µm |
| Anzahl der Außenfibrillen | 9 |
| Mittelstück | |
| Dicke | 1 µm |
| Länge | 6 µm |
| Anzahl der Außenfibrillen | 9 |

| | |
|-------------------|--------|
| Hauptstück | |
| Dicke | 0,5 µm |
| Länge | 45 µm |
| Endstück | |
| Länge | 5–7 µm |

Leonhardt 1990; Schiebler, Schmidt, Zilles 2005; Pschyrembel 2014

Tab. 1.13.4 Die Samenwege

Zu den Samenwegen zählt man die anatomischen Strukturen, die von einer Samenzelle durchwandert werden müssen, um von ihrem Entstehungsort, dem Hoden, als Ejakulat an die Außenwelt zu gelangen.

Gebildet werden die Samenzellen in den Samenkanälchen. Diese münden über das *Rete testis* in die *Ductuli efferentes*. Die *Ductuli efferentes* vereinigen sich im Nebenhoden zu dem Nebenhodengang (*Ductus epididymidis*). Dieser wird beim Verlassen des Nebenhodens zum *Ductus deferens*, dem Samenleiter.

Der Samenleiter hat eine außerordentlich kräftige Muskulatur, die sich beim Samenerguss mit einer oder mehreren peristaltischen Wellen mit großer Geschwindigkeit kontrahiert.

Im Bereich der Prostata geht der *Ductus deferens* in den Spritzkanal (*Ductus ejaculatorius*) über. Noch innerhalb der Prostata vereinigen sich die paarig angelegten Spritzkanäle in der unpaaren Harnröhre (Urethra).

Angaben zur Anatomie der Samenwege

| | |
|--|----------|
| Nebenhoden (Epididymis) | |
| Länge | 5 cm |
| Gewicht | 4 g |
| <i>Ductuli efferentes</i> (verbinden den Hoden mit dem Nebenhoden) | |
| <i>Anzahl</i> | 8–12 |
| <i>Länge</i> | 10–12 cm |
| <i>Nebenhodengang (Ductus epididymidis)</i> | |
| <i>Gesamtlänge im gestreckten Zustand</i> | 4–6 m |
| <i>Innendurchmesser</i> | |
| – am Anfang | 150 µm |
| – am Ende | 400 µm |

Angaben zur Anatomie der Samenwege

| Samenleiter (<i>Ductus deferens</i>) | |
|--|----------|
| Länge | 50–60 cm |
| Dicke | 3–4 mm |
| Innendurchmesser | 0,5–1 mm |
| Zahl der Kontraktionen beim Orgasmus | 3–4 |
| Spritzkanälchen (<i>Ductus ejaculatorius</i>) | |
| Länge | ca. 2 cm |
| Trichterförmige Verengung auf einen Innendurchmesser von | 200 µm |
| Männliche Harnröhre | |
| Längen insgesamt (Durchschnitt) | 20,0 cm |
| Pars prostatica | 3,5 cm |
| Pars membranacea | 1,5 cm |
| Pars spongiosa | 15,0 cm |

Leonhardt 1990; Junqueira, Carneiro, Gratzl 2004; Schiebler, Schmidt, Zilles 2005; Mörike, Betz, Mergenthaler 2007; Pschyrembel 2014

Tab. 1.13.5 Der Penis und die Geschlechtsdrüsen

Der Penis gehört zu den äußeren Geschlechtsmerkmalen des Mannes. Bei der Erektion werden die so genannten Rankenarterien geöffnet. Dadurch füllen sich die Lakunen der Schwellkörper (*Corpora cavernosa penis*) mit Blut.

Der größte Teil der Samenflüssigkeit (Ejakulat) wird von den akzessorischen Geschlechtsdrüsen produziert (90%). Hierzu gehören die Samenblase, die Prostata und die Cowper-Drüsen. Diese Geschlechtsdrüsen sind nicht an der Spermienproduktion oder deren Aufbewahrung beteiligt.

Bei einer Vergrößerung der Prostata, die bei älteren Männern recht häufig ist, kann die Harnröhre zugequetscht und das Harnlassen unmöglich werden.

| Angaben zur Samenblase (<i>Vesicula seminalis</i>) | |
|---|----------|
| Länge der Samenblase insgesamt | 15–20 cm |
| Länge der einzelnen Bläschendrüsen | 4–5 cm |
| pH-Wert des Sekrets der Samenblase | 7,2–7,5 |
| Anteil des Sekrets am Ejakulat | 50–60 % |

| | |
|--|---------------|
| Angaben zur Vorsteherdrüse (Prostata) | |
| Anschauliche Größe | kastaniengroß |
| Gewicht | 20 g |
| Anzahl der tubulo-alveolären Drüsen | 30–50 |
| Anzahl der Ausführungsgänge | 15–30 |
| Prostatasekret | |
| Anteil am Ejakulat | 15–30 % |
| pH-Wert | 6,4 |
| Häufigkeit Vergrößerung der Prostata (Prostatahyperplasie) | |
| Anteil bei Männern über 65 Jahren | 75–100 % |
| Anteil der Betroffenen mit Beschwerden | 30–40 % |
| Durchmesser, den ein Prostatastein erreichen kann | 2 mm |
| Angaben zu Anatomie und Physiologie des Penis | |
| Anzahl der Schwellkörper | 3 |
| Erschlaffter Zustand | |
| Länge | 7–10 cm |
| Breite | 3,2 cm |
| Erigierter Zustand | |
| Länge | 11–17 cm |
| Breite | 4,1 cm |
| Durchmesser der Kavernen im erigierten, mit Blut gefüllten Zustand | 1–3 mm |

Leonhardt 1990; Junqueira, Carneiro, Gratzl 2004; Schiebler, Schmidt, Zilles 2005; Mörike, Betz, Mergenthaler 2007

Tab. 1.13.6 Die Zusammensetzung der Samenflüssigkeit

Etwa 90 % der Samenflüssigkeit entstehen in den akzessorischen Geschlechtsdrüsen. Die Spermien machen lediglich 10 % des Volumens aus. Das frische Ejakulat ist milchig trüb. Bei wiederholtem Koitus nimmt das Volumen ab. Nach längerer Abstinenz kann es 13 ml erreichen.

| | |
|--|-------------------------------|
| Angaben zu den Spermien in der Samenflüssigkeit (Ejakulat) | |
| Durchschnittliches Volumen des Ejakulats pro Samenerguss | 2–6 ml |
| Anzahl der Spermien pro Samenerguss, nach WHO 2010, Normwert nach WHO 2015 bei 1,5 ml Ejakulat | 22,5 Millionen |
| Anzahl der Spermien pro Samenerguss in 1 ml | |
| durchschnittliche Anzahl (nach WHO 2010) | 15 Millionen/ml |
| Normalwerte | 20–120 Millionen/ml |
| normaler Anteil unreifer Samenzellen | 20 % |
| Zeugungsunfähigkeit bei einer Spermienzahl von | < 5 Millionen/ml |
| Durchschnittlicher Anteil an beweglichen Samenzellen | > 30 % |
| Durchschnittlicher Anteil an unbeweglichen Samenzellen | < 50 % |
| Beweglichkeitsverlust nach 2 Stunden | 15 % |
| Verflüssigung des Ejakulats nach | 5–15 Minuten |
| Anteil am Gesamtvolumen der Samenflüssigkeit | |
| Spermien | 10 % |
| Sekret der Samenblasen | 50–60 % |
| Sekret der Vorsteherdrüse (Prostata) | 15–30 % |
| Sekret der Cowper-Drüsen | 1–3 % |
| Substanzen in der Samenflüssigkeit (Ejakulat) | |
| Wasser | 91,8 % |
| Trockensubstanz | |
| Eiweiß | 7,2 % |
| Harnsäure | 45 g/l |
| Vitamine | 60 mg/l |
| <i>Tocopherol</i> | 9,8 mg/kg |
| <i>Vitamin B12</i> | 0,45 µg/l |
| <i>Ascorbinsäure (Vitamin C)</i> | 43 mg/l |
| Fruktose | 2,24 g/l |
| Sorbit | 0,1 g/l |
| Citronensäure | 3,76 g/l |
| Milchsäure | 0,37 g/l |
| Lipide | 1,88 g/l |
| DNA pro Spermium | 2,5 pg |
| Dichte | 1,027–1,045 g/cm ³ |

| | |
|-------------|--------------------------------|
| Osmolalität | 296 mosmol/kg H ₂ O |
| pH-Wert | 7,2–7,8 |

Leonhardt 1990; Junqueira, Carneiro, Gratzl 2004; Schiebler, Schmidt, Zilles 2005, Hautmann und Huland 2006; Mörike, Betz, Mergenthaler 2007; WHO 2010

Tab. 1.13.7 Anzahl der Samenzellen im Ländervergleich und im Zeitraster

Die Anzahl der Samenzellen (Spermien) im Ejakulat unterliegt geografischen und ethnischen Einflussfaktoren. Die größte Untersuchung wurde von Carlsen und Mitarbeiter zu diesem Thema durchgeführt. Es zeigte sich, dass in den letzten 50 Jahren ein signifikanter Abfall der Spermiedichte zu verzeichnen ist. So konnte eine Verringerung von durchschnittlich einer Million Spermien je Milliliter Ejakulat pro Jahr beobachtet werden.

Würde dieser Prozess sich unverändert fortsetzen, so wäre den Hochrechnungen zufolge der Nullpunkt im Jahre 2060 erreicht.

Aktuelle Untersuchungen des Aberdeen Fertility Centre bestätigen diesen Abwärtstrend. Die Durchschnittliche Anzahl von 87 Millionen Spermien pro ml Ejakulat im Jahr 1989 nahm bis zum Jahr 2002 um ca. 30% auf 62 Millionen pro ml ab.

| | |
|--|------------------|
| Anzahl der Spermien im Ejakulat in ausgewählten Ländern | |
| Anzahl der Samenzellen im Ejakulat | |
| Finnland | 114 Millionen/ml |
| Pakistan | 79 Millionen/ml |
| Deutschland | 78 Millionen/ml |
| Nigeria | 64 Millionen/ml |
| Hongkong | 62 Millionen/ml |
| Europäische Studien zur Zahl der Spermien im Ejakulat | |
| Dänische Studie von Niels Skakkebæk (1992): | |
| Untersuchung von: 1940 | 113 Millionen/ml |
| 1990 | 60 Millionen/ml |
| Pariser Studie von Pierre Jouannet | |
| Untersuchung von: 1973 | 89 Millionen/ml |
| 1992 | 60 Millionen/ml |
| Schottische Studie an 577 Männern | |

| | |
|---|-----------------------|
| Jährlicher Rückgang der Anzahl der Samenzellen in der Zeit von 1984–1995 | 2 % pro Jahr |
| Genter Studie von Frank Comhaire | |
| Anteil steriler Samenspender: 1980 | 1,6 % |
| 1993 | 9,0 % |
| Anteil von Samenspendern mit geringer Qualität der Samenzellen: 1980 | |
| 1993 | 45,8 % |
| Amerikanische Studien zur Zahl der Spermien im Ejakulat | |
| Amerikanische Studien von Fisch u. Paulsen 1996 | |
| Untersuchungen von 1970–1994 in New York, Minnesota und Los Angeles | geringfügiger Anstieg |
| Untersuchungen von 1972–1993 in Seattle | Anstieg um 10 % |
| Aberdeen Fertility Centre, Carlsen et al. BMJ. 1992 Sep 12; 305 (6854): 609–13; Fertility and Sterility 5/1996; Schiebler, Schmidt, Zilles 2005; Pschyrembel 2014 | |

Tab. 1.13.8 Die Eierstöcke

Die paarig angelegten Eierstöcke (Ovarien) zählen zu den primären weiblichen Geschlechtsorganen. Hier reifen die Eizellen der Frau (Follikelreifung). Im Gegensatz zu den männlichen Samenzellen werden alle Eizellen der Frau vor der Geburt angelegt (Purves 2011, S. 1204 f.).

Die Anzahl der Eizellen nimmt im Laufe des Lebens der Frau kontinuierlich ab. So kommt nur jede tausendste Eizelle zur Geschlechtsreife. Die hormonelle Steuerung übernehmen die Hypophysenhormone FSH und LH (siehe Tab. 1.12.15). Beim Follikelsprung (Ovulation) wird die Eizelle aus dem Graaf-Follikel in den Eileiter geschwemmt. In der Ampulle des Eileiters findet dann die Befruchtung statt.

| | |
|--|--------------------|
| Angaben zu den Eierstöcken und den Eizellen | |
| Länge eines Eierstockes (Ovar) | 3 cm |
| Breite | 1,5 cm |
| Dicke | 1 cm |
| Gewicht | 7–14 g |
| Einwanderung der Urgeschlechtszellen in das Ovar | 5–6 Embryonalwoche |
| Anzahl der vor der Geburt angelegten Eizellen | |

| | |
|---|--------------------|
| im 5. Fetalmonat | 6 Millionen |
| bei der Geburt | 40.000–50.000 |
| bei erreichen der Geschlechtsreife | 20.000 |
| Anteil der befruchtungsfähigen Eizellen im Leben einer Frau | 400–450 |
| Verhältnis der befruchtungsfähigen Eizellen zu den bei der Geburt vorhanden Eizellen | 1/1000 |
| Zeugungsfähige Jahre der Frau | bis zu 40 Jahren |
| Anzahl der Follikel (Eizellen) die normalerweise pro Zyklus (28 Tage) zur Ausreifung kommen | 1 |
| Angaben zur Entwicklung des Follikels und zum Eisprung | |
| Primordialfollikel, | |
| Durchmesser der Eizelle | 40 µm |
| Durchmesser insgesamt | 50 µm |
| Sekundärfollikel | |
| Durchmesser insgesamt | 200 µm |
| Durchmesser der Eizelle | 80 µm |
| Tertiärfollikel | |
| Durchmesser insgesamt | 5000–10.000 µm |
| Durchmesser der Eizelle | 110–140 µm |
| Graaf-Follikel (kurz vor dem Eisprung) | |
| Durchmesser insgesamt | 24.000–28.000 µm |
| Durchmesser der Eizelle | 110–140 µm |
| Eisprung (Ovulation) | 14. Tag des Zyklus |
| Dauer des Eisprungs | 3–5 Minuten |
| Zeit nach dem Eisprung, in der die Eizelle befruchtungsfähig bleibt | maximal 24 Stunden |

Leonhardt 1990; Junqueira, Carneiro, Gratzl 2004; Schmidt, Lang, Heckmann 2010

Tab. 1.13.9 Der Eileiter und die Gebärmutter

In den paarig angelegten Eileitern (*Tuba uterina*) findet die Befruchtung der Eizelle statt. Die befruchtete Eizelle (Zygote) wird im Eileiter zur Gebärmutter transportiert.

Die Gebärmutter (Uterus) ist ein weibliches Geschlechtsorgan. Hier wächst der Keim bis zur Geburt heran. Sie besteht aus zwei Abschnitten: dem Gebärmutterkörper (*Corpus uteri*) mit der Gebärmutterhöhle (*Cavum uteri*) und dem Gebärmutterhals (*Cervix uteri*) mit dem Gebärmuttermund (*Portio vaginalis*). Während der Schwangerschaft kommt es zur Größenzunahme der Gebärmutter. Die Gebärmutter erfüllt während dieser Zeit ihre Aufgabe als Fruchthalter. Bei der Geburt dient sie durch die Tätigkeit der Muskulatur als Austreibungsorgan des Kindes.

| | |
|--|-------------|
| Angaben zur Anatomie des Eileiters (<i>Tuba uterina</i>) | |
| Länge eines Eileiters | 10–18 cm |
| Trichterförmige Erweiterung des Eileiters (Tube) | |
| Länge der Fransen der Tubenöffnung (Fimbrien) | 1–2 cm |
| Ampulle im Eileiter (<i>Ampulla tubae uterinae</i>) | |
| Länge | 7 cm |
| Dicke | 4–10 mm |
| Engste Stelle im Eileiter (<i>Isthmus tubae uterinae</i>) | |
| Länge/Dicke | 3 cm/1–3 mm |
| Dauer der Tubenwanderung der Eizelle | 4–5 Tage |
| Sekretion der Schleimhaut | |
| erste Zyklushälfte | 0,5 ml/Tag |
| Zyklusmitte | 1,5 ml/Tag |
| Angaben zur Anatomie der Gebärmutter (Uterus) | |
| Länge | |
| Gesamtlänge | 7–8 cm |
| <i>Corpus uteri</i> | 5 cm |
| Gebärmutterhals (<i>Cervix uteri</i>) | 3 cm |
| Breite | 3–4 cm |
| Dicke | 2–3 cm |
| Gewicht | |
| normal | 50–80 g |
| Schwangerschaftsende | 1000–1200 g |
| Dicke der Muskelwand (Myometrium) in der Schwangerschaft | bis zu 2 cm |
| Länge der glatten Muskelzellen des Myometriums | |
| normal | 50 µm |
| Schwangerschaftsende | 500 µm |

| Winkel | |
|--|--------|
| Corpus-Cervix (Anteflexio) | 70–90° |
| Cervix-Vagina (Anteversio) | 90° |
| Lumenweite des Hohlraums der Gebärmutter | 3–5 mm |

Leonhardt 1990; Junqueira, Carneiro, Gratzl 2004; Schmidt, Lang, Heckmann 2010

Tab. 1.13.10 Die Plazenta und die Zottenbäume

Die Plazenta wird im Volksmund auch Mutterkuchen genannt, weil sie die Nahrungsquelle des Ungeborenen darstellt. Sie gewährleistet die Versorgung des Fetus mit Nährstoffen und Blutgasen. Gleichzeitig werden Stoffwechselendprodukte aus dem fetalen Blut abtransportiert. Die Plazenta wird kurz nach der Geburt des Kindes als Nachgeburt geboren.

Die Zottenbäume werden vom Mutterkuchen (Plazenta) für den Stoffaustausch zwischen Mutter und Kind gebildet. Der Synzytiotrophoblast bildet einen zusammenhängenden Zytotrophoblastenschlauch ohne Zellgrenzen und bedeckt den gesamten Zottenbaum. Der Zytotrophoblast besteht aus einzelnen Zellen und kommt teilweise zwischen dem Synzytiotrophoblast und den Zotten vor.

| Angaben zu Anatomie und Physiologie der Plazenta | |
|---|---------------------|
| Dicke der scheibenförmigen Plazenta | ca. 3 cm |
| Durchmesser der scheibenförmigen Plazenta | ca. 20 cm |
| Gewicht der ausgewachsenen Plazenta | ca. 500 g |
| Blutgehalt des Raumes zwischen den Zotten | 200–250 ml |
| Durchblutungsrate | 150 ml/min/kg Fetus |
| Zeit, in der das Blut ausgetauscht wird | 30 Sekunden |
| Blutdruck im Zottenraum | 60–70 mmHg |
| Anzahl der Versorgungsarterien der Mutter | ca. 200 |
| Angaben zu Entwicklung und Gliederung der Zottenbäume | |
| Die Entwicklung der Zotten in der Plazenta | |
| Primärzotten (bestehen aus Zytotrophoblast und Synzytiotrophoblast) | 13.–14. Tag |
| Sekundärzotten (Bindegewebe wächst ein) | 15.–18. Tag |
| Bildung der Tertiärzotten (Blutgefäße kommen hinzu) | ab dem 19. Tag |
| Durchmesser bis zur 4. Woche | 100–150 µm |

| Die Gliederung eines Zottenbaumes einer reifen Plazenta | |
|---|----------------|
| Anzahl der Zottenbäume | ca. 200 |
| davon voll entwickelt | 60–70 |
| Durchmesser der verschiedenen Abschnitte des Zottenbaumes | |
| Stammzotten | |
| <i>Trunki chorii</i> | 1–2 mm |
| <i>Rami chorii</i> | 0,5–1 mm |
| <i>Ramuli chorii</i> | 60–500 μ m |
| Endverzweigungen | |
| <i>Intermediärzotten</i> | 50–200 μ m |
| <i>Endzotten</i> | 50 μ m |
| Zahl der gabeligen Aufteilungsschritte des voll entwickelten Zottenbaumes | 11 |
| Oberfläche für den Stoffaustausch zwischen Mutter und Kind | 12–14 m^2 |

Junqueira, Carneiro, Gratzl 2004; Schiebler, Schmidt, Zilles 2005; Mörike, Betz, Mergenthaler 2007

Tab. 1.13.11 Scheide, Kitzler und weibliche Harnröhre

Die Scheide (Vagina) dient dem Kind als Geburtskanal. Der Kitzler (Clitoris) ist der dem Penis des Mannes entsprechende erektilen Teil des weiblichen Geschlechts. Er ist mit vielen Nervenendigungen ausgestattet und somit berührungsempfindlich.

Angaben zur Anatomie von Scheide, Kitzler und Harnröhre der Frau

| Die Scheide (Vagina) | |
|-----------------------------|-----------------|
| Länge der Scheide | 8–12 cm |
| Breite der Scheide | 2–3 cm |
| Dicke der Scheidenwand | 3 mm |
| Dicke des Epithels | 150–200 μ m |
| pH-Wert in der Scheide | 4–5 |

| Der Kitzler (Clitoris) | |
|-------------------------------|----------|
| Länge | 3–4 cm |
| Anzahl der Nervenendigungen | ca. 8000 |
| Anzahl der Schwellkörper | 2 |

Angaben zur Anatomie von Scheide, Kitzler und Harnröhre der Frau

| Die weibliche Harnröhre (<i>Urethra feminina</i>) | |
|--|--------|
| Länge | 3–5 cm |
| weitester Durchmesser | 7–8 mm |

Leonhardt 1990; Junqueira, Carneiro, Gratzl 2004; Schiebler, Schmidt, Zilles 2005

Tab. 1.13.12 Der Menstruationszyklus

Frauen erreichen ihre Fortpflanzungsfähigkeit während der Pubertät mit der ersten Regelblutung (Menarche) und verlieren sie in den Wechseljahren (Menopause). Bei einer reifen Frau dauert der Menstruationszyklus zwischen 24 und 31 (im Durchschnitt 28) Tage. Gewisse Schwankungen sind häufig und durchaus normal.

Der Menstruationszyklus (Purves S. 1205) beginnt mit dem 1. Tag der Regelblutung. Zu der Regelblutung kommt es durch die Abstoßung eines Teils der Gebärmutter schleimhaut in der Desquamationsphase. In der ersten Zyklushälfte (Proliferationsphase) wird unter Einfluss des im Eierstock gebildeten Östrogens in der Gebärmutter eine Schleimhautschicht aufgebaut. Parallel reift im Eierstock die Eizelle in einem Follikel heran.

Der Eisprung findet durchschnittlich am 14. Tag statt. Anschließend wird der Follikel zum progesteronproduzierenden Gelbkörper (*Corpus luteum*). Kommt es nicht zur Befruchtung der Eizelle, geht der Gelbkörper im Eierstock zugrunde.

Der Abfall der Progesteronproduktion führt zur Abstoßung der in der Proliferationsphase aufgebauten Schleimhaut der Gebärmutter. Mit der Regelblutung beginnt der neue Menstruationszyklus.

Angaben zum Menstruationszyklus und seinen Phasen

| Der Menstruationszyklus | |
|--|------------------|
| Dauer des Zyklus insgesamt | 28 Tage |
| erster Zyklus der Frau (Menarche) | mit 12–15 Jahren |
| letzter Zyklus der Frau (Menopause) | mit 45–50 Jahren |
| Proliferationsphase (östrogene Phase) | |
| Zeitdauer im Zyklus | 5.–14. Tag |
| Dauer insgesamt | 10 Tage |
| Dicke der Uterusschleimhaut | |
| am Anfang | 1 mm |
| am Ende | 5 mm |

Angaben zum Menstruationszyklus und seinen Phasen

| | |
|--|----------------|
| Ovulation (Eisprung) | |
| Zeitpunkt im Zyklus | 14. Tag |
| Dauer insgesamt | 3–5 min |
| Sekretionsphase (gestagene Phase) | |
| Zeitdauer im Zyklus | 15.–28. Tag |
| Dauer insgesamt | 14 Tage |
| Dicke der Uterusschleimhaut | 5–8 mm |
| Beginn der Rückbildung des Gelbkörpers | 22. Tag |
| Ischämische Phase | |
| Zeitpunkt im Zyklus | 28. Tag |
| Dauer | einige Stunden |
| Dicke der Uterusschleimhaut | 3–4 mm |
| Menstruation (Desquamationsphase, Regelblutung) | |
| Zeitdauer im Zyklus | 1.–4. Tag |
| Dauer insgesamt | 4 Tage |
| durchschnittlicher Blutverlust pro Regelblutung | 35–50 ml |

Leonhardt 1990; Junqueira, Carneiro, Gratzl 2004; Schiebler, Schmidt, Zilles 2005

1.14 Befruchtung, Geburt und Entwicklung

Das Geschlecht eines Menschen wird bei der Befruchtung festgelegt. Wie bei allen Säugetieren ist auch beim Menschen das Geschlecht genetisch festgelegt, die Information liegt auf den beiden Geschlechts-Chromosomen (Gonosomen). Bei der Frau enthält jede Körperzelle neben 22 Chromosomenpaaren, die bei beiden Geschlechtern gleich sind, zwei X-Chromosomen als Gonosomen. Die Körperzellen des Mannes dagegen enthalten als 23. Chromosomenpaar ein X- und ein Y-Chromosom.

Eizellen und Spermien enthalten nur einen einfachen Chromosomensatz und daher auch nur ein Gonosom, bei der Eizelle ist dies zwangsläufig das X-Chromosom. Das Geschlecht wird daher durch das Spermium festgelegt, je nachdem ob es in der Meiose ein X- oder ein Y-Chromosom erhält. Interessant ist die Tatsache, dass sich X- und Y-Chromosomen-tragende Spermien in ihren Eigenschaften unterscheiden: Während „männliche“ Spermien eine höhere Schwimmgeschwindigkeit erreichen, leben „weibliche“ Spermien bedeutend länger.

Bei der Besamung (Insemination) verschmelzen die Ei- und Samenzelle, bei der Befruchtung (Fertilisation) verschmelzen die beiden Genome. Die raschen Zellteilungen der so genannten Furchung gehen zunächst ohne nennenswertes Zellwachstum einher. Die Embryonal- und Fetalentwicklung (und damit die Schwangerschaft) dauert beim Menschen durchschnittlich 266 Tage.

Tab. 1.14.1 Fragen und Antworten zum Staunen

Literaturhinweise siehe nachfolgende Tabellen.

Ausgewählte Fragen aus den nachfolgenden Tabellen

| | |
|--|------------------------------|
| Dauer, bis eine Samenzelle mit der Eizelle verschmolzen ist | 24 Stunden |
| Alter des Embryo beim ersten Herzschlag | 22 Tage |
| Abgabe von Urin durch den Fetus in das Fruchtwasser | ab der 14. Woche |
| Dauer der vollständigen Filterung und Erneuerung des Fruchtwassers | alle 3 Stunden |
| Menge des Fruchtwassers, das im Verlauf einer durchschnittlichen Schwangerschaft gebildet wird | 714 Liter |
| Herzaktionen beim Fetus mit dem Ultraschallgerät sichtbar | 6.–7. Schwangerschaftswoche |
| Herzfrequenz des Fetus? | |
| Fetus wach | 120–160 Schläge/min |
| Fetus schlafend | 140 Schläge/min |
| Fetus sehr aktiv | 120 Schläge/min |
| 170 Schläge/min | |
| Anzahl der Herzschläge des Fetus | |
| in den ersten 9 ½ Wochen | 13 Millionen mal |
| bei der Geburt | 49 Millionen mal |
| Fetus kann seine Umgebung ertasten und Geräusche wahrnehmen | ab dem 5. Monat |
| Anlage aller wesentlichen Organe eines Menschen im Fetus | 56 Tage nach der Befruchtung |
| Durchschnittliche Gewichtszunahme der Mutter am Ende der Schwangerschaft | 11,2 kg |

Tab. 1.14.2 Die Befruchtung

Die Besamung und Befruchtung sind die Zeiträume, in dem die Samenzelle (Spermium) mit der Eizelle (Ovum) beziehungsweise die Genome verschmelzen. Dieser Vorgang dauert ca. 24 Stunden.

Beim Geschlechtsverkehr werden über das Ejakulat durchschnittlich 20 Millionen Samenzellen in den äußeren Muttermund der Gebärmutter eingebracht. Lediglich einige Hundert schaffen den Aufstieg bis in den Eileiter. Hier kommt es dann typischerweise zur Befruchtung der Eizelle kurz nach dem Eisprung (Ovulation). Samenzellen (Spermien) bleiben ein bis drei Tage, unter idealen Bedingungen sogar bis zu 7 Tage lang befruchtungsfähig. Somit beginnt der ideale Zeitpunkt für einen Geschlechtsverkehr, um ein Kind zu zeugen, drei Tage vor dem Eisprung und ist am Tag der Ovulation beendet.

Angaben zur Wanderung der Spermien, zur Einnistung der Zygote und zu Zellteilungen in der Zygote

| Spermienwanderung und Befruchtung | |
|---|-----------------|
| Volumen eines durchschnittlichen Samenergusses | 2–6 ml |
| Anzahl der Spermien, die mit dem Ejakulat (2–6 ml) zum äußeren Muttermund der Gebärmutter gebracht werden | 200–300 Mio. |
| Anzahl der Spermien, die den Aufstieg bis in den Eileiter schaffen (Ort der Befruchtung) | 200–400 |
| <i>in Prozent</i> | 0,00001 % |
| Wanderungsgeschwindigkeit der Spermien beim Aufstieg | 2–3 mm/min |
| Durchschnittliche Zeitdauer des Aufstieges | 40–60 min |
| Zeitdauer, in der ein Spermium befruchtungsfähig bleibt | 1–3 Tage |
| Dauer des Befruchtungsvorgangs (Spermium verschmilzt mit der Eizelle) | 24 Stunden |
| Anzahl der Chromosomen | |
| Eizelle | 23 |
| Spermium | 23 |
| befruchtete Eizelle (Zygote) | 46 |
| Zellteilungen (Furchungen) der Zygote | |
| Durchmesser der Eizelle beim Eisprung | 130–150 µm |
| Erreichen des 2-Zellen-Stadiums (erste Zellteilung) | nach 30 Stunden |
| <i>Durchmesser</i> | 150 µm |

Angaben zur Wanderung der Spermien, zur Einnistung der Zygote und zu Zellteilungen in der Zygote

| | |
|--|--------------------|
| Erreichen des 4-Zellen-Stadiums | nach 40–50 Stunden |
| <i>Durchmesser</i> | 150 µm |
| Erreichen des 16-Zellen-Stadiums (Morula) | nach 3 Tagen |
| <i>Durchmesser</i> | 150 µm |
| Erreichen des 50/60-Zellen-Stadiums (Blastozyste) | nach 4 Tagen |
| <i>Durchmesser</i> | 2–3 mm |
| Wanderung und Einnistung der Zygote | |
| Aufenthaltszeit der Zygote im Eileiter | 3–4 Tage |
| Erreichen der Gebärmutter | nach 4 Tagen |
| Einnistung in die Gebärmutterterschleimhaut (Implantation) | nach 6 Tagen |

Schiebler, Schmidt, Zilles 2005; Shackelford, Pound 2006; Pschyrembel 2014

Tab. 1.14.3 Die Entwicklung des Embryos

Die Schwangerschaft dauert von der Befruchtung bis zur Geburt durchschnittlich 266 Tage. Die Entwicklung der menschlichen Frucht lässt sich in 3 Phasen unterteilen. Die zelluläre Phase (Blastogenese) reicht von der Befruchtung bis zum 15. Tag. Die Embryonalperiode erstreckt sich vom 16. bis zum 60. Gestationstag. Die Fetalperiode schließt sich der Embryonalperiode am 61. Gestationstag an und reicht bis zur Geburt. In der 40. Schwangerschaftswoche sind die Reifezeichen des Fetus vollständig nachweisbar.

Die Tabelle gibt einen Überblick über die wichtigsten Entwicklungsschritte des Fetus in der Embryonal- und Fetalperiode. Altersangaben: In der Embryologie und in der Geburthilfe wird in Lunarmonaten gerechnet: 1 Lunarmonat = 28 Tage (Abkürzung: L-Monat). Längenangaben: Im ersten Lunarmonat hat sich der Embryo noch nicht gekrümmt, sodass man die Gesamtlänge messen kann. Im zweiten Lunarmonat wird die Scheitel-Steiß-Länge gemessen: Körperlänge von der Scheitelbeuge bis zur Schwanzkrümmung. Ab dem dritten Lunarmonat wird die Scheitel-Fersen-Länge gemessen. Da sich der Fetus gestreckt hat, kann die ganze Strecke von der Scheitelbeuge bis zur Ferse gemessen werden.

Lebensfähigkeit von Frühgeborenen: Die Erfahrung zeigt, dass ein Frühgeborenes mit einem Gewicht unter 500 g oder einem Befruchtungsalter von weniger als 22 Wochen gewöhnlich nicht lebensfähig ist.

Bei der Zeitangabe sind Tage nach der Befruchtung gemeint.

Angaben zur zeitlichen Entwicklung, zur Länge und zum Gewicht des Embryos/Fetus

| Gesamtlänge im ersten Lunarmonat | | |
|---|--|--------|
| 6 Tage | Implantation (Einnistung in die Uterusschleimhaut) | |
| 14 Tage | Entwicklung der Blutgefäße beginnt | – |
| 18 Tage | Neuralplatte entwickelt sich, Herzanlage entsteht | 1,5 mm |
| 20 Tage | Entwicklung des Neuralrohres und der Schilddrüse beginnt | |
| 22 Tage | Herz beginnt zu schlagen | – |
| 24 Tage | Hypophyse entsteht | – |
| 25 Tage | Ohrgrube entwickelt sich | 2,5 mm |
| 27 Tage | Armknospen treten auf | |
| Scheitel-Steiß-Länge im zweiten Lunarmonat | | |
| 28 Tage | Armknospen sind flossenähnlich, Beinknospen treten auf, Ohrbläschen vorhanden | 4 mm |
| 30 Tage | Augenbecher, Linsenbläschen und Nasengrube bilden sich aus | – |
| 32 Tage | Handplatte, Linsengrube und Augenbecher sind ausgebildet | |
| 33 Tage | Nasengruben sind zu sehen | 7 mm |
| 35 Tage | Beinknospen sind ausgebildet | 8 mm |
| 36 Tage | Mund und Nasenhöhle verbinden sich | – |
| 37 Tage | Fußplatte ist ausgebildet | 9 mm |
| 39 Tage | Oberlippe ist ausgebildet, Pigment der Retina ist zu erkennen, Ohrwülste treten auf | 10 mm |
| 42 Tage | Fingerstrahlen bilden sich, Hirnbläschen treten hervor | 13 mm |
| 43 Tage | Augenlider entstehen | 16 mm |
| 45 Tage | Nasenspitze und Brustwarzen werden sichtbar, Zehenstrahlen treten auf, erste Knochenkerne werden gebildet, Furchen zwischen den Fingerstrahlen werden sichtbar | 17 mm |

Angaben zur zeitlichen Entwicklung, zur Länge und zum Gewicht des Embryos/Fetus

| | | | |
|--|---|--------|-------------|
| 49 Tage | Finger sind erkennbar, Furchen zwischen den Zehenstrahlen bilden sich | 18 mm | |
| 51 Tage | Weibliche bzw. männliche Gonade sind differenziert, die äußeren Genitalien noch nicht | – | |
| 52 Tage | Finger sind getrennt, Zehen sind zu erkennen | – | |
| 56 Tage | Alle wesentlichen Organe sind angelegt | 30 mm | |
| Scheitel-Fersen-Länge und Gewicht ab dem dritten Lunarmonat | | | |
| 3. L-Monat 56.–83. Tag | Gesicht erkennbar, erste Haare, Finger und Zehennägel werden angelegt, erste Bewegungen, Augenlider verkleben, äußere Genitalien differenzieren sich, Dünndarm aus dem Nabelstrang in den Bauchraum | 7–9 cm | 8–45 g |
| 4. L-Monat 84.–111. Tag | Wollhaarkleid bedeckt den Fetus, Kopf richtet sich auf, Muskelreflexe sind auslösbar, Ohren stehen vom Kopf ab | 16 cm | 45–320 g |
| 5. L-Monat 112.–139. Tag | Mutter empfindet Kindsbewegungen, Herztöne können abgehört werden | 25 cm | 320–630 g |
| 6. L-Monat 140.–167. Tag | Haut runzlig und rot, Augenbrauen und Wimpern werden ausgebildet | 30 cm | 630–1000 g |
| 7. L-Monat 168.–195. Tag | Ausbildung der Gehirnwindungen, Lunge atmungsfähig, verklebte Augenlider werden gelöst | 35 cm | 1000–1700 g |
| 8. L-Monat 196.–223. Tag | Zehennägel ausgebildet, Körper wird fülliger, Fingernägel reichen bis zu den Kuppen, Haut rosig und glatt | 40 cm | 1700–2100 g |
| 9. L-Monat 224.–251. Tag | Wollhaare (Lanugo) fallen aus | 45 cm | 2100–2900 g |
| 10. L-Monat 252.–280. Tag | Zehennägel reichen bis zu den Kuppen, Fingernägel reichen über die Kuppen hinaus, Hoden im Leistenkanal oder im Hodensack | 50 cm | 2900–3400 g |

Tab. 1.14.4 Die Gewichtszunahme während der Schwangerschaft

Die durchschnittliche Zunahme der Masse von Mutter und Kind am Ende der Schwangerschaft beträgt 11,2 kg. Die Gewichtszunahme ist jedoch abhängig vom Ernährungszustand der Schwangeren.

So kommt es bei untergewichtigen Frauen ($\text{BMI} < 19,8$) zu einer Gewichtszunahme von 12,7–18,2 kg, bei übergewichtigen Frauen ($\text{BMI} > 26,1$) zu einer Gewichtszunahme von lediglich 6,8 bis 11,4 kg. Zwillingsschwangerschaften gehen mit einer Gewichtszunahme von 15,9–20,4 kg einher.

| Kind | Masse | Mutter | Masse |
|---------------------------------------|--------|--------------|--------|
| Körpermasse | 3,0 kg | Uterus | 1,0 kg |
| Plazenta, Eihäute, und Nabelschnur | 0,6 kg | Brüste | 0,6 kg |
| Fruchtwasser | 1,0 kg | Blut | 1,0 kg |
| Summe | 4,6 kg | Gewebswasser | 4,0 kg |
| | | Summe | 6,6 kg |

Flügel, Greil, Sommer 1986

Tab. 1.14.5 Die Geburt

Bei der Geburt wird der Fetus unter Wehentätigkeit aus dem mütterlichen Uterus herausgedrückt. Die Geburt beginnt mit der Eröffnungsphase, in der der Gebärmutterhals langsam erweitert und zurückgezogen wird, und endet eine halbe Stunde nach der Geburt des Kindes mit der Nachgeburt, bei der der Mutterkuchen mit den Eihüllen erscheint.

Allgemeine Angaben zur Schwangerschaft

| Dauer der Schwangerschaft | |
|---|----------|
| vom Tag der Befruchtung (Durchschnitt) | 266 Tage |
| vom ersten Tag der letzten Menstruationsblutung | 280 Tage |
| Anteil der Geburten, die vom 256.–294. Tag erfolgen | 75 % |
| Anteil verschiedener Lagen des Kindes | |
| Schädellage (Kopf tritt zuerst aus) | 96 % |
| Becken-/Steißlage | 3 % |
| Querlage | 1 % |
| Durchschnittlicher Kopfdurchmesser | 11–12 cm |
| Engste Stelle im Geburtskanal | 11 cm |

| Angaben zum Geburtsvorgang | |
|--|-------------------------------|
| Eröffnungsperiode | |
| Dauer bei Erstgebärenden | 10–14 Stunden |
| Dauer bei Mehrgebärenden | 6–8 Stunden |
| Weite des Muttermunds beim Blasensprung | 6 cm |
| Weite des Muttermunds am Ende der Eröffnungsperiode | 10 cm |
| Austreibungsphase | |
| Dauer bei Erstgebärenden | 45–60 Minuten |
| Dauer bei Mehrgebärenden | 20–30 Minuten |
| Abstand der Wehen | 3–5 Minuten |
| Nachgeburtsperiode | |
| Dauer | 30 Minuten |
| Gebärmutterhals (Cervix) schließt sich | innerhalb von 10 Tagen |
| Die Uterusrückbildung erfolgt | nach 6–8 Wochen |
| Angaben zu Störungen der Schwangerschaftsdauer | |
| Als eine Fehlgeburt (Abort) wird ein Abbruch der Schwangerschaft bezeichnet | bis zur 28. Woche |
| Geburtstermin, der laut Definition als Frühgeburt anzusehen ist | 28.–38. Schwangerschaftswoche |
| Anteil der Frühgeborenen an den während der Geburt verstorbenen Neugeborenen | 50–75 % |
| Geschätztes Verhältnis von normalen Geburten zu Fehlgeburten | 2–4 zu 1 |

Schiebler, Schmidt, Zilles 2005; Schmidt, Lang, Heckmann 2010

Tab. 1.14.6 Meilensteine der kindlichen Entwicklung

Die verschiedenen Stadien der Entwicklung bei Kindern weisen normalerweise die gleiche Abfolge auf. Jedoch kommt es individuell zu unterschiedlichen Ausprägungen der jeweiligen Verhaltensweisen.

Bei Abweichung der kindlichen Entwicklung von der Norm darf nicht zwangsläufig auf eine Hirnfunktionsstörung geschlossen werden. Jedoch bedarf eine abweichende Entwicklung einer sorgfältigen Beobachtung und gegebenenfalls auch weiterer diagnostischer Maßnahmen, um zugrunde liegende Erkrankungen frühzeitig zu erkennen und zu behandeln.

Bei Frühgeborenen bezieht man das Entwicklungsalter auf den regulären Geburtstermin. Unter „palmarem Greifen“ versteht man das Greifen mit der flachen Hand.

Zeitliche Angaben zur kindlichen Entwicklung in Monaten

| | | | |
|--|-------|---|-------|
| Beziehungsverhalten/Selbstständigkeit | | | |
| Aufnahme von Blickkontakt | 1–3 | versucht selbstständig zu essen | ab 12 |
| soziales Lächeln | 1–3 | selbstständig Essen und Trinken | ab 18 |
| fremdelt | 6–9 | zieht Kleidungsstücke aus | ab 18 |
| verteidigt Besitz | ab 21 | zieht Kleidungsstücke an | ab 21 |
| benutzt seinen Namen | ab 21 | tagsüber trocken und sauber | ab 24 |
| spricht in der „Ich-Form“ | ab 21 | | |
| Motorische Entwicklung | | | |
| dreht sich auf den Bauch | 6–8 | Hände in Mund | 0–6 |
| krabbelt | 8–11 | Hände betrachten | 0–6 |
| sitzt frei | 6–9 | Hände betasten | 2–6 |
| setzt sich auf | 8–12 | beidhändiges palmares Greifen | 4–10 |
| geht an Möbeln entlang | 9–12 | einhändiges palmares Greifen | 6–9 |
| steht frei | 10–14 | Scherengriff | 7–11 |
| geht frei | 11–16 | Pinzettengriff | 9–13 |
| Entwicklung des Spiels | | | |
| orales Explorieren | 3–15 | funktionelles Spiel | 9–24 |
| manuelles Erkunden | 3–24 | repräsentatives Spiel | 12–24 |
| visuelles Erkunden | ab 6 | sequentielles Spiel | ab 27 |
| Inhalt-Behälter Spiel | 9–21 | vertikales Bauen | 15–30 |
| Sprachentwicklung | | | |
| Nachahmen von Lauten | 7–12 | Präpositionen (in, auf, unter) | 14–22 |
| Mama und Papa | 10–18 | erste 3 Worte | 15–30 |
| Zweiwortsätze | 19–30 | benutzt eigenen Vornamen | 18–36 |
| Sprechen in „Ich-Form“ | 24–45 | | |
| Essen | | | |
| selbstständiges Trinken aus einer Tasse | 12–18 | erste Versuche, mit einem Löffel zu essen | 12–18 |
| Kauen von Speisen | 16–25 | selbstständiges Essen mit einem Löffel | 15–21 |

Tab. 1.14.7 Mehrlingsgeburten und die Häufigkeit von Missbildungen

Weltweit liegt die Häufigkeit für Zwillinge bei ca. 1,2 %. Aber es gibt einige interessante Ausnahmen, zum Beispiel ein Dorf namens Linha Sao Pedro im Süden von Brasilien, in dem Bundesstaat Rio Grande do Sul. Dort leben die Nachkommen von deutschen Aussiedlern aus dem 19. Jahrhundert. Die Häufigkeit von Zwillinge liegt dort bei ca. 16 %. In bestimmten Regionen von Nigeria liegt die Häufigkeit bei ca. 4 %. Bei eineiigen Zwillingen teilt sich die Zygote in zwei Embryonalanlagen. Somit haben beide Zwillinge das identische Erbgut. Bei zweieiigen Zwillingen werden zwei verschiedene Eizellen, die während des Zyklus ausgereift sind, von zwei Spermien befruchtet. Somit haben beide Zwillinge unterschiedliche Erbanlagen.

Angaben zu Mehrlingsgeburten und der Häufigkeit von Missbildungen

| Anteil an der Gesamtzahl der Geburten | |
|--|----------------------------------|
| Zwillinge | 1,2 % (jede 85. Geburt) |
| Drillingsgeburten | 0,013 % (jede 7225. Geburt) |
| Vierlingsgeburten | 0,00016 % (jede 61.4125. Geburt) |
| Anteil an allen Zwillinge | |
| zweieiige Zwillinge | 75 % |
| eineiige Zwillinge | 25 % |
| Anteil von Missbildungen an der Gesamtzahl der Lebendgeborenen | 2–3 % |

Tariverdian und Buselmaier 2004; Schiebler 2005

Tab. 1.14.8 Die Häufigkeit monogener Erbleiden

Monogene Erkrankungen sind gekennzeichnet durch Veränderungen in einem einzelnen Gen. Sie werden entweder durch ein Elternteil übertragen oder sie entstehen in den Keimzellen oder in der sehr frühen Embryonalentwicklung durch Neumutation und liegen somit in sämtlichen Körperzellen vor.

Monogene Erkrankungen lassen sich in drei Gruppen einteilen: 1. autosomal dominant erbliche Krankheiten, 2. autosomal rezessiv erbliche Krankheiten und 3. X-chromosomale Krankheiten. Jeder Mensch besitzt 22 autosomale Chromosomenpaare und zwei geschlechtsbestimmende (gonosomale) Chromosomen. Die autosomen Chromosomenpaare bestehen zur Hälfte aus den mütterlichen und zur anderen Hälfte aus den vom Vater ererbten Chromosomen. Somit hat jedes Chromosom und damit jedes Gen einen dazugehörigen

Partner. Jedes Gen liegt also in zwei Kopien, auch Allele genannt, vor. Bei der Ausprägung von Merkmalen kann das eine Allel das andere überdecken, es ist dann dominant. Das Allel, das nicht als Merkmal in Erscheinung tritt, wird als rezessiv bezeichnet. Gegenwärtig sind über 6000 Gene bekannt, deren Mutationen zu verschiedenen monogenetischen Erbleiden führen. Davon sind derzeit an die 1000 verschiedene Erkrankungen einer molekulargenetischen Analyse zugänglich. Routinemäßig sind in den genetischen Instituten in Deutschland über 200 verschiedene Erbleiden diagnostizierbar.

Die Häufigkeit von Fehlbildungen (Körperanomalien)

| Autosomal dominant | |
|---|------------------------|
| erblicher Veitstanz (Chorea Huntington) | 1 : 20.000 |
| Neurofibromatose Typ 1 | 1 : 3000 |
| Neurofibromatose Typ 2 | 1 : 35.000 |
| Tuberöse Hirnsklerose | 1 : 15.000 |
| Familiäre Polypose coli | 1 : 10.000 |
| Polyzystische Nieren (adulter Typ) | 1 : 1000 |
| Retinoblastom | 1 : 20.000 |
| familiäre Hypercholesterinämie | 1 : 500 |
| Kartilaginäre Exostose | 1 : 50.000 |
| Marfansyndrom | 1 : 25.000 |
| Achondroplasie | 1 : 10.000–1 : 30.000 |
| myotone Dystrophie | 1 : 10.000 |
| von Hippel-Lindau | 1 : 36.000 |
| Apert-Syndrom | 1 : 10.000 |
| kongenitale Sphärozytose | 1 : 5000 |
| Spalthand | 1 : 90.000 |
| Autosomal rezessiv | |
| Alpha-1-Antitrypsin-Mangel | 1 : 4000 |
| klassisches androgenitales Syndrom | 1 : 5000 |
| Albinismus | 1 : 30.000 |
| Ataxia Telangiectasia | 1 : 40.000 |
| Friedreich-Ataxie | 1 : 27.000 |
| Galaktosämie | 1 : 50.000 |
| Homozystinurie | 1 : 45.000–1 : 200.000 |

Die Häufigkeit von Fehlbildungen (Körperanomalien)

| | |
|-------------------------------|---------------------|
| M. Gaucher | 1 : 25.000 |
| M. Krabbe | 1 : 50.000 |
| M. Wilson | 1 : 35.000 |
| Zystische Fibrose | 1 : 2000 |
| Tay-Sachs | 1 : 3000 |
| Spinale Muskelatrophie | 1 : 20.000 |
| Phenylketonurie | 1 : 5000–1 : 10.000 |
| X-chromosomal rezessiv | |
| Albinismus (okuläre Form) | 1 : 55.000 |
| Charcot-Marie-Tooth | 1 : 32.000 |
| Chronische Granulomatose | selten |
| Hämophilie A | 1 : 10.000 |
| Hämophilie B | 1 : 25.000 |
| Lesch Nyhan Syndrom | 1 : 300.000 |
| Fragiles X-Syndrom | 1 : 4000 |
| Muskeldystrophie Typ Duchenne | 1 : 3000 |
| Testikuläre Feminisierung | 1 : 2000–1 : 20.000 |

Knußmann 1996; Tariverdian und Buselmaier 2004

Tab. 1.14.9 Chromosomeninstabilitätssyndrome

Chromosomeninstabilitätssyndrome gehen mit einer erhöhten Chromosomenbruchrate einher. Sie werden in aller Regel autosomal rezessiv vererbt. Die Chromosomenbrüche können spontan auftreten oder in der Gewebekultur mit bestimmten Reagenzien induziert werden.

| Syndrom | Häufigkeit | Leitsymptom |
|-------------------------|-------------|---|
| Fanconi-Anämie | 1 : 100.000 | Pantyopenie, Minderwuchs, Radiusaplasie |
| Ataxia teleangiectatica | 1 : 100.000 | Immundefekt, zerebelläre Ataxie, Leukämierisiko |
| Bloom-Syndrom | 1 : 100.000 | Minderwuchs, Immundefekt, UV-Sensitivität |

| Syndrom | Häufigkeit | Leitsymptom |
|---------------------------|-------------|--|
| Xeroderma pigmentosum | 1 : 200.000 | Erythem, Keratose, Tumoren |
| Nijmegen-Breakage-Syndrom | 1 : 500.000 | Mikrozephalie, Immundefekt, Leukämierisiko |
| Roberts-Syndrom | 1 : 100.000 | Reduktionsfehlbildung der Gliedmaßen |
| ICF-Syndrom | 1 : 500.000 | Immunglobulinmangel, faziale Dysmorphien, mentale Retardierung |

Lentze, Schaub, Schulte 2003

Tab. 1.14.10 Die Häufigkeit von Mutanten in Keimzellen bei monogenen Erbleiden

Monogene Erbleiden werden entweder durch die Chromosomen der Eltern an die Nachkommen vererbt oder entstehen durch Neumutationen. In dieser Tabelle wird die Häufigkeit von krankheitsauslösenden Mutationen pro 100.000 Keimzellen angegeben.

| Monogene Erbleiden | Mutanten auf 100.000 Keimzellen |
|---|---------------------------------|
| Autosomal-dominant | |
| Kugelzellenanämie (Sphärozytose) | 2×10^{-5} |
| Störung der Knorpelbildung (Chondrodystrophie) | 1×10^{-5} |
| Gelenkkontrakturen (Arachnodaktylie) | $0,1 \times 10^{-5}$ |
| Wachstumsstörung mit spitzem Kopf und verwachsenen Fingern (Akrocephalosyndaktylie) | $0,3 \times 10^{-5}$ |
| Glasknochenkrankheit (Osteogenesis imperfecta) | $0,7 \times 10^{-5}$ |
| Netzhauttumor (Retinoblastom) | $0,7 \times 10^{-5}$ |
| Veitstanz mit Hypotonie der Muskulatur (Chorea Huntington) | $0,5 \times 10^{-5}$ |
| Tumor in der Haut, der von Nervenzellen ausgeht (Neurofibromatose) | 10×10^{-5} |
| Hauttumore (Tuberöse Sklerose) | $0,8-1 \times 10^{-5}$ |
| Pigmentflecknenpolyposis | 2×10^{-5} |

| | |
|-------------------------------|----------------------|
| Autosomal-rezessiv | |
| totaler Albinismus | $2,8 \times 10^{-5}$ |
| Phenylketonurie | $2,5 \times 10^{-5}$ |
| Achromatopsie | $0,8 \times 10^{-5}$ |
| X-chromosomal-rezessiv | |
| Hämophilie A | $5,0 \times 10^{-5}$ |
| Hämophilie B | $0,3 \times 10^{-5}$ |
| Muskeldystrophie | $4-9 \times 10^{-5}$ |

Knußmann 1996

Tab. 1.14.11 Polygene (multifaktorielle) Vererbung am Beispiel ausgewählter Erkrankungen

Eine polygene Vererbung ist im Gegensatz zur monogenen Vererbung dann gegeben, wenn die Ausprägung eines Merkmals nicht durch ein Gen, sondern durch die Kombination vieler Gene bestimmt ist.

Der Begriff polygen bezieht sich auf das Zusammenwirken vieler Gene, der Begriff multifaktoriell auf das Zusammenwirken mehrerer Gene mit Umweltfaktoren. Hier spielt für die Ausprägung eines Merkmals oder einer Erkrankung nicht nur die genetische Konstellation, sondern auch der Einfluss der Umwelt eine Rolle.

Das Wiederholungsrisiko kann nicht aus dem Erbgang berechnet, sondern nur empirisch bestimmt werden.

| Art der Fehlbildung | Empirisches Wiederholungsrisiko |
|---|---------------------------------|
| Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte (Häufigkeit 0,1–0,2 %) | |
| nach einem erkrankten Kind (Eltern gesund) | 3,0 % |
| nach zwei erkrankten Kindern (Eltern gesund) | 9,0 % |
| wenn ein Elternteil erkrankt ist | 3,0 % |
| wenn ein Elternteil und ein Kind erkrankt sind | 11,0 % |
| Spina bifida | |
| nach einem erkrankten Kind (Eltern gesund) | 4,0 % |
| nach zwei erkrankten Kindern (Eltern gesund) | 10,0 % |
| wenn ein Elternteil erkrankt ist | 4,5 % |
| wenn ein Elternteil und ein Kind erkrankt ist | 12,0 % |

| Art der Fehlbildung | Empirisches Wiederholungsrisiko |
|---|-----------------------------------|
| Ventrikelseptumdefekt (Häufigkeit 0,1 %) nach einem erkrankten Kind (Eltern gesund) nach zwei erkrankten Kindern (Eltern gesund) wenn ein Elternteil erkrankt ist | 2–4 % 5–8 % 4 % |
| Klumpfuß (Häufigkeit 0,1 %) nach einem erkrankten Kind | 3 % |
| Pylorusstenose wenn Mutter betroffen oder nach erkrankter Tochter <i>für Knaben</i> <i>für Mädchen</i> wenn Vater betroffen oder nach erkranktem Sohn <i>für Knaben</i> <i>für Mädchen</i> | 20 % 7 % 5 % 2,5 % |
| Angeborene Hüftluxation nach erkrankter Tochter <i>für Knaben</i> <i>für Mädchen</i> nach erkranktem Sohn <i>für Knaben</i> <i>für Mädchen</i> | 0,6 % 6,25 % 0,9 % 6,9 % |
| Morbus Hirschsprung nach erkrankter Tochter <i>für Knaben</i> <i>für Mädchen</i> nach erkranktem Sohn <i>für Knaben</i> <i>für Mädchen</i> | 10 % 4 % 6 % 2 % |
| Schizophrenie (Häufigkeit 1 %) Eltern gesund, 1 Kind erkrankt 1 Elternteil erkrankt 1 Elternteil und 1 Kind erkrankt beide Eltern und 1 Kind erkrankt | 9 % 13 % 15 % 45 % |

| Art der Fehlbildung | Empirisches Wiederholungsrisiko |
|---|---------------------------------|
| Manisch-depressive Psychose (Häufigkeit 0,4–2,5 %) | |
| Eltern gesund, 1 Kind erkrankt | 10–20 % |
| 1 Elternteil erkrankt | 10–20 % |
| Diabetes Mellitus Typ 1 (Häufigkeit 0,2 %) | |
| Eltern gesund, 1 Kind erkrankt | 3–6 % |
| Fieberkrämpfe (Häufigkeit 2–7 %) | |
| Eltern gesund, 1 Kind erkrankt | 8–29 % |
| Idiopathische Epilepsie (Häufigkeit 0,5 %) | |
| 1 Elternteil erkrankt | 4 % |

Koletzko 2003

Tab. 1.14.12 Die Erbbedingtheit von Körpermaßen

Die angegebenen Zahlen für die prozentualen Erbanteile an der Variabilität in der Bevölkerung stellen Durchschnittswerte dar. Diese stammen aus varianzstatistischen Untersuchungen von gemeinsam aufgewachsenen eineiigen Zwillingen (EZ) gegenüber zweieiigen Zwillingen (ZZ) sowie gegenüber einer Kontrollgruppe (K) von getrennt aufgewachsenen Nichtverwandten.

Abkürzungen: EZ/ZZ = eineiige Zwillinge gegenüber zweieiigen Zwillingen

EZ/K = eineiige Zwillinge gegenüber Kontrollgruppe

Erbanteil in %

| Körpermaße | EZ/ZZ | EZ/K | Körpermaße | EZ/ZZ | EZ/K |
|-------------------|-------|------|-----------------------------|-------|------|
| Körperhöhe | 86 | 97 | Größter Unterarmumfang | 67 | 86 |
| Stammhöhe | 79 | 93 | Radioulnarbreite | 80 | 86 |
| Beinlänge | 84 | 95 | Bimalleolarbreite | 81 | 87 |
| Armlänge | 84 | 94 | Kopflänge | 67 | 89 |
| Oberschenkellänge | 71 | 90 | Kopfbreite | 73 | 87 |
| Unterarmlänge | 74 | 88 | Morphologische Gesichtshöhe | 72 | 89 |
| Fußlänge | 83 | 94 | Kleinste Stirnbreite | 60 | 87 |

Erbanteil in %

| Körpermaße | EZ/ZZ | EZ/K | Körpermaße | EZ/ZZ | EZ/K |
|-----------------------------|-------|------|--|-------|------|
| Handlänge | 82 | — | Jochbogenbreite | 66 | 85 |
| Körpergewicht | 70 | 89 | Unterkieferwinkelbreite | 72 | 90 |
| Schulterbreite | 52 | 84 | Nasenhöhe | 76 | 91 |
| Brustumfang | 59 | 92 | Nasenbreite | 60 | 82 |
| Taillenumfang | 43 | 86 | Fettschichtdicke an mehreren Körperstellen | 41 | 77 |
| Beckenbreite | 59 | 87 | | | |
| Größter Unterschenkelumfang | 68 | 90 | | | |

Knußmann 1996

Tab. 1.14.13 Das Down-Syndrom

Die Trisomie 21 (Down-Syndrom) tritt sporadisch mit einer Häufigkeit von ca. 1,2 pro 1000 Geburten auf. Die Diagnose wird über eine Analyse des Karyotyps gestellt. Hierbei werden Chromosomen in der Metaphase der Mitose durch Färbeverfahren im Lichtmikroskop sichtbar gemacht und paarweise zu einem Karyogramm angeordnet. Bei der Trisomie 21 liegt das 21. Chromosom dreifach vor.

| Kopf- u. Gesichtsmerkmale | Häufigkeit | Andere Merkmale | Häufigkeit |
|---------------------------|------------|----------------------|------------|
| Brachycephalie | 75 % | Geistige Behinderung | 100 % |
| Mongoloide Lidachsen | 80 % | Muskuläre Hypotonie | 100 % |
| Epikanthus | 60 % | Verzögerte Reflexe | 80 % |
| Brushfield Spots | 55 % | Infertilität (Mann) | 100 % |
| Blepharitis | 30 % | Kurze Hände | 65 % |
| Flache breite Nasenwurzel | 70 % | Brachydaktylie | 60 % |
| Gefurchte Zunge | 55 % | Vierfingerfurche | 55 % |
| Dysplastische Ohren | 50 % | Hüftdysplasie | 70 % |
| Überschüssige Nackenhaut | 80 % | Herzgeräusch | 70 % |

Lentze, Schaub, Schulte 2003

Tab. 1.14.14 Die Häufigkeit von Chromosomenanomalien

Chromosomenaberrationen sind Mutationen, die im Lichtmikroskop beobachtet werden können. Sie lassen sich einteilen in numerische Aberrationen (Veränderung der Chromosomenzahl) und strukturelle Aberrationen (Veränderung der Chromosomenstruktur infolge von Chromosomenbrüchen).

Ein höheres Alter der Mutter ist ein Risikofaktor für numerische Chromosomenaberrationen. Der klinische Schweregrad kann von Letalität bis hin zum asymptomatischen Status (Fehlen von Symptomen) reichen. Wenn Symptome auftreten, sind sie aber oft schon im frühen Kindesalter vorhanden.

| Autosomale Anomalien | | | |
|---|--------------|-------------------|--------------|
| 1. Numerische Aberrationen (Veränderung der Chromosomenzahl) | | | |
| Autosomale Trisomien insgesamt | | | 1 : 700 |
| Trisomie 21 (Down-Syndrom) | | | 1 : 800 |
| Trisomie 18 (Edwards-Syndrom) | | | 1 : 6000 |
| Trisomie 13 (Pätau-Syndrom) | | | 1 : 12.000 |
| 2. Strukturelle Aberrationen | | | |
| Katzenschreisyndrom (Le-Jeune-Syndrom) | | | 1 : 50.000 |
| Gonosomale Anomalien | | | |
| Karyotyp weiblich | Häufigkeit | Karyotyp männlich | Häufigkeit |
| X0 (Turner) | 1 : 2500 | XY (normal) | |
| XX (normal) | | XYY (Y-Syndrom) | 1 : 800 |
| XXX | 1 : 800 | XXY (Klinefelter) | 1 : 800 |
| XXXX | < 1 : 15.000 | XXYY | 1 : 25.000 |
| XXXXX | < 1 : 20.000 | XXXY | < 1 : 15.000 |
| | | XXXXY | < 1 : 10.000 |

Knußmann 1996; Lentze, Schaub, Schulte 2003

Tab. 1.14.15 Ursachen des Schwachsinns (Oligophrenie)

Die geistige Retardierung (Oligophrenie, Schwachsinn) zählt zu den Krankheitsbildern, die multifaktoriell bedingt sind. Hier kommen endogene und exogene Ursachen zum Tragen.

Kriterien für die geistige Retardierung sind Intelligenzminderung und unzulässiges adaptives Sozialverhalten. Die schwere Form ist durch einen IQ von 20–49 (Häufigkeit 0,5 % der Bevölkerung), die leichte Form durch einen IQ von 50–70 (Häufigkeit 2 % der Bevölkerung) definiert.

| Ursachen | Leichte geistige Behinderung | Schwere geistige Behinderung |
|----------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Pränatale Ursachen | | |
| exogen | 8 % | 8 % |
| Fehlbildungen | 10 % | 12 % |
| monogen | 1 % | 6 % |
| chromosomal | 4 % | 29 % |
| Perinatale Ursachen | 18 % | 15 % |
| Postnatale Ursachen | 2 % | 11 % |
| Psychosen | 2 % | 1 % |
| Unbekannte Ursachen | 55 % | 18 % |
| familiär | 29 % | 4 % |
| sporadisch | 26 % | 14 % |

Tariverdian und Buselmaier 2004

1.15 Die Zusammensetzung des Körpers

Ein Organismus besteht aus Materie, die einen bestimmten Raum einnimmt und eine bestimmte Masse besitzt. Diese Materie im Organismus setzt sich aus etwa 25 von 92 bekannten Elementen zusammen, wobei 96 % von Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff gebildet werden (Purves 2011, S. 1 ff).

Der menschliche Körper ist aus 10–100 Billionen Zellen aufgebaut (Purves 2011, S. 99 ff). Er besteht aus organischen und anorganischen Substanzen. Wasser (H_2O) ist mit 50–60 % der Hauptbestandteil des menschlichen Körpers. Sauerstoff ist das Hauptelement. Durchschnittlich macht es 63 % der Körpermasse aus. Die Zusammensetzung der unterschiedlichen Gewebe kann sehr stark variieren, wie ein Vergleich zwischen dem Wassergehalt des Glaskörpers des Auges und dem des Zahnschmelzes in der Tabelle unten zeigt.

Tab. 1.15.1 Zahlen zum Staunen

Literatur siehe nachfolgende Tabellen

Ausgewählte Angaben aus den nachfolgenden Tabellen

| | |
|--|---------|
| Anteil an der festen Substanz | |
| beim Mann | 40 % |
| bei der Frau | 50 % |
| beim Säugling | 25 % |
| Anteil des Gesamtkörperwassers | |
| beim Mann | 60 % |
| bei der Frau | 50 % |
| beim Säugling | 75 % |
| Anteil verschiedener Elemente im Körper | |
| Sauerstoff | 63 % |
| Kohlenstoff | 20 % |
| Wasserstoff | 10 % |
| Stickstoff | 63 % |
| Anteil verschiedener Organe im Körper | |
| Muskulatur (quergestreift) | 31,56 % |
| Skelett | 14,84 % |
| Fettgewebe | 13,36 % |
| Haut | 7,18 % |
| Lunge | 4,15 % |
| Gehirn und Rückenmark | 3,52 % |
| Höchster Wassergehalt | |
| im Glaskörper des Auges | 99 % |
| Niedrigster Wassergehalt | |
| im Zahnschmelz eines Zahnes | 0,2 % |

Tab. 1.15.2 Die Zusammensetzung des Körpers in Prozent der Körpermasse

Wasser ist der Hauptbestandteil des menschlichen Körpers. Die festen Substanzen unterteilen sich in organische und anorganische Bestandteile. Bei organischen Substanzen handelt es sich um kohlenstoffhaltige (C) Verbindungen. Die Atome des Elements Kohlenstoff haben die Fähigkeit, durch Bindung ketten- oder ringförmige Moleküle zu bilden. Damit

erklärt sich auch die ungeheure Vielzahl der bislang bekannten organischen Verbindungen: nahezu 20 Millionen hat man bisher charakterisiert und näher untersucht.

Die Werte sind angenähert und beziehen sich bei Erwachsenen auf ein Körpergewicht von etwa 70 kg.

| Substanzen im Körper | Männer | Frauen | Säuglinge |
|--------------------------------------|--------|--------|-----------|
| Feste Substanzen | 40 % | 50 % | 25 % |
| Organische Bestandteile | 35 % | 45 % | – |
| Mineralische Bestandteile | 5 % | 5 % | – |
| Gesamtkörperwasser | 60 % | 50 % | 75 % |
| In den Zellen (intrazellulär) | 40 % | 30 % | 40 % |
| Außerhalb der Zellen (extrazellulär) | 20 % | 20 % | 35 % |
| In den Gefäßen (intravasal) | 4 % | 4 % | 5 % |
| Zwischen den Zellen (interstitiell) | 16 % | 16 % | 30 % |

Documenta Geigy 1975, 1977

Tab. 1.15.3 Die Zusammensetzung des Körpers nach Alter und Geschlecht

| Alter in Jahren | Körperhöhe | Körpermasse | Fettfreie Körper-M. | Körperfett | Zellmasse | Mineralien |
|-----------------|------------|-------------|---------------------|------------|-----------|------------|
| Männer | | | | | | |
| 17–28 | 173 cm | 64,3 kg | 53,9 kg | 10,4 kg | 35,6 kg | 3,8 kg |
| 30–39 | 173 cm | 69,5 kg | 57,7 kg | 11,6 kg | 39,4 kg | 4,1 kg |
| 40–49 | 171 cm | 68,5 kg | 56,4 kg | 12,1 kg | 38,9 kg | 3,9 kg |
| 50–59 | 171 cm | 69,9 kg | 54,1 kg | 15,9 kg | 36,7 kg | 3,8 kg |
| 60–72 | 172 cm | 65,7 kg | 48,8 kg | 16,9 kg | 31,2 kg | 3,4 kg |

| Alter in Jahren | Körperhöhe | Körpermasse | Fettfreie Körper-M. | Körperfett | Zellmasse | Mineralien |
|-----------------|------------|-------------|---------------------|------------|-----------|------------|
| Frauen | | | | | | |
| 16–27 | 163 cm | 58,6 kg | 42,8 kg | 15,8 kg | 28,1 kg | 3,0 kg |
| 30–40 | 160 cm | 61,5 kg | 43,7 kg | 17,8 kg | 28,3 kg | 3,1 kg |
| 45–60 | 158 cm | 58,3 kg | 40,5 kg | 17,8 kg | 25,9 kg | 2,8 kg |
| 61–77 | 155 cm | 61,0 kg | 39,5 kg | 21,5 kg | 24,5 kg | 2,8 kg |

Flügel, Greil, Sommer 1986

Tab. 1.15.4 Die Zusammensetzung des Körpers nach ausgewählten Elementen

Die Werte beziehen sich auf einen Erwachsenen mit einem Körpergewicht von 70 kg.

| Element | Masse | Anteil am Körpergewicht in % |
|-----------------|--------|------------------------------|
| Sauerstoff (O) | 44 kg | 63 |
| Kohlenstoff (C) | 14 kg | 20 |
| Wasserstoff (H) | 7 kg | 10 |
| Stickstoff (N) | 2,1 kg | 3 |
| Kalzium (Ca) | 1 kg | 1,5 |
| Phosphor (P) | 700 g | 1 |
| Kalium (K) | 170 g | 0,25 |
| Schwefel (S) | 140 g | 0,2 |
| Chlor (Cl) | 70 g | 0,1 |
| Natrium (Na) | 70 g | 0,1 |
| Magnesium (Mg) | 30 g | 0,04 |
| Eisen (Fe) | 3 g | 0,004 |
| Kupfer (Cu) | 300 mg | 0,0005 |
| Mangan (Mn) | 100 mg | 0,0002 |
| Jod (J) | 30 mg | 0,00004 |

Kleiber 1967; Flindt 2003 nach Heidermanns 1957

Tab. 1.15.5 Der Wassergehalt verschiedener Organe

Der durchschnittliche Wassergehalt eines Mannes beträgt 60%, einer Frau 50%. Die verschiedenen Gewebe unterscheiden sich bezüglich ihres Wassergehaltes jedoch deutlich. Die Werte sind Durchschnittswerte, die sich auf einen erwachsenen Menschen beziehen.

| Organ/Gewebe | % | Organ/Gewebe | % |
|--|----|--------------------------|-------|
| Glaskörper des Auges | 99 | Hornhaut des Auges | 75–80 |
| Lymphe | 96 | Herz | 74 |
| Blutplasma | 90 | Leber | 72 |
| Bandscheibe, Neugeborenes | 88 | Haut (Epidermis, Dermis) | 72 |
| 12-Jährige | 83 | | |
| 72-Jährige | 70 | | |
| Hoden | 85 | Rückenmark | 71 |
| Gehirn, graue Substanz | 84 | Gehirn, weiße Substanz | 70 |
| Lunge | 84 | Linse des Auges | 68 |
| Blut | 80 | Peripherer Nerv | 66 |
| hyaliner Knorpel, Oberfläche tiefe Zonen | 80 | Erythrozyten | 65 |
| | 65 | | |
| Milz | 79 | Knochen | 13 |
| Niere | 79 | Zahnbein | 10 |
| Darmmukosa | 77 | Haare | 4 |
| Thymus | 76 | Zahnschmelz | 0,2 |

Altmann, Dittmer 1973; Schenck und Kolb 1990; Martinek 2003

Tab. 1.15.6 Die Zusammensetzung verschiedener Organe des Körpers nach dem Anteil ausgewählter Stoffe

Der Anteil an Mineralsalzen und nicht-flüchtigen anorganischen Verbindungen kann bestimmt werden, wenn Gewebe verbrannt und die zurückbleibende Asche bemessen wird.

| Organ/Gewebe | Anteil am Körperge- wicht in % | Fett in % | Eiweiß in % | Asche in % |
|---------------------|--------------------------------------|-----------|----------------|------------|
| Haut | 7,81 | 13,00 | 22,10 | 0,68 |
| Skelett | 14,84 | 17,18 | 18,93 | 28,91 |
| Zähne | 0,06 | 0,00 | 23,00 | 70,90 |
| Muskulatur (querg.) | 31,56 | 3,35 | 16,50 | 0,93 |
| Gehirn, Rückenmark | 2,52 | 12,68 | 12,06 | 1,37 |
| Leber | 3,41 | 10,35 | 16,19 | 0,88 |
| Herz | 0,69 | 9,26 | 15,88 | 0,80 |
| Lunge | 4,15 | 1,54 | 13,38 | 0,95 |
| Milz | 0,19 | 1,19 | 17,81 | 1,13 |
| Nieren | 0,51 | 4,01 | 14,69 | 0,96 |
| Bauchspeicheldrüse | 0,16 | 13,08 | 12,69 | 0,93 |
| Darm | 2,07 | 6,24 | 13,19 | 0,86 |
| Fettgewebe | 13,63 | 42,44 | 7,06 | 0,51 |
| Übrige Gewebe | 13,63 | 12,39 | 16,06 | 1,01 |
| Blut, Lymphe | 3,79 | 0,17 | 5,68 | 0,94 |
| Gesamt | 100,00 | 12,51 | 14,39 | 4,84 |

Flindt 2003 nach Mitchell et al. 1945

Tab. 1.15.7 Spurenelemente in Organen und Geweben

Spurenelemente sind wie Mineralstoffe anorganische Nährstoffe. Essentielle Spurenelemente sind lebensnotwendig und müssen über die Nahrung, allerdings nur in Spuren, zugeführt werden. Zu den essentiellen Spurenelementen gehören: Eisen, Jod, Kupfer, Zink, Mangan, Cobalt, Molybdän, Selen, Chrom, Nickel, Zinn, Fluor und Vanadium. Diese Spurenelemente sind zum Beispiel Bestandteile von Enzymen, Vitaminen und Hormonen oder wirken als Coenzyme. Ein Fehlen von essentiellen Spurenelementen führt zu Mangelerscheinungen.

| Spurenelement | Leber | Niere | Lunge | Gehirn | Bauchspeichel-drüse | Skelettmuskel |
|---------------|---------|---------|--------|---------|---------------------|---------------|
| Fluor (µg) | 40–100 | 20–200 | 90–170 | 60–70 | 140–200 | 20–120 |
| Jod (µg) | 5–7 | 5–7 | 5–7 | 2–3 | 3–5 | 3–5 |
| Cobalt (µg) | 2,5–5 | 2,5–10 | 2–3 | 2–4 | 20–35 | 0,5–1 |
| Kupfer (µg) | 300–900 | 100–400 | 50–250 | 200–400 | 100–400 | 50–150 |
| Mangan (µg) | 100–400 | 100–200 | 40–100 | 30–50 | 100–250 | 20–50 |
| Zink (mg) | 4–8 | 3–5 | 1–2 | 0,5–1,5 | 2–3 | 2–4 |
| Eisen (mg) | 10–40 | 8–20 | 2–20 | 2–4 | 2–5 | 10–20 |

Schenck und Kolb 1990

Tab. 1.15.8 Das Eisen – ein Spurenelement im Körper

Eisen ist ein Spurenelement, das gerade einmal 4–5 g des Körpergewichts ausmacht. Es kommt im Körper in 2- und 3-wertiger Form vor, wobei nur die 2-wertige Form im Darm resorbiert werden kann. Der Tagesbedarf eines erwachsenen Menschen beträgt ungefähr 20 mg. 67% des Körpereisens sind in dem Blutfarbstoff Hämoglobin gebunden und dienen so dem Sauerstofftransport. Lediglich 27% sind in den Geweben gespeichert. Blutverluste führen zu erheblichen Verlusten von Eisen (Eisenmangelanämie).

Angaben zum Bestand an Eisen und zu den Eigenschaften von Eisen im Körper

| | |
|---|----------------------------|
| Körpergesamtbestand an Eisen | 4–5 g |
| Der Körperbestand teilt sich auf | |
| Hämoglobin | 2500 mg (67 %) |
| Myoglobin | 130 mg (3,5 %) |
| Eisenhaltige Enzyme | 8 mg (0,2 %) |
| Transferrin (Serumeisen) | 80 mg (2,2 %) |
| Gewebespeicher (Ferritin und Hämosiderin) | 1000 mg (27 %) |
| Biologische Halbwertszeit im Körper | 800 Tage |
| Resorption im Duodenum (je nach Bedarf) | 10–40 % des Nahrungseisens |

Angaben zum Bestand an Eisen und zu den Eigenschaften von Eisen im Körper

| Eisenausscheidung | |
|---|--------------|
| im Stuhl | 0,5–1 mg/Tag |
| durch Menstruationsblut | 20 mg/Monat |
| Eisentransfer während der gesamten Schwangerschaft von der Mutter zum Fetus | 300 mg |

Schmidt, Lang, Heckmann 2010; Pschyrembel 2014

Tab. 1.15.9 Der Cholesteringehalt von Geweben

Cholesterin gehört zu den Lipiden. Es wird sowohl mit der Nahrung aufgenommen, als auch im Körper gebildet, vor allem in der Leber. Es ist ein wichtiger Bestandteil der Zellmembranen. Cholesterin stellt aber auch die Vorstufe der Gallensäuren und Steroidhormone dar. Auf Grund seiner schlechten Wasserlöslichkeit wird Cholesterin im Blut an Lipoprotein gebunden transportiert. Steigt die Menge an Cholesterin im Blut, kann es zu Fettablagerungen in der Gefäßwand kommen. Der Cholesteringehalt des menschlichen Körpers beträgt etwa 150 g.

| Gewebe | Gesamtgehalt | Pro Frischmasse |
|-----------------|---------------------|--------------------------|
| Gehirn | 30 g | 2,3 g/100 g Frischmasse |
| Skelettmuskel | 30 g | 0,12 g/100 g Frischmasse |
| Haut | 15 g | 0,3 g/100 g Frischmasse |
| Blut | 9 g | 0,25 g/100 g Frischmasse |
| Leber | 5 g | 0,3 g/100 g Frischmasse |
| Nebennieren | 0,5 g | 5,0 g/100 g Frischmasse |
| Sonstige Gewebe | 40–60 g | – |

Schenck und Kolb 1990

Tab. 1.15.10 Die Zusammensetzung von Gehirn und Nerven nach ausgewählten anorganischen Bestandteilen

Das zentrale Nervensystem besteht aus dem Gehirn und dem Rückenmark. Hier wird zwischen der grauen Substanz (Nervenzellkörper) und der weißen Substanz (Nervenfasern und Hüllzellen) unterschieden. Davon abzugrenzen ist das periphere Nervensystem.

Die Angaben beziehen sich auf 1 kg Frischgewicht.

| Organ oder Gewebe | Alter | H ₂ O in g | N mval | Na mval | K mval | Cl mval | Mg mval | Ca mval |
|-------------------|------------------|-----------------------|--------|---------|--------|---------|---------|---------|
| Gesamtes Gehirn | Fetus, 14. Woche | 914 | 9,6 | 97,5 | 49,6 | 72,1 | – | – |
| | Fötus, 20. Woche | 922 | 8,4 | 91,7 | 52,0 | 72,6 | 8,4 | 4,9 |
| | Neugeborene | 897 | 9,3 | 80,9 | 58,2 | 66,1 | 7,9 | 4,8 |
| | Erwachsene | 774 | 17,1 | 55,2 | 84,6 | 40,5 | 11,4 | 4,0 |
| Graue Substanz | Erwachsene | 843 | 17,2 | 83,9 | 58,4 | 48,6 | 16,3 | 5,2 |
| Weiße Substanz | Erwachsene | 706 | 17,5 | 68,6 | 59,4 | 41,2 | 21,6 | 7,1 |
| Rückenmark | Erwachsene | 644 | 16,0 | 87,4 | 92,2 | 42,8 | 31,6 | 9,0 |

Documenta Geigy 1975, 1977

Tab. 1.15.11 Zusammensetzung von Gehirn und Nerven nach ausgewählten organischen Bestandteilen

Die Angaben beziehen sich auf 1 kg Frischgewicht.

| Organ oder Gewebe | Gesamt-lipoid-P in g/kg | Cerebroside in g/kg | Gesamtlipide in g/kg | Gesamt-protein in g/kg |
|-------------------|-------------------------|---------------------|----------------------|------------------------|
| Gesamtes Gehirn | 250,0 | – | 104,0 | 100–110 |
| Graue Substanz | 30,8 | 6,3±2,9 | 57,9 | 73–82 |
| Weiße Substanz | 78,2 | 49,0 | 179,0 | 77–92 |
| Rückenmark | 51–105,0 | 12,9–19,6 | – | 90 |

Documenta Geigy 1975, 1977

Tab. 1.15.12 Frei austauschbarer Anteil wichtiger Elektrolyte

Unter den frei austauschbaren Elektrolyten versteht man die Elektrolyte, die frei zwischen den verschiedenen Flüssigkeitsräumen diffundieren können. Nicht frei austauschbare Elektrolyte sind fest gebunden. So ist im menschlichen Körper 99 % des vorhandenen Kalziums

fest im Knochen gebunden. Nur 1 % des Körperkalziums ist somit frei austauschbar, während Chlorid zu 80 % frei austauschbar ist.

| Gesamtkörpermenge | | Frei austauschbarer Anteil | | |
|-------------------|---------|----------------------------|------------|----------------------|
| Elektrolyte | in mmol | in mmol/kg | in mmol/kg | in % der Gesamtmenge |
| Natrium | 4200 | 60 | 42 | 70 |
| Kalium | 3800 | 54 | 48 | 70 |
| Kalzium | 37.000 | 530 | 5 | 1 |
| Magnesium | 1000 | 15 | 7,5 | 50 |
| Chlorid | 2100 | 40 | 32 | 80 |
| Bikarbonat | 700 | 10 | 700 | 100 |

Schmidt, Lang, Heckmann 2010

Tab. 1.15.13 Verteilung wichtiger Ionen in der extrazellulären und der intrazellulären Flüssigkeit

Biologische Membranen sind für Ionen (geladene Teilchen) nur teilweise durchlässig (Purves 2011, S. 138 ff). Für die einzelnen Ionen existieren hochspezifische Transportkanäle. Die Konzentrationsgradienten der verschiedenen Ionen werden über energieverbrauchende Transportpumpen hergestellt. So pumpt die Natrium-Kalium-ATPase pro gespaltenes ATP-Molekül drei Na^+ -Ionen aus und zwei K^+ -Ionen in die Zelle. Jegliche Lebensprozess werden erst durch die Konzentrations- und Ladungsgradienten an Biomembranen möglich.

| Verteilung der austauschbaren Gesamtmenge | | | Tägliche Zufuhr, die der Ausscheidung entspricht | |
|---|---------------|---------------|--|--------|
| Elemente | extrazellulär | intrazellulär | (Mittelwerte in Klammern) | |
| Natrium | 98 % | 2 % | 50–250 (100) | mmol/d |
| Kalium | 2 % | 98 % | 50–150 (100) | mmol/d |
| Kalzium | 1 % | < 1 % | 10–80 (40) | mmol/d |
| Magnesium | 35 % | 65 % | 10–30 (20) | mmol/d |
| Chlorid | 98 % | 2 % | 50–250 (100) | mmol/d |
| Bikarbonat | 75 % | 25 % | – | |
| Phosphor | 1 % | 99 % | (800) | mg/d |

Schmidt, Lang, Heckmann 2010

Tab. 1.15.14 Ionenkonzentration in den Flüssigkeitskompartimenten des Körpers

Die Osmolalität gibt die Anzahl der gelösten, osmotisch aktiven Teilchen pro kg Lösungsmittel an. Der osmotische Druck ist somit unabhängig von der Größe oder Art der Teilchen, ausschließlich die Anzahl ist entscheidend. Die Verteilung der unterschiedlichen Ionen unterscheidet sich zwischen den verschiedenen Räumen, die Osmolalität ist jedoch gleich.

| Blutplasma | | | Interstitielle Flüssigkeit | | Intrazellulare Flüssigkeit | |
|-----------------|---------------|--------|----------------------------|--------|----------------------------|--------|
| | mmol/l | mval/l | mmol/l | mval/l | mmol/l | mval/l |
| Kationen | | | | | | |
| Natrium | 142 | 142 | 144 | 144 | 12 | 12 |
| Kalium | 4 | 4 | 4 | 4 | 150 | 150 |
| Kalzium | 2,5 | 5 | 1,3 | 2,6 | 1 | 2 |
| Magnesium | 1 | 2 | 0,7 | 1,4 | 13 | 26 |
| Summe | 149,5 | 153 | 150 | 152 | 176 | 190 |
| Anionen | | | | | | |
| Chlorid | 104 | 104 | 115 | 115 | 4 | 4 |
| Bikarbonat | 24 | 24 | 27 | 27 | 12 | 12 |
| Phosphat | 1,5 | 2,5 | 1,5 | 2,5 | 30 | 50 |
| Proteinate | 1,5 | 16 | 0 | 0,5 | 6 | 54 |
| Sonstige | 6 | 6,5 | 6,5 | 7 | 65 | 70 |
| Summe | 137 | 153 | 150 | 152 | 117 | 190 |
| Osmolalität | 290 mosmol/kg | | 290 mosmol/kg | | 290 mosmol/kg | |

Thews, Mutschler, Vaupel 1999; Pschyrembel 2014

Tab. 1.15.15 pH-Werte verschiedener Körperflüssigkeiten

Der pH-Werte unterliegen einem Tag-Nacht-Rhythmus. So ist der Harn um Mitternacht stärker sauer als tagsüber.

| Körperflüssigkeit | pH-Wert |
|--|-----------|
| Gehirn-Rückenmarks-Flüssigkeit | 7,31 |
| Kniegelenksflüssigkeit (Synovialflüssigkeit) | 7,43 |
| Blut | 7,36–7,44 |
| Lymphe | 7,40 |
| Speichel | 6,40 |
| Magensaft | |
| Männer | 1,92 |
| Frauen | 2,59 |
| Fruchtwasser | 7,10–7,32 |
| Galle | |
| Lebergalle | 7,15 |
| Blasengalle | 7,00 |
| Harn | 4,50–8,20 |
| Tränenflüssigkeit | 7,30–7,50 |
| Kammerwasser des Auges | 7,32 |
| Bauchspeicheldrüsensekret | 7,70 |
| Fäzes | 7,15 |
| Schweiß | 4,00–6,80 |
| Sperma | 7,19 |
| Zum Vergleich | |
| Zitronensaft | 2,40 |
| Cola | 2–3,00 |
| Kaffee | 5,00 |
| Mineralwasser | 6,00 |
| Seife | 9–10,00 |

Documenta Geigy 1975, 1977

2.1 Ernährung und Nahrungsmittel

Tabelle 2.1.1 Essgewohnheiten im Überblick

Dem Essverhalten von Menschen, besonders von Kindern und Jugendlichen, wird grundlegende Bedeutung beigemessen, weil eine gesunde Ernährung in der Kindheits- und Jugendphase optimale Bedingungen für den Gesundheitsstatus, das Wachstum und die intellektuelle Entwicklung schafft. Da Ernährungsverhalten und Körpergewicht von vielfältigen und komplizierten Bedingungskonstellationen geprägt sind, können diese Zusammenhänge in diesem Unterkapitel nur exemplarisch angerissen werden.

Die geschätzten Werte beziehen sich auf die Lebenszeit von Durchschnittspersonen unter Berücksichtigung entsprechender Ernährungsgewohnheiten. Die Angabe „Sack“ ist ein altes Hohlmaß mit einem Inhalt von ca. 127 kg. Die Angabe „Stück“ bezieht sich auf die Fleischverwertung eines gesamten Schlachttieres.

| | | | |
|--|---------------------|-----------------------|---------------------|
| Das isst ein Durchschnitts-Europäer im Leben | | | |
| Rinder (Stück) | 3 | Butter (Stück) | ca. 6000 |
| Schweine(Stück) | 10 | Margarine (kg) | ca. 750 |
| Kälber (Stück) | 2 | Speiseöl (Liter) | einige 100 |
| Schafe (Stück) | 2 | Torten/Kuchen (Stück) | ca. 100 |
| Hühner (Stück) | einige 100 | | |
| Fische (Stück) | ca. 2000 | Kohlenhydrate (kg) | 14.000 |
| Eier (Stück) | ca. 10.000 | Fettstoffe (kg) | 2500 |
| Käse (kg) | ca. 1000 | Eiweißstoffe (kg) | 2800 |
| Kartoffeln (Säcke) | ca. 100 | | |
| Mehl/Zucker (Säcke) | ca. 80 | Gesamtenergie | ca. 90 Mill. Kcal = |
| Brote (Stück) | ca. 5000 | | ca. 377 Mio. kJ |
| Das isst und trinkt ein Durchschnitts-Nordamerikaner im Leben | | | |
| Rindfleisch (Tonnen) | 4 | Käse (Tonnen) | 0,5 |
| Tomaten (Tonnen) | 4 | Scheiben Brot | 10.800 |
| Frisches Gemüse (Tonnen) | 4 | Sodawasser (Liter) | 101.000 |
| Frisches Obst (Tonnen) | 3 | Milch (Liter) | 7600 |
| Hühner (Tonnen) | 2 | Bier (Liter) | 6800 |
| Fisch (Tonnen) | 0,5 | Tee (Liter) | 3300 |
| Eier (Stück) | 2000 | Wein (Liter) | 1100 |
| Zucker (Tonnen) | 3,5 | Kaffee (Tassen) | 80.000 |
| Essgewohnheiten weltweit | | | |
| Anzahl an Mahlzeiten | ca. 100.000 | | |
| Messer + Gabel benutzen | 45 % aller Menschen | | |
| Hand + Gabel benutzen | 11 % aller Menschen | | |
| Stäbchen benutzen | 36 % aller Menschen | | |
| Hände benutzen | 8 % aller Menschen | | |

Schenck und Kolb 1990; McCutcheon 1991; Eurobarometer 2006; European Food Safety Authority 2011

Tabelle 2.1.2 Körpergröße, Körpergewicht und Körpermassenindex (BMI) nach Altersgruppen und Geschlecht in Deutschland 2013

Der Körpermassenindex (Body-Mass-Index = BMI) hat sich international zur Beurteilung des relativen Körpergewichts bei Erwachsenen durchgesetzt. Er korreliert relativ eng mit dem Körperfettgehalt und ist definiert als: BMI = Körpergewicht [kg] dividiert durch das Quadrat der Körpergröße [m^2]. Die Einheit des BMI ist demnach kg/m^2 . Dies bedeutet, eine Person mit einer Körpergröße von 180 cm und einem Körpergewicht von 80 kg hat einen $BMI = 80 \text{ kg} : (1,8 \text{ m})^2 = 24,7 \text{ kg/m}^2$.

Der Body-Mass-Index (BMI) wird in Grade eingeteilt und den Altersstufen werden nach Geschlechtern getrennt, wünschenswerte BMI-Grade zugeordnet.

| Klassifikation | BMI männl. | BMI weibl. | Alter | BMI |
|-----------------------------|------------|------------|---------------------------|----------------|
| Untergewicht | <20 | <19 | 19–24 Jahre | 19–24 |
| Normalgewicht | 20–25 | 19–24 | 25–34 Jahre | 20–25 |
| Übergewicht | 25–30 | 24–30 | 35–44 Jahre | 21–26 |
| Fettleibigkeit (Adipositas) | 30–40 | 30–40 | 45–54 Jahre | 22–27 |
| Massive Fettleibigkeit | >40 | >40 | 55–64 Jahre > 64 Jahre | 23–28 24–29 |

Fettleibigkeit (Adipositas) als Krankheit (ICD-10 E66) muss auf jeden Fall behandelt werden, da ein erhöhtes Risiko für Diabetes und Herzkrankungen besteht! Sehr sportliche Personen haben häufig einen BMI um 25. Diese Werte ergeben sich auf Grund des Muskelaufbaus und sind nicht als Übergewicht zu interpretieren.

Die Ergebnisse der KiGGS-Studie weisen darauf hin, dass Kinder und Jugendlichen aus Familien mit einem niedrigeren sozialen Status, Kinder mit Migrationshintergrund sowie Kinder von stark übergewichtigen Müttern ein erhöhtes Risiko für Übergewicht und Adipositas aufweisen (Kurth, Schaffrath Rosario 2007). Ein früher vermuteter Unterschied zwischen Jungen und Mädchen zeigte sich jedoch nicht.

Insgesamt ist eine Zunahme von Adipositas (BMI über 30) innerhalb des letzten Jahrzehntes sichtbar: Der Anteil adipöser Männer in Deutschland stieg von 13,6% im Jahr 2003 auf 17,1% im Jahr 2013, bei Frauen zeigt sich eine etwas moderatere Zunahme von 12,3% auf 14,3%.

In der Tabelle sind durchschnittliche Körpermaße und die prozentuale Verteilung verschiedener BMI-Indices angegeben.

| Altersstufe | Körpergröße | Körpergewicht | Body-Mass-Index | Davon mit einem Body-Mass-Index von | | | |
|-----------------|-------------|---------------|-------------------|-------------------------------------|-------------|-----------|-------------|
| | | | | unter 18,5 | 18,5 bis 25 | 25 bis 30 | 30 und mehr |
| | m | kg | kg/m ² | Prozent | | | |
| Männlich | | | | | | | |
| 18–20 | 1,81 | 75,7 | 23,1 | 4,4 | 75,1 | 16,4 | 4,1 |
| 20–25 | 1,81 | 78,9 | 24,1 | 2,0 | 66,7 | 25,1 | 6,2 |
| 25–30 | 1,81 | 81,6 | 25,0 | 1,3 | 56,6 | 33,3 | 8,8 |
| 30–35 | 1,80 | 83,8 | 25,7 | 0,6 | 48,0 | 39,2 | 12,2 |
| 35–40 | 1,80 | 85,6 | 26,4 | 0,3 | 41,0 | 43,8 | 14,9 |
| 40–45 | 1,80 | 86,6 | 26,8 | 0,4 | 34,2 | 47,5 | 17,9 |
| 45–50 | 1,80 | 86,6 | 26,8 | 0,4 | 34,2 | 47,5 | 17,9 |
| 50–55 | 1,79 | 86,8 | 27,2 | 0,3 | 31,4 | 48,1 | 20,2 |
| 55–60 | 1,78 | 86,8 | 27,4 | 0,4 | 28,1 | 48,9 | 22,6 |
| 60–65 | 1,77 | 86,6 | 27,7 | 0,4 | 25,5 | 49,5 | 24,7 |
| 65–70 | 1,76 | 85,4 | 27,6 | 0,4 | 26,1 | 49,9 | 23,6 |
| 70–75 | 1,75 | 84,1 | 27,3 | 0,3 | 27,7 | 50,8 | 21,2 |
| 75 u. mehr | 1,73 | 80,4 | 26,8 | 0,6 | 33,0 | 49,5 | 16,8 |
| Insgesamt | 1,78 | 84,3 | 26,5 | 0,7 | 37,8 | 44,4 | 17,1 |
| Weiblich | | | | | | | |
| 18–20 | 1,68 | 60,9 | 21,7 | 13,0 | 73,7 | 10,5 | 2,8 |
| 20–25 | 1,68 | 62,9 | 22,4 | 8,9 | 72,6 | 13,6 | 5,0 |
| 25–30 | 1,67 | 64,7 | 23,1 | 6,2 | 69,9 | 16,8 | 7,1 |
| 30–35 | 1,67 | 66,4 | 23,7 | 5,0 | 66,0 | 19,5 | 9,5 |
| 35–40 | 1,67 | 67,5 | 24,1 | 3,7 | 63,7 | 22,3 | 10,4 |
| 40–45 | 1,67 | 68,1 | 24,4 | 2,9 | 62,1 | 23,6 | 11,4 |
| 45–50 | 1,67 | 68,8 | 24,7 | 2,7 | 59,2 | 25,9 | 12,2 |
| 50–55 | 1,66 | 69,7 | 25,3 | 2,1 | 53,2 | 29,7 | 15,0 |
| 55–60 | 1,65 | 70,4 | 25,8 | 1,9 | 47,9 | 32,9 | 17,3 |
| 60–65 | 1,64 | 71,3 | 26,4 | 1,6 | 42,1 | 35,6 | 20,8 |

| Altersstufe | Körpergröße | Körpergewicht | Body-Mass-Index | Davon mit einem Body-Mass-Index von | | | |
|-------------|-------------|---------------|-------------------|-------------------------------------|-------------|-----------|-------------|
| | | | | unter 18,5 | 18,5 bis 25 | 25 bis 30 | 30 und mehr |
| | m | kg | kg/m ² | Prozent | | | |
| 65–70 | 1,64 | 71,2 | 26,5 | 1,5 | 40,3 | 37,9 | 20,3 |
| 70–75 | 1,64 | 70,8 | 26,4 | 1,6 | 39,8 | 39,2 | 19,4 |
| 75 u. mehr | 1,62 | 68,3 | 26,1 | 2,5 | 41,1 | 38,7 | 17,7 |
| Insgesamt | 1,65 | 68,4 | 25,0 | 3,3 | 53,2 | 29,1 | 14,3 |

Statistisches Bundesamt 2013; Mikrozensus 2014

Tabelle 2.1.3 Körpermassenindex (BMI) Grenzwerte bei Jungen und Mädchen in Deutschland im Alter von 12 bis 16 Jahren

Perzentile werden üblicherweise für Gewicht, Body-Mass-Index (BMI) und die Körpergröße angegeben. Die Angabe in Perzentilen bedeutet, dass das Körpergewicht in Bezug zu Altersgenossen angegeben wird. Ein Körpergewicht auf die 50. Perzentile bedeutet, dass 50% der Kinder gleichen Alters und gleichen Geschlechts schwerer als das betreffende Kind sind.

Erläuterungen zum Körpermassenindex (BMI) siehe Tab. 2.1.2 .

| Gewichtsstatus | BMI für 12-jährige | | BMI für 14-jährige | | BMI für 17-jährige | |
|----------------------------|--------------------|---------|--------------------|---------|--------------------|---------|
| | (Perzentile) | Mädchen | Jungen | Mädchen | Jungen | Mädchen |
| Extremes Untergewicht (P3) | 14,59 | 14,70 | 15,95 | 15,59 | 17,58 | 17,30 |
| Untergewicht (P10) | 15,65 | 15,69 | 17,06 | 16,67 | 18,63 | 18,44 |
| Untergewicht (P 25) | 16,95 | 16,90 | 18,41 | 17,99 | 19,91 | 19,82 |

| Gewichtsstatus | BMI für 12-jährige | | BMI für 14-jährige | | BMI für 17-jährige | |
|----------------------|--------------------|---------|--------------------|---------|--------------------|---------|
| | (Perzentile) | Mädchen | Jungen | Mädchen | Jungen | Mädchen |
| Normalgewicht (P50) | 18,77 | 18,60 | 20,30 | 19,83 | 21,70 | 21,72 |
| Normalgewicht (P75) | 21,21 | 20,87 | 22,79 | 22,28 | 24,07 | 24,19 |
| Übergewicht (P90) | 24,27 | 23,71 | 25,88 | 25,30 | 27,03 | 27,17 |
| Fettleibigkeit (P97) | 28,73 | 27,86 | 30,32 | 29,65 | 31,36 | 31,29 |

RKIb 2013

Tabelle 2.1.4 Energiegewinnung bei unterschiedlichen Anteilen von Kohlenhydraten und Fetten in der Nahrung

Das Verhältnis des bei der Verbrennung gebildeten CO_2 zum dabei verbrauchten O_2 wird als Respiratorischer Quotient (RQ) bezeichnet. Beispiel: Bei der Verbrennung von 1 mol Glukose werden 6 mol CO_2 gebildet und 6 mol O_2 verbraucht. Der RQ ist demnach 1.

| Anteile in der Nahrung | | Energiegewinnung durch Verbrennung | | |
|------------------------|------------|------------------------------------|----------------------|------|
| Kohlenhydrate in % | Fette in % | kcal je 1 O_2 | kJ je 1 O_2 | RQ |
| 0,0 | 100,0 | 4,69 | 19,64 | 0,70 |
| 15,6 | 84,4 | 4,74 | 19,85 | 0,75 |
| 33,4 | 66,6 | 4,80 | 20,10 | 0,80 |
| 50,7 | 49,3 | 4,86 | 20,35 | 0,85 |
| 57,5 | 42,5 | 4,89 | 20,47 | 0,87 |
| 67,5 | 32,5 | 4,92 | 20,60 | 0,90 |
| 84,0 | 16,0 | 4,99 | 20,89 | 0,95 |
| 100,0 | 0,0 | 5,05 | 21,14 | 1,00 |

Schenck und Kolb 1990

Tabelle 2.1.5 Adipositas und Krankheiten

Von Adipositas als Ernährungs- und Stoffwechselkrankheit ist nach WHO-Definition die Rede, wenn der BMI von 30 kg/m^2 überschritten wird. Der Anteil der Adipositas an der Entstehung weiterer Krankheiten ist in nachfolgender Tabelle als bevölkerungszurechenbares Risiko dargestellt. Dies beschreibt den Anteil einer Krankheit, der verhindert werden könnte, wenn ein dafür verantwortlicher Faktor ausgeschlossen würde. An Bluthochdruck sind 8 % der normalgewichtigen, schlanken Menschen erkrankt, während das Risiko hierfür bei Übergewichtigen doppelt und bei Adipösen sechsmal so hoch ist (Wirth 2008).

Vergleichende Angaben zu Normal-, Unter- und Übergewicht

| | |
|-------------------------------|---------|
| Diabetes Mellitus Typ 2 | 69% |
| Koronare Herzkrankheit | 40–69 % |
| Gallensteine | 50 % |
| Hypertonie | 27–40 % |
| Endometriumkarzinom | 27 % |
| Degenerative Gelenkerkrankung | 20 % |
| Herzinsuffizienz | 13 % |
| Kolonkarzinom | 10 % |

Wirth 2008

Tabelle 2.1.6 Extremes Gewicht

Angaben zu Menschen mit extremem Gewicht

| | |
|--|--------|
| Der schwerste Mann war <i>Jon Brower Minnoch</i>, USA (1941–1983): | |
| Gewicht im März 1978 | 635 kg |
| Nach zwei Jahren Diät | 216 kg |
| Die schwerste Frau war <i>Rosalie Bradford</i>, geb. 1944: | |
| Gewicht 1987 | 544 kg |
| Gewicht 1992 | 142 kg |
| Der leichteste Mensch war <i>Lucia Xarate</i> (1863–89) aus Mexiko: | |
| Gewicht bei der Geburt | 1,1 kg |
| Gewicht mit 17 Jahren | 2,1 kg |
| Gewicht mit 20 Jahren | 5,9 kg |

Angaben zu Menschen mit extremem Gewicht

| Gewicht bei der Geburt | |
|--|---------|
| Am leichtesten war <i>Marian Taggart</i> GB | 283 g |
| Die leichtesten Zwillinge waren <i>Roshan</i> und <i>Melanie Gray</i> (AUS) | 860 g |
| Die leichtesten Drillinge waren <i>Peyton, Jackson</i> und <i>Blake Coffey</i> (USA) | 1385 g |
| Das schwerste Neugeborene war von <i>Anna Bates</i> (USA) | 10,8 kg |
| Die schwersten Zwillinge waren <i>Patricia</i> und <i>John Haskin</i> (USA) | 12,6 kg |
| Die schwersten Drillinge waren von <i>Mary McDermott</i> (GB) | 10,9 kg |
| Die schwersten Vierlinge waren von <i>Tina Saunders</i> (GB) | 10,4 kg |

Guinness Buch der Rekorde 2006, 2015

Tabelle 2.1.7 Täglicher Energiebedarf des Menschen

Der Grundumsatz ist diejenige Energiemenge, die der Körper pro Tag bei völliger Ruhe, bei Indifferenztemperatur (28 °C) und nüchtern zur Aufrechterhaltung seiner Funktion z. B. während des Schlafens benötigt. Er ist von Faktoren wie Geschlecht, Alter, Gewicht, Körpergröße, Muskelmasse, Wärmedämmung durch Kleidung und dem Gesundheitszustand, z. B. Fieber, abhängig. Frauen haben einen um etwa 10 Prozent niedrigeren Grundumsatz als Männer und im Alter verringert sich der Grundumsatz ebenfalls um ca. 10 Prozent.

Die nachfolgenden Werte sind nur Näherungsangaben, für eine am individuellen Alltag orientierte Bemessung des Energiebedarfs werden Grund- und Leistungsumsatz zusammengezogen. Der Leistungsumsatz setzt sich wiederum aus dem Arbeits- und Freizeitumsatz zusammen. Der so genannte PAL-Faktor (*physical activity level*) wird verwendet, um körperliche Aktivitäten möglichst aussagekräftig für die Berechnung des Gesamtumsatzes zu berücksichtigen. Die Universität Hohenheim bietet hierfür eine interaktive Energiebedarfsrechnung an (<https://www.uni-hohenheim.de/wwwin140/info/interaktives/energiebed.htm>).

Durchschnittlicher Energiebedarf pro Tag nach Körpermasse

| Alter/Geschlecht | Mittlere Körpermasse in kg | Energiebedarf pro Tag | | | |
|------------------|----------------------------|-----------------------|-------|------|------|
| | | kcal/kg | kJ/kg | kcal | kJ |
| 1–2 Monate | 5,3 | 115 | 480 | 609 | 2544 |
| 3–6 Monate | 6,8 | 110 | 460 | 748 | 3128 |
| 6–9 Monate | 8,4 | 100 | 420 | 840 | 3528 |
| 9–12 Monate | 9,8 | 97 | 405 | 950 | 3969 |

| | | | | | |
|----------|------|----|-----|------|--------|
| 3 Jahre | 15,3 | 95 | 395 | 1453 | 6043 |
| 5 Jahre | 18,1 | 90 | 375 | 1629 | 6787 |
| 10 Jahre | 31,3 | 74 | 310 | 2316 | 9703 |
| 15 Jahre | 55,4 | 53 | 222 | 2936 | 12.298 |
| 18 Jahre | 65,5 | 49 | 205 | 3209 | 13.427 |
| Mann | 60 | 42 | 175 | 2310 | 9700 |
| | 70 | 42 | 175 | 2940 | 12.300 |
| Frau | 60 | 36 | 150 | 2160 | 9000 |
| | 70 | 36 | 150 | 2520 | 10.500 |

Durchschnittlicher Energiebedarf pro Tag nach Alter und Geschlecht

| Altersstufe | Energiebedarf pro Tag | | | |
|--------------|-----------------------|-----------|-------------|-----------|
| | Männer kcal | Männer kJ | Frauen kcal | Frauen kJ |
| 1–3 Jahre | 1100 | 4605 | 1000 | 4187 |
| 4–6 Jahre | 1500 | 6280 | 1400 | 5861 |
| 7–9 Jahre | 1900 | 7955 | 1700 | 7118 |
| 10–12 Jahre | 2300 | 9630 | 2000 | 8374 |
| 13–14 Jahre | 2700 | 11.304 | 2200 | 9211 |
| 15–18 Jahre | 2500 | 10.467 | 2000 | 8374 |
| 19–24 Jahre | 2500 | 10.467 | 1900 | 7955 |
| 25–50 Jahre | 2400 | 10.048 | 1900 | 7955 |
| 51–65 Jahre | 2200 | 9211 | 1800 | 7536 |
| Älter als 65 | 2000 | 8374 | 1600 | 6699 |

Schenck und Kolb 1990; Deutsche Gesellschaft für Ernährung 2015; www.dge.de

Tabelle 2.1.8 Empfehlungen zur Deckung des täglichen Bedarfs an ausgewählten Nährstoffen

Die Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V. (DGE), die Österreichische Gesellschaft für Ernährung (ÖGE), die Schweizerische Gesellschaft für Ernährungsforschung (SGE) sowie die Schweizerische Vereinigung für Ernährung (SVE) haben sich auf gemeinsame Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr geeinigt. Umfangreiche Erweiterungen und genaue Erläuterungen der Angaben sind über das Internet abrufbar (www.dge.de).

Abkürzung Ess. = Essentielle Fettsäuren, die der Körper nicht selbst aufbauen kann.

| Protein | Fett als Energie | Ess.-Fettsäuren (Omega-3 und Omega-6 zusammen) | Kalium | Calcium | Phosphor | Chlorid | Natrium | Magnesium | Eisen |
|---|------------------|--|--------|---------|----------|---------|---------|-----------|-------|
| in g | in % | in % | in mg | in mg | in mg | in mg | in mg | in mg | in mg |
| Jugendliche und Erwachsene im Alter von Jahren | | | | | | | | | |
| 15–18 männl. | 60 | 30 | 3,0 | 2000 | 1200 | 1250 | 830 | — | 400 |
| weiblich | 46 | | | | | | 550 | 350 | 15 |
| 19–24 männl. | 59 | | | 1000 | 700 | | — | 400 | 10 |
| weiblich | 48 | | | | | | 550 | 310 | 15 |
| 25–50 männl. | 59 | | | | | | — | 350 | 10 |
| weiblich | 47 | | | | | | 550 | 300 | 15 |
| 51–64 männl. | 58 | | | | | | — | 350 | 10 |
| weiblich | 46 | | | | | | 550 | 300 | |
| 65 Jahre und älter | | | | | | | | | |
| männlich | 54 | 30 | 2,5 | 2000 | 1000 | 700 | 830 | 550 | 350 |
| weiblich | 44 | | | | | | — | 300 | 10 |
| Schwangere | 30–35 | 2,5 | | — | 1000 | 800 | — | — | 310 |
| Stillende | | | | — | 900 | — | — | 390 | 30 |
| | | | | | | | | | 20 |

Tabelle 2.1.9 Empfehlungen zur Deckung des täglichen Wasserbedarfs

Die tägliche Wasseraufnahme des Menschen setzt sich zusammen aus flüssigen Getränken sowie den Wasseranteilen der festen Nahrung.

Zusätzlich wird im Körper in den unzähligen Stoffwechselprozessen der Zellen Oxidationswasser gebildet. Bei den Empfehlungen für die Wasserzufuhr findet keine Unterscheidung nach Geschlecht statt, ebenso werden Besonderheiten im Lebensstil (z. B. berufliche Tätigkeit, Freizeitverhalten) nur annäherungsweise berücksichtigt. Die Angaben müssten demnach bei starker körperlicher Aktivität und bei hohen Außentemperaturen drastisch höher ausfallen.

| | Wasserzufuhr durch | | | Gesamtwasser im Körper | |
|---|--------------------|---------------|----------------------------|------------------------|------------------------|
| | Getränke | Feste Nahrung | Getränke und feste Nahrung | Oxidationswasser | Gesamt-wasserauf-nahme |
| | ml/Tag | ml/Tag | ml/kg u. Tag | ml/Tag | ml/Tag |
| Säuglinge | | | | | |
| 0–3 Monate | 620 | – | 130 | 60 | 680 |
| 4–11 Monate | 400 | 500 | 110 | 100 | 1000 |
| Kinder im Alter von Jahren | | | | | |
| 1–3 | 820 | 350 | 95 | 130 | 1300 |
| 4–6 | 940 | 480 | 75 | 180 | 1600 |
| 7– | 970 | 600 | 60 | 230 | 1800 |
| 10–12 | 1170 | 710 | 50 | 270 | 2150 |
| 13–14 | 1330 | 810 | 40 | 310 | 2450 |
| Jugendliche und Erwachsene im Alter von Jahren | | | | | |
| 15–18 | 1530 | 920 | 40 | 350 | 2800 |
| 19–24 | 1470 | 890 | 35 | 340 | 2700 |
| 25–50 | 1410 | 860 | 35 | 330 | 2600 |
| 51–64 | 1230 | 740 | 30 | 280 | 2250 |
| 65 Jahre und älter | 1310 | 680 | 30 | 260 | 2250 |
| Schwangere | 1470 | 890 | 35 | 340 | 2700 |
| Stillende | 1710 | 1000 | 45 | 390 | 3100 |

Tabelle 2.1.10 Empfehlungen zur Deckung des täglichen Bedarfs an ausgewählten Vitaminen

Die Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V. (DGE), die Österreichische Gesellschaft für Ernährung (ÖGE), die Schweizerische Gesellschaft für Ernährungsforschung (SGE) sowie die Schweizerische Vereinigung für Ernährung (SVE) haben sich auf gemeinsame Referenzwerte für die Vitaminzufuhr geeinigt (DGE 2013). In der Tabelle sind nur die wichtigsten Vitamine aufgelistet.

A = Vitamin A_{RA} Retinoläquivalent (1 mg RÄ = 1 mg Retinol = 6 mg β-Carotin = 12 mg andere Pro-Vitamin-A-Carotinoide), B₆ = Vitamin B₆ (Pyridoxin), B₁₂ = Vitamin B₁₂ (Cobalamine), C = Vitamin C (Ascorbinsäure), D = Vitamin D (Calciferole), E = Vitamin E (Tocopherole), Thia = Vitamin B₁ (Thiamin), Ribo = Vitamin B₂ (Riboflavin), Fol = Folsäure/Folat.

| | A | B ₆ | B ₁₂ | C | D | E | Thia | Ribo | Fol |
|---|-----|----------------|-----------------|-----|----|----|------|------|-----|
| | mg | mg | µg | mg | µg | mg | mg | mg | µg |
| Säuglinge | | | | | | | | | |
| 0–3 Monate | 0,5 | 0,1 | 0,4 | 50 | 10 | 3 | 0,2 | 0,3 | 60 |
| 4–11 Monate | 0,6 | 0,3 | 0,8 | 55 | 10 | 4 | 0,4 | 0,4 | 85 |
| Kinder im Alter von Jahren | | | | | | | | | |
| 1–3 männl. | 0,6 | 0,4 | 1,0 | 60 | 20 | 6 | 0,6 | 0,7 | 120 |
| weiblich | – | – | – | – | – | 5 | – | – | – |
| 4–6 männl. | 0,7 | 0,5 | 1,5 | 70 | 20 | 8 | 0,8 | 0,9 | 140 |
| weiblich | – | – | – | – | – | 8 | – | – | – |
| 7–9 männl. | 0,8 | 0,7 | 1,8 | 80 | 20 | 10 | 1,0 | 1,1 | 180 |
| weiblich | – | – | – | – | – | 9 | – | – | – |
| 10–12 männl. | 0,9 | 1,0 | 2,0 | 90 | 20 | 13 | 1,2 | 1,4 | 240 |
| weiblich | – | – | – | – | – | 11 | 1,0 | 1,2 | – |
| 13–14 männl. | 1,1 | 1,4 | 3,0 | 100 | 20 | 14 | 1,4 | 1,6 | 300 |
| weiblich | 1,0 | – | – | – | – | 12 | 1,1 | 1,3 | – |
| Jugendliche und Erwachsene im Alter von Jahren | | | | | | | | | |
| 15–18 männl. | 1,1 | 1,6 | 3,0 | 100 | 5 | 15 | 1,3 | 1,5 | 300 |
| weiblich | 0,9 | 1,2 | – | – | – | 12 | 1,0 | 1,2 | – |

| | A | B ₆ | B ₁₂ | C | D | E | Thia | Ribo | Fol |
|---------------------------|-----|----------------|-----------------|-----|----|----|------|------|-----|
| | mg | mg | µg | mg | µg | mg | mg | mg | µg |
| 19–24 männl. | 1,0 | 1,5 | 3,0 | 100 | 5 | 15 | 1,3 | 1,5 | 300 |
| weiblich | 0,8 | 1,2 | – | – | – | 12 | 1,0 | 1,2 | – |
| 25–50 männl. | 1,0 | 1,5 | 3,0 | 100 | 5 | 14 | 1,2 | 1,4 | 300 |
| weiblich | 0,8 | 1,2 | – | – | – | 12 | 1,0 | 1,2 | – |
| 51–64 männl. | 1,0 | 1,5 | 3,0 | 100 | 5 | 13 | 1,1 | 1,3 | 300 |
| weiblich | 0,8 | 1,2 | – | – | – | 12 | 1,0 | 1,2 | – |
| 65 Jahre und älter | | | | | | | | | |
| männlich | 1,0 | 1,4 | 3,0 | 100 | 10 | 12 | 1,0 | 1,2 | 300 |
| weiblich | 0,8 | 1,2 | – | – | – | 11 | 1,0 | 1,2 | – |
| Schwangere ab 4. Monat | 1,1 | 1,9 | 3,5 | 110 | 5 | 13 | 1,2 | 1,5 | 550 |
| Stillende | 1,5 | 1,9 | 4,0 | 150 | 5 | 17 | 1,4 | 1,6 | 450 |

Deutsche Gesellschaft für Ernährung 2015; www.dge.de

Tabelle 2.1.11 Vitamingehalt von Früchten, Fruchtsäften, Gemüse und Salaten

| 100g essbare Substanz enthalten | Retinol | B ₆ | B ₁₂ | E | C | Fol-säure |
|---------------------------------|---------|----------------|-----------------|-----|----|-----------|
| | µg | mg | µg | mg | mg | µg |
| Früchte, Fruchtsäfte | | | | | | |
| Äpfel, süß | – | 0,10 | 0,3 | 0,5 | 10 | 3 |
| Bananen | – | 0,36 | – | 0,3 | 10 | 15 |
| Birnen | – | 0,02 | – | 0,4 | 5 | 4 |
| Brombeeren | – | 0,05 | 0,25 | 0,7 | 15 | 12 |
| Erdbeeren | – | 0,06 | – | 0,1 | 55 | 45 |
| Grapefruitsaft | – | 0,01 | – | 0,3 | 35 | 9 |
| Holunderbeersaft | – | 0,09 | – | 1,0 | 25 | 6 |
| Johannisbeeren, rot | – | 0,04 | – | 0,7 | 35 | 10 |

| 100 g essbare Substanz enthalten | Retinol | B₆ | B₁₂ | E | C | Fol-säure |
|---|----------------|----------------------|-----------------------|-----------|-----------|------------------|
| | µg | mg | µg | mg | mg | µg |
| Johannisbeeren, schw. | – | 0,08 | – | 1,9 | 175 | 9 |
| Süßkirschen | – | 0,04 | – | 0,1 | 15 | 0 |
| Orangen | – | 0,10 | – | 0,3 | 45 | 30 |
| Pfirsiche, frisch | – | 0,03 | – | 0,9 | 10 | 3 |
| Pfirsiche in Dosen | – | 0,02 | – | 0,3 | 4 | 3 |
| Pflaumen | – | 0,05 | – | 0,8 | 5 | 2 |
| Preiselbeeren | – | 0,01 | – | 1,0 | 10 | 10 |
| Weintrauben, rot | – | 0,07 | – | 0,6 | 4 | 40 |
| Wassermelonen | – | 0,07 | – | 0,1 | 6 | 5 |
| Zitronen | – | 0,06 | – | 0,2 | 50 | 6 |
| Gemüse, Salate | | | | | | |
| Blumenkohl, roh | – | 0,20 | – | 0,1 | 65 | 50 |
| Bohnen, dick | – | 0,20 | – | 0,3 | 35 | 45 |
| Erbsen, grün | – | 0,16 | – | 0,3 | 25 | 160 |
| Gartenkresse | – | 0,30 | kA | 0,7 | 59 | kA |
| Gurken | – | 0,04 | – | 0,1 | 8 | 15 |
| Karotten | – | 0,27 | – | 0,5 | 7 | 15 |
| Kartoffeln gekocht | – | 0,14 | – | 0,1 | 10 | 10 |
| Kopfsalat | – | 0,06 | – | 6 | 15 | 60 |
| Kürbis | – | 0,11 | – | 1,1 | 10 | 35 |
| Linsen | – | 0,55 | – | 1,3 | 5 | 170 |
| Mais | – | 0,40 | – | 2,0 | – | 25 |
| Petersilie | – | 0,20 | – | 3,7 | 160 | 150 |
| Spargel, zubereitet | 10 | 0,04 | – | 2,2 | 15 | 60 |
| Spinat, frisch | – | 0,22 | – | 1,4 | 50 | 145 |
| Tomaten | – | 0,10 | – | 8 | 20 | 20 |
| Weißkohl | – | 0,19 | – | 1,7 | 50 | 30 |
| Zwiebeln | – | 0,15 | – | 0,1 | 7 | 10 |

Tabelle 2.1.12 Inhaltsstoffe ausgewählter Nahrungsmittel: Protein-, Fett-, Kohlenhydrat-, Ballaststoff- und Energiegehalt

Die Angaben sind jeweils auf 100 Gramm der angegebenen Lebensmittel bezogen und entsprechen dem Bundeslebensmittelschlüssel (BLS).

| | Energie kcal | Energie kJ | Protein g | Fette g | Kohlen- hydrate g | Ballast- stoffe g |
|--------------------------------|-----------------|---------------|-----------|---------|-------------------------|----------------------|
| Schwein, Kotelett | 133 | 555 | 22 | 5 | – | – |
| Rind, Roastbeef | 130 | 543 | 22 | 4 | – | – |
| Schwein/Rind, Hackfleisch | 170 | 710 | 20 | 10 | – | – |
| Frankfurter Würstchen | 267 | 1118 | 12 | 24 | – | 0,1 |
| Leberwurst, fein | 333 | 1313 | 14 | 42 | – | – |
| Putenbrust, frisch | 105 | 439 | 24 | 1 | – | – |
| Forelle, frisch Fischzuschnitt | 102 | 426 | 20 | 3 | – | – |
| Aal, geräuchert | 280 | 1170 | 15 | 24 | – | – |
| Hühnerei, Vollei | 155 | 646 | 13 | 11 | 1 | – |
| Kuhmilch, fettarm 1,5% Fett | 48 | 201 | 3 | 2 | 5 | – |
| Schlagsahne 30% Fett | 303 | 1269 | 2 | 32 | 3 | – |
| Butter | 752 | 3143 | 1 | 83 | 3 | – |
| Sonnenblumenmargarine | 722 | 3017 | 0,2 | 80 | – | – |
| Joghurt, 1,5% Fett | 50 | 209 | 4 | 2 | 6 | – |
| Emmentaler Käse, 45% Fett i.Tr | 378 | 1581 | 28 | 30 | – | – |
| Camembert, 45% Fett i.Tr | 85 | 1191 | 18 | 34 | – | – |

| | Energie kcal | Energie kJ | Protein g | Fette g | Kohlen- hydrate g | Ballast- stoffe g |
|---------------------------------|-------------------------|-----------------------|------------------|----------------|----------------------------------|------------------------------|
| Weißbrot/Weizenbrot | 238 | 994 | 8 | 1 | 49 | 3,2 |
| Graubrot/Roggenbrot | 217 | 907 | 7 | 1 | 46 | 6,5 |
| Naturreis, gekocht | 126 | 526 | 3 | 1 | 27 | 0,8 |
| Mais, ganzes Korn getrocknet | 324 | 1354 | 8 | 4 | 64 | 9,7 |
| Haferflocken | 348 | 1455 | 13 | 7 | 59 | 10,0 |
| Kartoffeln, gekocht und gepellt | 71 | 296 | 2 | 0,1 | 15 | 2,0 |
| Mohrrübe (Karotte), frisch | 25 | 104 | 1 | 0,2 | 5 | 3,6 |
| Rahmspinatgemüse, gekocht | 100 | 418 | 3 | 9 | 2 | 1,7 |
| Spitzkohl, frisch | 23 | 96 | 2 | 0,2 | 3 | 2,5 |
| Tomaten, frisch | 17 | 73 | 1 | 0,1 | 3 | 1,0 |
| Erbsen grün, frisch | 81 | 338 | 7 | 0,4 | 12 | 4,3 |
| Bohnen grün, frisch | 33 | 138 | 2 | 0,2 | 5 | 1,9 |
| Champignon, frisch | 16 | 67 | 3 | 0,3 | 1 | 2,0 |
| Apfel, frisch | 54 | 225 | — | 0,3 | 11 | 2,0 |
| Pfirsich, frisch | 41 | 171 | 0,8 | 0,1 | 9 | 1,9 |
| Orange, frisch | 42 | 175 | 1 | 0,1 | 8 | 1,6 |
| Zitrone, frisch | 35 | 146 | 1 | 0,4 | 3 | 4 |
| Honig | 302 | 1262 | 0,3 | — | 75 | — |
| Milchschokolade | 536 | 2240 | 9 | 28 | 34 | 1,2 |
| Gummibärchen | 348 | 1455 | 6 | 0 | 78 | 0,1 |

**Tabelle 2.1.13 Inhaltsstoffe ausgewählter Nahrungsmittel:
Wasser-, Mineralstoff-, Na-, K-, Ca- und Fe-Gehalt**

Die Angaben sind jeweils auf 100 Gramm der angegebenen Lebensmittel bezogen und entsprechen dem Bundeslebensmittelschlüssel (BLS).

| | Wasser g | NaCl mg | Natrium mg | Kalium mg | Calcium mg | Eisen mg |
|---|-----------------|----------------|-------------------|------------------|-------------------|-----------------|
| Schwein, Kotelett | 74 | 150 | 65 | 315 | 10 | 1,8 |
| Rind, Ro- astbeef | 72 | 125 | 40 | 390 | 10 | 3,0 |
| Schwein/ Rind, Hack- fleisch | 69 | 150 | 60 | 200 | 20 | 2,4 |
| Frank- furter Würstchen | 60 | 3000 | 1180 | 150 | 10 | 1,8 |
| Leber- wurst, fein | 50 | 1680 | 660 | 245 | 10 | 7,5 |
| Putenbrust, frisch | 73 | 110 | 45 | 330 | 15 | 1,0 |
| Forelle, frisch Fischzu- schnitt | 76 | 150 | 60 | 375 | 10 | 0,4 |
| Aal, ge- räuchert | 59 | 160 | 65 | 280 | 15 | 0,8 |
| Hühnerei, Vollei | 74 | 370 | 145 | 145 | 55 | 2,1 |
| Kuhmilch, fettarm 1,5% Fett | 89 | 110 | 45 | 155 | 120 | 0,1 |
| Schlag- sahne 30% Fett | 62 | 90 | 35 | 110 | 80 | 0,1 |
| Butter | 15 | 15 | 5 | 15 | 15 | 0,1 |
| Sonnen- blumen- margarine | 19 | 200 | 80 | 7 | 10 | 0,1 |

| | Wasser g | NaCl mg | Natrium mg | Kalium mg | Calcium mg | Eisen mg |
|--|----------|---------|------------|-----------|------------|----------|
| Joghurt, 1,5% Fett | 87 | 115 | 50 | 150 | 115 | 0,1 |
| Emmenta- ler Käse, 45% Fett i.Tr | 36 | 850 | 335 | 155 | 1375 | 0,3 |
| Camem- bert, 45% Fett i.Tr | 53 | 1700 | 670 | 120 | 615 | 0,2 |
| Weiβbrot/ Weizen- brot | 36 | 1370 | 540 | 130 | 60 | 0,7 |
| Graubrot/ Roggen- brot | 39 | 1300 | 510 | 245 | 30 | 1,2 |
| Naturreis, gekocht | 67 | 10 | 3 | 75 | 6 | 1,2 |
| Mais, gan- zes Korn getrocknet | 11 | 15 | 6 | 270 | 8 | 1,5 |
| Haferflo- cken | 10 | 15 | 5 | 400 | 45 | 5,5 |
| Kartof- feln, ge- kocht und gepellt | 78 | 10 | 4 | 410 | 10 | 0,9 |
| Mohrrübe (Karotte), frisch | 88 | 150 | 60 | 330 | 35 | 0,4 |
| Rahm- spinat- gemüse, gekocht | 82 | 610 | 240 | 430 | 125 | 2,6 |
| Spitzkohl, frisch | 91 | 15 | 5 | 250 | 50 | 0,5 |
| Tomaten, frisch | 94 | 8 | 3 | 235 | 10 | 0,5 |

| | Wasser g | NaCl mg | Natrium mg | Kalium mg | Calcium mg | Eisen mg |
|---------------------|----------|---------|------------|-----------|------------|----------|
| Erbsen grün, frisch | 75 | 5 | 2 | 250 | 25 | 1,6 |
| Bohnen grün, frisch | 90 | 5 | 2 | 225 | 65 | 0,7 |
| Champignon, frisch | 91 | 20 | 8 | 390 | 10 | 1,2 |
| Apfel, frisch | 85 | 3 | 1 | 120 | 5 | 0,2 |
| Pfirsich, frisch | 87 | 3 | 1 | 190 | 6 | 0,3 |
| Orange, frisch | 85 | 3 | 1 | 165 | 40 | 0,4 |
| Zitrone, frisch | 86 | 5 | 2 | 170 | 10 | 0,5 |
| Honig | 19 | 5 | 2 | 45 | 6 | 1,3 |
| Milch-schokolade | 1 | 150 | 60 | 460 | 245 | 1,5 |
| Gummi-bärchen | 12 | 150 | 60 | 10 | 10 | 0,1 |

Elmafda et al. 2014; Heseker und Heseker 2014

Tabelle 2.1.14 Inhaltsstoffe ausgewählter Nahrungsmittel: Vitamingehalt

Die Angaben sind jeweils auf 100 Gramm der angegebenen Lebensmittel bezogen und entsprechen dem Bundeslebensmittelschlüssel (BLS).

A = Vitamin A_{RÄ} Retinoläquivalent (1 mg RÄ = 1 mg Retinol = 6 mg β-Carotin = 12 mg andere Pro-Vitamin-A-Carotinoide), B₁ = Vitamin B₁ (Thiamin), B₆ = Vitamin B₆ (Pyridoxin), B₁₂ = Vitamin B₁₂ (Cobalamine), C = Vitamin C (Ascorbinsäure), D = Vitamin D (Calciferole), E = Vitamin E (Tocopherole), Thia = Vitamin B₁ (Thiamin), Ribo = Vitamin B₂ (Riboflavin), Fol = Folsäure/Folat.

| Vitamine | A µg | B ₁ mg | B ₆ mg | B ₁₂ µg | C mg | D µg | E mg |
|--------------------------------|------|-------------------|-------------------|--------------------|------|------|------|
| Schwein, Kotelett | 9 | 0,82 | 0,55 | 2,0 | – | – | 0,3 |
| Rind, Roast-beef | 15 | 0,09 | 0,18 | 2,0 | – | – | 0,5 |
| Schwein/Rind, Hackfleisch | 20 | 0,10 | 0,36 | 2,0 | – | – | 0,5 |
| Frankfurter Würstchen | 5 | 0,18 | 0,14 | 1,1 | 20 | – | 0,2 |
| Leberwurst, fein | 6,6 | 0,17 | 0,25 | 3,9 | 25 | – | 0,9 |
| Putenbrust, frisch | 1 | 0,05 | 0,46 | 1,4 | – | – | 0,2 |
| Forelle, frisch Fischzuschnitt | 30 | 0,08 | 0,23 | 4,5 | 3 | 18,3 | 1,7 |
| Aal, geräuchert | 980 | 0,18 | 0,28 | 1,0 | 2 | 5,5 | 8,0 |
| Hühnerei, Vollei | 270 | 0,10 | 0,08 | 1,8 | – | 2,9 | 2,0 |
| Kuhmilch, fettarm 1,5% Fett | 15 | 0,04 | 0,05 | 0,4 | 2 | – | – |
| Schlagsahne 30% Fett | 320 | 0,03 | 0,04 | 0,4 | 1 | 1,0 | 0,7 |
| Butter | 590 | 0,01 | 0,01 | – | – | 1,1 | 2,0 |
| Sonnenblumenmargarine | 900 | – | – | 0,1 | – | 2,5 | 40,0 |
| Joghurt, 1,5% Fett | 15 | 0,04 | 0,04 | 0,4 | 2 | – | – |
| Emmentaler Käse, 45% Fett i.Tr | 270 | 0,01 | 0,05 | 3,1 | – | 0,7 | 0,5 |
| Camembert, 45% Fett i.Tr | 330 | 0,05 | 0,25 | 2,8 | – | 0,3 | 0,5 |
| Weißbrot/Weizenbrot | – | 0,09 | 0,02 | – | – | – | 0,6 |
| Graubrot/Roggenbrot | – | 0,18 | 0,13 | – | – | – | 1,1 |
| Naturreis, gekocht | – | 0,07 | 0,05 | – | – | – | 0,2 |

| Vitamine | A µg | B ₁ mg | B ₆ mg | B ₁₂ µg | C mg | D µg | E mg |
|---------------------------------|------|-------------------|-------------------|--------------------|--------|------|------|
| Mais, ganzes Korn getrocknet | 153 | 0,36 | 0,4 | – | – | – | 2,0 |
| Haferflocken | – | 0,59 | 0,16 | – | – | – | 1,5 |
| Kartoffeln, gekocht und gepellt | 0,8 | 0,10 | 0,19 | – | 15 | – | 0,1 |
| Mohrrübe (Karotte), frisch | 1633 | 0,07 | 0,27 | – | 7 | – | 7 |
| Rahmspinatgemüse, gekocht | 730 | 0,07 | 0,18 | 0,1 | 25 | – | 1,4 |
| Spitzkohl, frisch | 25 | 0,05 | 0,15 | – | 60 | – | 0,2 |
| Tomaten, frisch | 98 | 0,06 | 0,10 | – | 20 | – | 1,5 |
| Erbsen grün, frisch | 70 | 0,30 | 0,16 | – | 25 | – | 0,3 |
| Bohnen grün, frisch | 53 | 0,08 | 0,26 | – | 20 | – | 0,1 |
| Champignon, frisch | 13 | 0,09 | 0,07 | – | 5 | 1,9 | 01 |
| Apfel, frisch | 5 | 0,04 | 0,10 | – | 10 | – | 10 |
| Pfirsich, frisch | 13 | 0,03 | 0,03 | – | 10 | – | 0,9 |
| Orange, frisch | 15 | 79 | 50 | – | 50.000 | – | 240 |
| Zitrone, frisch | 7 | 0,08 | 0,10 | – | 45 | – | 0,3 |
| Honig | – | – | 0,16 | – | 2 | – | – |
| Milchschokolade | 56 | 0,11 | 0,11 | – | – | – | 0,3 |
| Gummibärchen | – | – | – | – | – | – | – |

Heseker und Heseker 2013, 2014; Elmafda et. al. 2014

Tabelle 2.1.15 Die Menge ausgewählter Nahrungsmittel mit vergleichbarem Energiegehalt

Wie viel von einem Nahrungsmittel muss bei vorgegebenen Energiewerten gegessen werden?

| Energie | Nahrungs-mittelgrup-pen und Sorten | Menge in g | Eiweiß in g | Fett in g | Vitamin C in mg |
|----------------------------|------------------------------------|-------------------|--------------------|------------------|----------------------------|
| 25–35 kcal = 105–145 kJ | Gemüse | | | | |
| | Gurken | 250 | 3,3 | – | 3,0 |
| | Tomaten | 200 | 6,6 | – | 48,0 |
| | Kopfsalat | 200 | 4,0 | – | 26,0 |
| | Spargel | 150 | 4,4 | – | 32,0 |
| 30–40 kcal = 125–165 kJ | Sahne und Kondensmilch | | | | |
| | Sahne, 10 % Fett | 30 | 0,9 | 3,2 | – |
| | Kondens-milch, 4 % Fett | 30 | 2,4 | 1,2 | – |
| | Kondens-milch, 7,5 % Fett | 25 | 1,6 | 1,9 | – |
| | Sahne, 30 % Fett | 10 | 0,2 | 3,2 | – |
| 30–50 kcal = 125–210 kJ | Gemüse | | | | |
| | Spinat | 200 | 6,9 | – | 104,0 |
| | Kohlrabi | 150 | 6,7 | – | 80,0 |
| | Blumenkohl | 150 | 5,9 | – | 105,0 |
| | Rotkohl | 150 | 11,9 | – | 100,0 |
| | Partyhappen, Fingerfood | Menge in g | Eiweiß in g | Fett in g | Kohlenhyd-rate in g |
| 35–50 kcal = 145–210 kJ | Salzgurken | 250 | 2,0 | – | 7,0 |
| | Mixed Pickles | 100 | – | – | 8,0 |
| | Oliven | 30 | – | 4,0 | 1,0 |
| | Erdnüsse, geröstet | 6 | 2,0 | 3,0 | 1,0 |

| | | | | | | |
|----------------------------|---|-----------------------|--------------------------------|------------------|-------------------------|----------------------------------|
| 40–50 kcal = 165–210 kJ | Pilze | Menge in g | Alkohol in g | Fett in g | Kohlenhyd- rate in g | |
| | Champignons | | 6,0 | — | 10,0 | |
| | Pfifferlinge | | 6,0 | — | 12,0 | |
| | Steinpilze | | 7,3 | — | 5,0 | |
| 50–70 kcal = 210–290 kJ | Alkoholische Getränke | Menge in g | Alkohol in g | Fett in g | Kohlenhyd- rate in g | |
| | Whisky (schottisch) | | 7,0 | — | — | |
| | Cognac (Durch- schnitt) | | 7,0 | — | — | |
| | Liköre (Durch- schnitt) | | 5,0 | — | 6,0 | |
| 50–70 kcal = 210–290 kJ | Obstwässer (Durch- schnitt) | Menge in g | Alkohol in g | Fett in g | Kohlenhyd- rate in g | |
| | Tomatensaft | | — | — | 11,7 | |
| | Apfelsaft | | — | — | 17,4 | |
| | Cola (Kof- fein: 17,7 mg) | | — | — | 16,5 | |
| Energie | Nahrungsmit- telgruppen und Sorten | Menge in g | Koh- lenh. in g | Fett in g | Eiweiß in g | Vita- min C in mg |
| 50–70 kcal = 210–290 kJ | Süßigkeiten, Schokolade | | | | | |
| | Eiscreme | 30 | 6,1 | 3,5 | — | — |
| | Konfitüre (Durch- schnitt) | 20 | 14,0 | — | — | — |
| | Bonbons (Durch- schnitt) | 15 | 14,1 | — | — | — |
| | Vollmilchschoko- lade | 10 | 5,5 | 3,3 | — | — |
| | Pralinen (mit Alkohol) | 8 | 2,0 | 2,0 | — | — |

| | | | | | | |
|-----------------------------|---------------------------------|-----|------|-----|------|-----|
| 50–75 kcal = 210–315 kJ | Gemüse | | | | | |
| | Möhren (Karotten) | 200 | 14,5 | – | – | 11 |
| | Brokkoli | 200 | 8,8 | – | – | 228 |
| | Grüne Bohnen | 200 | 10,0 | – | – | 39 |
| | Artischocken | 100 | 12,2 | – | – | 8 |
| | Erbsen, grün | 75 | 9,5 | – | – | 19 |
| 50–75 kcal = 210–315 kJ | Meeresfrüchte u. a. | | | | | |
| | Miesmuscheln | 100 | – | 3,9 | 9,8 | – |
| | Weinbergschnecken | 100 | – | 0,8 | 15,0 | – |
| | Froschschenkel | 100 | – | 0,3 | 16,5 | – |
| | Austern | 75 | – | 0,9 | 6,8 | – |
| | Hummer | 75 | – | – | 11,9 | – |
| 60–80 kcal = 250–330 kJ | Exotische Früchte | | | | | |
| | Mango | 125 | 18,8 | – | – | 81 |
| | Kiwi | 125 | 13,8 | – | – | 375 |
| | Litchi | 100 | 16,0 | – | – | 30 |
| | Feigen | 100 | 18,0 | – | – | 5 |
| | Avocado | 30 | – | 6,0 | – | 6 |
| 80–100 kcal = 330–420 kJ | Frisches Obst | | | | | |
| | Erdbeeren | 250 | 18,7 | – | – | 160 |
| | Orangen | 175 | 21,0 | – | – | 88 |
| | Äpfel | 150 | 18,9 | – | – | 18 |
| | Weintrauben | 125 | 21,0 | – | – | 5 |
| | Bananen | 100 | 23,3 | – | – | 12 |
| 80–100 kcal = 335–420 kJ | Käsesorten | | | | | |
| | Magerquark | 120 | – | 0,3 | 16,2 | – |
| | Speisequark, 40 % F.i.Tr. | 55 | – | 6,7 | 6,6 | – |
| | Camembert, 30 % Fett i.Tr. | 40 | – | 5,3 | 8,8 | – |
| | Schmelzkäse, 45 % Fett i.Tr. | 30 | – | 7,1 | 4,3 | – |
| | Emmentaler, 45 % Fett i.Tr. | 20 | – | 6,1 | 5,5 | – |
| | Roquefort | 20 | – | 7,0 | 4,6 | – |

| Energie | Nahrungsmittelgruppen und Sorten | Menge in g | Fette in g | Ess. Fettsäuren in g | Cholesterin in mg |
|-----------------------------|---|---|--|--|--|
| 70–90 kcal = 290–375 kJ | Fette Mayonnaise, 50% Fett Butter Schweineschmalz Mayonnaise, 80% Fett Sonnenblumenöl Olivenöl | 15 10 8 10 8 8 | 8 8 8 8 8 8 | 4,6 0,2 0,8 4,9 5,1 0,6 | 12 28 8 14 – – |
| 80–100 kcal = 335–420 kJ | Trockenobst Äpfel Aprikosen Feigen Pflaumen Rosinen | Menge in g 30 30 30 30 30 | Fette in g – – – – – | Kohlenhydrate in g 19,4 21,1 18,5 20,8 19,3 | |
| 80–100 kcal = 335–420 kJ | Alkoholische Getränke Apfelwein Bier Weißwein Rotwein Sekt Erdbeerbowle | Menge in g 200 200 125 125 100 80 | Fette in g – – – – – – | Kohlenhydrate in g – – – – – – | Alkohol in g 10,0 5,2 10,5 9,8 8,9 4,0 |

| 120–140 kcal= 500–585 kJ | Brot und Backwaren | Menge in g | Eiweiß in g | Kohlenhyd- rate in g | Vitamin B1 in mg |
|-----------------------------|-------------------------|---------------|----------------|-------------------------|---------------------|
| | Käsekuchen, einfach | 70 | 7,1 | 16,3 | 0,04 |
| | Obstkuchen, einfach | 60 | 3,1 | 24,9 | 0,04 |
| | Roggenvoll- kornbrot | 50 | 3,7 | 23,2 | 0,09 |
| | Brötchen | 50 | 3,4 | 28,8 | 0,04 |
| | Weißbrot | 50 | 4,1 | 25,0 | 0,04 |
| | Hefegebäck | 40 | 3,2 | 21,0 | 0,04 |
| | Knäckebrot | 35 | 3,5 | 27,0 | 0,07 |
| | Zwieback | 30 | 3,0 | 22,7 | 0,03 |
| | Kekse, trocken | 30 | 4,4 | 21,0 | – |
| | Biskuitplätz- chen | 30 | 2,6 | 24,5 | – |

Holtmeier 1986

**Tabelle 2.1.16 Verbrauch von Nahrungsmitteln in Deutschland
1995–2012**

Seit 1995 wird eine geänderte Berechnungsmethodik angewendet und ab 2002/2003 wird nur nach Marktobstbau erfasst. Vorjahreszahlen sind deshalb nicht voll vergleichbar.

| Pflanzliche Erzeugnisse | Verbrauch in kg je Einwohner und Jahr | | | | | |
|--------------------------------------|---------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 1995/96 | 2000/01 | 2003/04 | 2005/06 | 2009/10 | 2011/12 |
| Getreide ins- gesamt | 74,6 | 76,0 | 89,3 | 90,3 | 91,7 | 96,5 |
| Mehl | 67,4 | 68,3 | 77,1 | 76,7 | 75,3 | 79,6 |
| sonst. Ge- treideerzeug- nisse | 7,2 | 7,7 | 12,2 | 13,5 | 16,4 | 16,9 |
| Reis | 2,5 | 3,7 | 3,7 | 4,0 | 5,0 | 5,3 |
| Hülsenfrüchte | 0,9 | 1,2 | 0,7 | 0,6 | 0,6 | 0,4 |

| | | | | | | |
|--|--|----------------|----------------|-------------|-------------|-------------|
| Kartoffeln, Kartoffelstärke | 73,4 | 70,8 | 67,4 | 64,5 | 67,2 | 66,2 |
| Zucker, Honig, Kakao | 34,8 | 39,0 | 39,9 | 49,7 | 49,5 | 47,0 |
| Gemüse | 86,7 | 94,0 | 93,3 | 86,4 | 94,3 | 95,7 |
| Obst, Tro- ckenobst | 89,3 | 113,3 | 82,5 | 80,1 | 71,4 | 70,0 |
| Zitrusfrüchte | 29,8 | 40,1 | 41,1 | 46,5 | 48,3 | 36,6 |
| Schalenfrüchte (z. B. Nüsse) | 3,5 | 3,9 | 3,3 | 3,5 | 4,1 | 4,2 |
| Tierische Erzeugnisse | Verbrauch in kg je Einwohner und Jahr | | | | | |
| Öle und Fette | 1995/96 | 2000/01 | 2003/04 | 2005 | 2009 | 2012 |
| Fleischerzeu- nisse insge- samt | 92,0 | 90,7 | 90,8 | 87,2 | 88,7 | 87,0 |
| Rind-, Kalb- fleisch | 16,6 | 14,0 | 12,8 | 12,1 | 12,5 | 13,0 |
| Schweine- fleisch | 54,9 | 54,2 | 55,1 | 54,1 | 54,1 | 52,6 |
| Schaf-, Ziegen- fleisch | 1,1 | 1,2 | 1,0 | 1,1 | 0,9 | 0,9 |
| Pferdefleisch | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Innereien | 4,5 | 3,8 | 2,3 | 1,1 | 0,6 | 0,7 |
| Geflügelfleisch | 13,4 | 16,0 | 18,2 | 17,5 | 18,8 | 18,5 |
| Wild, Kanin- chen, u. a. | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,3 | 1,8 | 1,4 |
| Fische u. Fi- scherzeugnisse | 13,5 | 13,7 | 14,4 | 14,7 | 15,2 | 14,1 |
| Frischmilcher- zeugnisse | 91,0 | 89,9 | 96,0 | 84,9 | 83,4 | 83,2 |
| Sahne und Kondensmilch | 12,9 | 12,9 | 11,9 | 10,3 | 8,6 | 8,1 |
| Milchpulver | 1,7 | 1,8 | 1,7 | 1,4 | 2,4 | 3,1 |
| Ziegenmilch | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,3 | 0,3 | 0,2 |
| Käse | 19,8 | 21,2 | 21,7 | 21,5 | 22,9 | 23,7 |
| Öle und Fette insgesamt | 28,4 | 29,7 | 27,7 | 26,9 | 19,9 | 19,9 |

| | | | | | | |
|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Tierische Fette | 11,2 | 10,8 | 10,8 | 10,5 | 4,7 | 5,0 |
| Pflanzliche Fette | 17,2 | 18,9 | 17,0 | 15,9 | 15,3 | 14,9 |
| Eier und Eiererzeugnisse | 13,7 | 13,8 | 13,1 | 12,6 | 13,0 | 13,3 |
| entspricht in Stück | 224 | 223 | 212 | 205 | 210 | 217 |

Statistisches Taschenbuch Gesundheit 2005, <http://www.bmelv-statistik.de>; Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft 2013

Tabelle 2.1.17 Verbrauch von Gemüse und Zitrusfrüchten in Deutschland 1995–2012

Seit 1995 wird eine geänderte Berechnungsmethodik angewendet und ab 2002/2003 wird nur nach Marktobstbau erfasst. Vorjahreszahlen sind deshalb nicht voll vergleichbar.

| Gemüsearten | Verbrauch in kg je Einwohner und Jahr | | | | | |
|--|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | 1995/96 | 2000/01 | 2002/03 | 2006/07 | 2010/11 | 2012/13 |
| Weißkohl, Rotkohl | 6,1 | 5,7 | 4,5 | 4,9 | 4,4 | 4,9 |
| Wirsingkohl (ab '06 einschl. Kohlrabi und Chinakohl) | 2,7 | 2,7 | 2,3 | 2,4 | 2,4 | 2,5 |
| Grünkohl, Blumenkohl | 2,8 | 2,4 | 2,3 | 2,3 | 2,1 | 2,2 |
| Rosenkohl | 0,4 | 0,5 | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,3 |
| Möhren, Karotten, Rote Rüben | 5,6 | 6,6 | 6,5 | 7,5 | 8,5 | 8,7 |
| Sellerie | 0,6 | 0,7 | 0,6 | 0,6 | 0,9 | 1,0 |
| Porree | 1,1 | 1,1 | 1,0 | 1,1 | 1,2 | 1,3 |
| Spinat | 0,8 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 0,8 | 1,3 |
| Spargel | 1,3 | 1,4 | 1,4 | 1,5 | 1,5 | 1,5 |
| Erbsen | 1,2 | 1,2 | 1,3 | 1,2 | 1,2 | 1,1 |
| Bohnen | 2,3 | 2,0 | 2,0 | 1,8 | 1,8 | 1,9 |

| | | | | | | |
|--|------|------|------|------|------|------|
| Kopfsalat (ab '06 einschl. Eisbergsalat) | 2,8 | 2,3 | 2,0 | 3,0 | 2,8 | 3,3 |
| Speisezwiebeln | 6,3 | 6,5 | 6,3 | 7,0 | 7,3 | 8,0 |
| Tomaten | 17,0 | 19,1 | 21,1 | 22,6 | 25,5 | 24,8 |
| Gurken | 6,7 | 6,0 | 6,5 | 6,4 | 7,2 | 6,1 |
| Champignons | 2,1 | 2,2 | 2,2 | 1,9 | 1,9 | 1,8 |
| Sonstige Gemüse | 17,5 | 22,5 | 23,5 | 20,8 | 21,4 | 20,7 |
| Gemüse über den Markt | 77,3 | 83,7 | 84,9 | — | — | — |
| Gemüse Selbstversorger | 9,4 | 10,3 | 9,8 | — | — | — |
| Gemüse insgesamt | 86,7 | 94,0 | 94,7 | 88,9 | 95,1 | 94,8 |

| Zitrusfrüchte | Verbrauch in kg je Einwohner und Jahr | | | | | |
|--------------------------------|---------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 1995/96 | 2000/01 | 2002/03 | 2006/07 | 2010/11 | 2012/13 |
| Apfelsinen | 6,7 | 7,0 | 6,5 | 6,0 | 5,2 | 5,4 |
| Clementinen u. a. | 4,9 | 4,2 | 4,2 | 4,2 | 4,3 | 3,7 |
| Zitronen | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,5 | 1,3 |
| Pampelmusen u. a. | 1,2 | 1,1 | 1,0 | 0,8 | 0,9 | 0,6 |
| Zitrusfrüchte insgesamt | 14,4 | 13,9 | 13,3 | 12,6 | 11,8 | 11,0 |
| Eingeführte Zitruserzeugnisse. | 15,4 | 26,2 | 27,8 | 29,3 | 28,0 | 22,0 |
| Insgesamt | 29,8 | 40,1 | 41,1 | 41,9 | 39,7 | 33,0 |

Statistisches Taschenbuch Gesundheit 2005, <http://www.bmelv-statistik.de>; Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft 2013

Tabelle 2.1.18 Verbrauch von Getränken in Deutschland 1995–2012

Reiner Alkohol unter Zugrundelegung von 4% Alkohol bei Bier, 10% bei Wein und Schaumwein sowie 33% bei Spirituosen. Trinkwein einschließlich Wermut- und Kräuterwein; Schaumwein wurde aus der Verbrauchssteuerstatistik errechnet. Mineralwasser einschließlich Quell-, Tafel- und aromatisierte Wasser. Erfrischungsgetränke ohne Getränke aus Konzentrat, Sirup und Getränkepulver, einschließlich Teegetränke. Fruchtsäfte einschließlich Fruchtsaft und Gemüsesäfte; unter „anderen Säften“ werden Schwarze Johannisbeere, Sauerkirsche und sonstige Multisäfte/Nektar zusammengefasst. Bohnenkaffee unter Zugrundelegung von 35 Gramm Röstkaffee pro Liter. Schwarzer Tee einschließlich Grüntee (9 Gramm Tee pro Liter). Milch einschließlich Konsummilch, Buttermilch, Sauermilch und Milchmischgetränke.

| Getränke | Verbrauch in kg je Einwohner und Jahr | | | | | |
|--|---------------------------------------|---------|---------|-------|-------|-------|
| | 1995/96 | 2000/01 | 2002/03 | 2006 | 2010 | 2012 |
| Alkohol- getränke | 165,0 | 155,7 | 152,1 | 141,2 | 137,2 | 135,5 |
| Bier | 135,9 | 125,7 | 121,9 | 116,0 | 107,4 | 105,5 |
| Trinkwein | 17,8 | 20,1 | 20,4 | 20,1 | 20,5 | 20,4 |
| Schaum- wein | 4,8 | 4,1 | 3,9 | 3,8 | 3,9 | 4,2 |
| Spirituo- sen | 6,5 | 5,8 | 5,9 | 5,7 | 5,4 | 5,4 |
| Reiner Alkohol | 9,6 | 9,1 | 9,0 | 8,8 | – | – |
| Alko- holfreie Getränke | 230,6 | 253,1 | 271,7 | 297,5 | 290,8 | 295,5 |
| Mineral- wasser | 98,1 | 106,8 | 118,5 | 142,2 | 136,3 | 140,7 |
| Erfri- schungs- getränke | 91,8 | 105,7 | 112,8 | 115,5 | 118,2 | 121,6 |
| Frucht- säfte | 40,7 | 40,6 | 40,4 | 39,8 | 36,3 | 33,2 |
| <i>Apfelsaft</i> | 11,8 | 12,1 | 12,2 | 12,0 | 8,1 | 8,5 |
| <i>Orangen- saft</i> | 9,8 | 9,5 | 9,5 | 8,9 | 8,7 | 7,8 |

Getränke Verbrauch in kg je Einwohner und Jahr

| | 1995/96 | 2000/01 | 2002/03 | 2006 | 2010 | 2012 |
|---|---------|---------|---------|-------|-------|-------|
| <i>Traubensaft</i> | 1,2 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,0 | 0,8 |
| <i>Gemüsesaft</i> | 0,9 | 1,0 | 1,0 | 1,4 | — | — |
| <i>Zitrusnekta</i> | 8,6 | 7,8 | 7,7 | 7,3 | — | — |
| <i>andere Säfte (ab '10 nur noch Multivitaminfruchtsäfte)</i> | 8,4 | 8,9 | 8,7 | 9,0 | 4,1 | 3,8 |
| Sonstige Getränke | 272,7 | 335,9 | 334,7 | 306,5 | 314,0 | 312,8 |
| Bohnenkaffee | 164,6 | 158,9 | 156,1 | 147,5 | 153,3 | 151,4 |
| Schwarzer Tee | — | 26,7 | 26,2 | 23,6 | 25,0 | 25,7 |
| Kräuter-/Früchtetee | — | 44,5 | 45,8 | 50,3 | 50,8 | 51,3 |
| Milch (ab '10 Frischmilcherzeugnisse) | 91,0 | 89,9 | 90,9 | 85,1 | 84,9 | 84,4 |
| Insgesamt | 668,3 | 744,7 | 758,5 | 749,6 | 742,0 | 743,8 |

Statistisches Taschenbuch Gesundheit 2005, <http://www.bmelv-statistik.de>; Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft 2013

Tabelle 2.1.19 Aufwendungen für Nahrungsmittel, Getränke und Tabakwaren je Haushalt und Monat in Deutschland 1998 bis 2012

Ohne Haushalte von Selbstständigen und Landwirten/Landwirtinnen und ohne Haushalte mit einem monatlichen Haushaltsnettoeinkommen von 18.000 EUR und mehr. Die Daten sind in Einkommens- und Verbrauchsstichproben erhoben worden.

| | Aufwendungen je Haushalt und Monat in € | | | | | |
|--|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 2006 | 2007 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 |
| Private Konsumausgaben | 2089 | 2067 | 2156 | 2168 | 2252 | 2310 |
| Nahrungsmittel, Getränke u. Tabakwaren | 287 | 297 | 302 | 305 | 312 | 321 |
| | | | | 1998 | 2003 | 2008 |
| Nahrungsmittel, Getränke und Tabakwaren | | | | 262,0 | 272,3 | 289,8 |
| Nahrungsmittel | | | | 94,6 | 196,6 | 213,9 |
| Brot- u. Getreideerzeugnisse | | | | 36,4 | 36,6 | 40,3 |
| Fleisch u. Fleischwaren | | | | 49,7 | 47,1 | 48,9 |
| Fischwaren | | | | 5,9 | 6,7 | 7,9 |
| Molkereiprodukte u. Eier | | | | 30,5 | 31,8 | 36,6 |
| Speisefette u. Öle | | | | 6,5 | 5,6 | 5,9 |
| Obst | | | | 19,1 | 19,9 | 20,8 |
| Gemüse, Kartoffeln | | | | 22,3 | 23,3 | 25,8 |
| Zucker, Konfitüre, Schokolade und Süßwaren | | | | 15,9 | 16,9 | 17,7 |
| Alkoholfreie Getränke | | | | 28,2 | 30,8 | 31,7 |
| Kaffee, Tee, Kakao | | | | 10,6 | 8,44 | 10,0 |
| Alkoholische Getränke und Tabakwaren | | | | 39,3 | 44,9 | 44,2 |
| Alkoholische Getränke | | | | 24,9 | 27,3 | 26,3 |
| Tabakwaren | | | | 14,4 | 17,6 | 17,9 |
| Verzehr von Speisen und Getränken außer Haus, warme Fertiggerichte | | | | 83,8 | 86,7 | 57,8 |
| Erfasste Haushalte (Anzahl) | | | | 12.939 | 12.072 | 11.806 |
| Hochgerechnete Haushalte × 1000 | | | | 36.724 | 38.110 | 39.409 |

Destatis 2011; <http://www.bmeli-statistik.de>; <http://www.destatis.de>; Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft 2013

2.2 Kreislauferkrankungen und Sport

Tabelle 2.2.1 Daten im Überblick

Die Todesursachenstatistik umfasst alle im Berichtsjahr Gestorbenen ohne die Totgeborenen, die nachträglich beurkundeten Kriegssterbefälle und die gerichtlichen Todeserklärungen. Der Vergleich der Todesursachen wurde nach der ICD-Klassifikation durchgeführt.

Erläuterungen siehe Tab. 2.2.2 und 2.2.8

| | |
|--|--------------|
| Kreislauferkrankungen 2012 | |
| Anteil von Kreislauferkrankungen als Todesursache bei allen Gestorbenen (fast jeder zweite Sterbefall) | 45% |
| Anteil von über 65 Jährigen an den Gestorbenen mit Todesursache Kreislauferkrankungen | 92% |
| Sterbefälle auf Grund von Kreislauferkrankungen 2012 in Deutschland | 349.217 |
| Männer | 150.149 |
| Frauen | 199.068 |
| davon mit der häufigsten Diagnose ischämische Herzkrankheiten | 128.171 |
| Männer | 66.294 |
| Frauen | 61.877 |
| davon Krankheiten des Hirnblutsystems (zerebrovaskulär) | 59.925 |
| Männer | 23.286 |
| Frauen | 35.639 |
| davon Akuter Myokardinfarkt | 52.516 |
| Männer | 28.951 |
| Frauen | 23.565 |
| Beurteilung von Sportarten (Note 0 = schlecht, Note 5 = gut) | |
| Beurteilung von Sportarten nach der Gesundheit | |
| höchste Bewertung: Rudern/Triathlon und Fünfkampf | Note 3,2/2,9 |
| niedrigste Bewertung: Bungee-Jumping und Segelfliegen | Note 0,2 |
| Beurteilung von Sportarten nach der Fitness | |
| höchste Bewertung: Leichtathletik 5-Kampf und Squash | Note 3,8 |
| niedrigste Bewertung: Bungee-Jumping/Segelfliegen | Note 0,7/0,9 |
| Beurteilung von Sportarten nach der Schnelligkeit | |
| höchste Bewertung: Basketball, Squash, Volleyball, Karate/Teakwondo | Note 5,0 |
| niedrigste Bewertung: Eisstockschießen, Bungee-Jumping, Paragliding, Drachenfliegen, Segelfliegen | Note 0 |

Tabelle 2.2.2 Ausgewählte Krankheiten des Kreislaufsystems, Sterbefälle je 100.000 Einwohner in Deutschland 1990–2012

Die Daten der ersten Welle der DEGS-Studie* (Bundesgesundheitsblatt 2013) und des Bundesgesundheits-Survey[†] (Thefeld 2000) erlauben Aussagen über die Verbreitung von Herz-Kreislauf-Risikofaktoren in der erwachsenen deutschen Wohnbevölkerung. Dies sind erhöhte Werte des Gesamtcholesterins, erhöhter Blutdruck und tägliches Rauchen

- Jede/r fünfte Deutsche hat einen höheren Cholesterinwert als 240 mg/100 ml*.
- Fast jede/jeder Vierte ist schwer übergewichtig (Body-Mass-Index > 30 kg/m²)*.
- 18 % der Männer/13 % der Frauen weisen einen hohen Blutdruck auf*.
- 8,5 % der Frauen und 16,8 % der Männer zwischen 30 und 44 Jahren rauchen täglich ≥ 20 Zigaretten pro Tag*.
- Nur ein Drittel aller 18- bis 79-Jährigen haben keinen der Risikofaktoren[†].
- Etwa 40 % weisen einen Risikofaktor auf, ca. 20 % zwei Risikofaktoren[†].

Die Verbreitung der Risikofaktoren zeigt eine starke Abhängigkeit von der sozialen Schicht, zu der die Erfassten gehören.

In der Tabelle sind bei Krankheiten der Arterien auch Krankheiten der Arteriolen und der Kapillaren eingeschlossen. Unter Krankheiten des Hirnblutsystems werden Krankheiten des zerebrovaskulären Systems verstanden. Durch methodische Unterschiede können einzelne Angaben nicht verglichen werden[#].

Deutschland (Sterbefälle je 100.000 Einwohner)

| Jahr | Insge- samt | Blut- hoch- druck | Herz- krank- heiten | Akuter Herz- infarkt | Lungen- embolie | Krank- heiten d. Hirn- blutsyst. | Krank- heiten der Ar- terien | Arteri- enver- kal- kung |
|-------------|----------------|-------------------------|---------------------------|----------------------------|--------------------|---|---------------------------------------|-----------------------------------|
| 1990 | | | | | | | | |
| männl. | 503,8 | 17,7 | 221,9 | 127,6 | 6,0 | 98,9 | 47,3 | 34,7 |
| weibl. | 657,5 | 34,2 | 209,7 | 89,5 | 8,7 | 165,1 | 72,6 | 62,4 |
| insges. | 583,4 | 26,2 | 215,6 | 107,9 | 7,4 | 133,1 | 60,4 | 49,0 |
| 1997 | | | | | | | | |
| männl. | 428,8 | 11,5 | 211,4 | 114,1 | 5,9 | 83,9 | 24,6 | 12,8 |
| weibl. | 581,1 | 24,9 | 223,6 | 88,6 | 8,5 | 142,9 | 36,5 | 26,3 |
| insges. | 506,9 | 18,4 | 217,7 | 101,0 | 7,2 | 114,1 | 30,7 | 19,7 |
| 2004 | | | | | | | | |
| männl. | 377,9 | 19,8 | 181,7 | 82,6 | – | 62,4 | – | 22,6 |

Deutschland (Sterbefälle je 100.000 Einwohner)

| Jahr | Insge- samt | Blut- hoch- druck | Herz- krank- heiten | Akuter Herz- infarkt | Lungen- embolie | Krank- heiten d. Hirn- blutsyst. | Krank- heiten der Ar- terien | Arteri- enver- kal- kung |
|-------------|----------------|-------------------------|----------------------------------|----------------------------|--------------------|---|---|-----------------------------------|
| weibl. | 512,5 | 42,2 | 188,3 | 67,3 | – | 102,8 | – | 30,8 |
| insges. | 446,6 | 31,3 | 185,0 | 74,8 | – | 83,0 | – | 26,8 |
| 2012 | | | <i>#nur ischä- misch</i> | | | | <i>#Arte- rien, Arte- riolen, Kapil- lare</i> | |
| männl. | 372,8 | 26,8 | 164,6 | 71,9 | – | 57,8 | 20,9 | – |
| weibl. | 478,0 | 60,5 | 148,6 | 56,6 | – | 85,6 | 25,0 | – |
| insges. | 426,3 | 43,9 | 156,5 | 64,1 | – | 71,9 | 23,0 | – |

Statistisches Bundesamt 2013, <http://www.destatis.de>; Deutsches Grünes Kreuz, <http://www.dgk.de>

Tabelle 2.2.3 Ausgewählte Krankheiten des Kreislaufsystems, Sterbefälle je 100.000 Einwohner im früheren Bundesgebiet von 1965–1997

Nach dem Bundes-Gesundheitssurvey 1998 haben in der Bevölkerung (18–79 Jahre) 15,5% der Männer und 17,3% der Frauen jemals im Laufe ihres Lebens einen Schlaganfall erlitten. Bei Frauen ist ein starker Anstieg ab 60 Jahren, bei Männern ab 50 Jahren zu beobachten. Krankheiten der Arterien einschließlich Arteriolen und Kapillaren; Krankheiten des Hirnblutsystems sind solche des zerebrovaskulären Systems.

Das Gesundheitswesens 1999; Statistisches Bundesamt 2005; www.destatis.de

Früheres Bundesgebiet (Sterbefälle je 100.000 Einwohner)

| Jahr | Insge- samt | Blut- hoch- druck | Herz- krank- heiten | Aku- ter Herz- in- farkt | Lungen- embolie | Krank- heiten d. Hirn- blutsyst. | Krank- heiten der Arte- rien | Arte- rien- ver- kal- kung |
|-------------|------------------------|----------------------------------|------------------------------------|---|----------------------------|---|---|---|
| 1965 | | | | | | | | |
| männl. | 504,3 | 15,4 | 168,0 | — | 2,3 | 165,3 | 33,2 | 26,4 |
| weibl. | 476,2 | 26,0 | 81,2 | — | 2,6 | 198,1 | 34,7 | 29,1 |
| insges. | 489,6 | 21,0 | 122,5 | — | 2,5 | 182,5 | 34,0 | 27,8 |
| 1970 | | | | | | | | |
| männl. | 531,6 | 14,5 | 214,7 | 148,6 | 3,1 | 155,5 | 28,6 | 15,8 |
| weibl. | 536,9 | 26,2 | 137,1 | 71,8 | 3,9 | 194,6 | 30,3 | 20,0 |
| insges. | 534,4 | 20,6 | 174,0 | 108,3 | 3,5 | 176,0 | 29,5 | 18,0 |
| 1980 | | | | | | | | |
| männl. | 556,4 | 15,5 | 246,1 | 174,9 | 4,3 | 136,9 | 29,1 | 18,0 |
| weibl. | 609,1 | 30,3 | 177,6 | 101,7 | 5,4 | 193,0 | 33,4 | 25,9 |
| insges. | 583,9 | 23,3 | 210,4 | 136,7 | 4,9 | 166,2 | 31,3 | 22,1 |
| 1990 | | | | | | | | |
| männl. | 476,9 | 8,7 | 223,8 | 136,8 | 5,6 | 99,6 | 30,6 | 16,3 |
| weibl. | 615,3 | 19,1 | 210,2 | 98,9 | 8,5 | 164,6 | 43,0 | 31,3 |
| insges. | 548,4 | 14,1 | 216,8 | 117,2 | 7,1 | 133,2 | 37,0 | 24,0 |
| 1993 | | | | | | | | |
| männl. | 445,7 | 9,9 | 211,4 | 121,3 | 5,3 | 89,3 | 28,8 | 15,6 |
| weibl. | 593,5 | 21,5 | 206,8 | 90,4 | 7,7 | 152,2 | 42,2 | 31,1 |
| insges. | 521,4 | 15,8 | 209,0 | 105,5 | 6,5 | 121,5 | 35,7 | 23,5 |
| 1995 | | | | | | | | |
| männl. | 419,7 | 11,1 | 200,3 | 109,3 | 5,9 | 80,2 | 24,3 | 11,5 |
| weibl. | 562,1 | 24,1 | 203,9 | 85,9 | 8,7 | 133,4 | 34,8 | 23,5 |
| insges. | 492,7 | 17,7 | 202,2 | 97,3 | 7,3 | 107,5 | 29,7 | 17,7 |
| 1997 | | | | | | | | |
| männl. | 420,0 | 11,1 | 200,3 | 109,3 | 5,9 | 80,2 | 24,3 | 11,5 |
| weibl. | 562,6 | 24,1 | 203,9 | 85,9 | 8,7 | 133,4 | 34,8 | 23,5 |
| insges. | 493,1 | 17,8 | 202,2 | 97,3 | 7,3 | 107,5 | 29,7 | 17,7 |

Tabelle 2.2.4 Ausgewählte Krankheiten des Kreislaufsystems im internationalen Vergleich zu Deutschland

Im Bundes-Gesundheitssurvey 1998 wurde untersucht, wie viele Patienten als Hypertoniker (Blutdruck $> 160/95$ mmHg und antihypertensive Therapie) im internationalen Vergleich behandelt werden müssen.

Bei den erfassten Daten ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Erhebungsmethoden in den verschiedenen Ländern zum Teil variieren. Grundlage der Erhebungen ist die internationale Klassifikation der Krankheiten ICD-10.

Verglichen wurden 5 europäische Länder (Deutschland, England, Italien, Schweden und Spanien) und 2 nordamerikanischen Länder (USA und Kanada).

Von den 35- bis 64-Jährigen galten bei einem Grenzwert von 160/95 mmHg als Hypertoniker: in den USA 66 %, in Kanada 49 % und in Europa 23 %–38 %, in Deutschland 25 %).

Krankheiten des Hirnblutsystems (zerebrovaskuläres System) betreffen die Blutgefäße des Gehirns und damit auch die Durchblutung.

Sterbefälle je 100.000 Einwohner im Jahr 2011

| Land | Krankheiten des Kreislaufsystems | Herzkrankheiten | Bluthochdruck | Akuter Herzinfarkt | Krankheiten des Hirnblutsystems |
|-----------------------------|----------------------------------|-----------------|---------------|--------------------|---------------------------------|
| Belgien | 311,3 | 110,8 | 5,6 | 77,6 | 98,9 |
| Dänemark | 293,8 | 242,7 | 6,6 | 117,1 | 106,1 |
| Deutschland | 406,1 | 217,7 | 18,4 | 101,0 | 114,1 |
| Finnland | 422,1 | 267,7 | 7,0 | 166,4 | 121,3 |
| Frankreich | 222,7 | 80,2 | 10,2 | 49,3 | 75,0 |
| Griechenland | 445,5 | 121,4 | 10,0 | 88,1 | 182,0 |
| Vereinigtes Königreich (UK) | 284,9 | 263,3 | 5,7 | 148,7 | 119,5 |
| Italien | 343,8 | 129,2 | 28,6 | 68,2 | 130,1 |
| Luxemburg | 365,9 | 115,5 | 12,3 | 44,7 | 118,4 |
| Niederlande | 293,4 | 133,9 | 5,0 | 101,3 | 80,2 |
| Österreich | 437,3 | 211,6 | 15,8 | 105,7 | 122,5 |
| Portugal | 315,7 | 92,6 | 7,7 | 68,4 | 238,8 |
| Schweden | 376,2 | 273,0 | 7,7 | 165,6 | 113,2 |
| Spanien | 271,8 | 91,1 | 9,6 | 62,8 | 104,0 |

Daten des Gesundheitswesens 1999; Statistisches Bundesamt 2005; www.destatis.de
<http://appsso.eurostat.ec.europa.eu>

Tabelle 2.2.5 Das Risiko, durch einen erhöhten Blutdruck an Herzkrankheiten zu erkranken: Häufigkeit der Blutdruckklassen in der Bevölkerung

Bluthochdruck (Hypertonie) ist eine krankhafte Steigerung des Drucks in den Arterien. Ein idealer Blutdruck liegt bei 120/80 mmHg.

Das Risiko an Bluthochdruck zu erkranken, ist bei Männern mit knapp 30% höher als bei Frauen (26,9%) und im Osten von Deutschland jeweils höher als im Westen. Seit 1991 ist ein Anstieg der Häufigkeit im Westen und eine Abnahme im Osten zu beobachten, was offensichtlich zu einer Annäherung der Werte der beiden Regionen führt.

Risikoklassen nach Empfehlungen der Welt-Gesundheits-Organisation (WHO):

| | |
|----------------|--|
| Normal: | Systole < 140 mmHg und/oder Diastole < 90 mmHg |
| Grenzwertig: | Systole < 140–159 mmHg und/oder Diastole < 90–94 mmHg |
| Bluthochdruck: | Systole > 140 mmHg und/oder Diastole > 90 mmHg |
| Kontrolliert: | Systole < 160 mmHg und Diastole < 95 mmHg sowie Einnahme von Antihypertonika (Arzneimittel zur Senkung eines pathologisch erhöhten Blutdrucks) |

Repräsentative Stichproben des Nationalen Gesundheits-Surveys von 1998 in Deutschland. Daten des Gesundheitswesens 1999; Statistisches Bundesamt 2005; www.destatis.de

Häufigkeit in % der Stichproben 1998

| | Zahl der Stichproben | Normaler Blutdruck | Grenzwertiger Blutdruck | Bluthochdruck | Kontrollierter Bluthochdruck |
|----------------|----------------------|--------------------|-------------------------|---------------|------------------------------|
| Gesamt: | | | | | |
| Insgesamt | 7100 | 53,9 | 15,9 | 22,9 | 7,3 |
| Männer | 3455 | 49,7 | 19,5 | 24,5 | 6,3 |
| Frauen | 3645 | 57,9 | 12,5 | 21,5 | 8,1 |
| Männer: | | | | | |
| 18–19 Jahre | 98 | 84,5 | 14,9 | 0,0 | 0,6 |
| 20–29 Jahre | 558 | 76,5 | 18,5 | 4,4 | 0,6 |
| 30–39 Jahre | 792 | 64,8 | 18,4 | 15,2 | 1,6 |
| 40–49 Jahre | 649 | 52,5 | 19,5 | 26,3 | 1,7 |
| 50–59 Jahre | 596 | 32,5 | 2,5 | 36,1 | 8,8 |
| 60–69 Jahre | 505 | 22,9 | 21,1 | 40,1 | 15,9 |
| 70–79 Jahre | 257 | 16,9 | 16,2 | 43,9 | 23,0 |

| Häufigkeit in % der Stichproben 1998 | | | | | |
|--------------------------------------|----------------------|--------------------|-------------------------|---------------|------------------------------|
| | Zahl der Stichproben | Normaler Blutdruck | Grenzwertiger Blutdruck | Bluthochdruck | Kontrollierter Bluthochdruck |
| Frauen: | | | | | |
| 18–19 Jahre | 94 | 96,2 | 2,8 | 0,5 | 0,5 |
| 20–29 Jahre | 536 | 93,1 | 4,1 | 2,3 | 0,5 |
| 30–39 Jahre | 763 | 83,8 | 7,8 | 7,1 | 1,3 |
| 40–49 Jahre | 632 | 66,6 | 12,9 | 15,7 | 4,8 |
| 50–59 Jahre | 607 | 42,3 | 19,1 | 29,7 | 8,9 |
| 60–69 Jahre | 560 | 22,4 | 20,1 | 41,4 | 16,1 |
| 70–79 Jahre | 453 | 17,7 | 13,2 | 45,1 | 24,0 |

Repräsentative Stichproben des Nationalen Gesundheits-Surveys von 1998 in Deutschland. Daten des Gesundheitswesens 1999; Statistisches Bundesamt 2005; www.destatis.de

Tabelle 2.2.6 Das Risiko, durch erhöhte Cholesterinwerte an Kreislauferkrankungen zu erkranken: Gesamtserumcholesterinspiegel und HDL-Cholesterin, Risikoklassen

Obwohl die Grenzwerte der Hypercholesterinämie unter Experten heftig diskutiert werden, sind erhöhte Cholesterinwerte als Risikofaktor für Herz-Kreislauf-Krankheiten unumstritten. Die unten angegebenen Empfehlungen der europäischen Gesellschaften für Kardiologie, Arteriosklerose und Hypertonie können als Richtwerte nur dann praxisgerecht sein, wenn das Gesamtrisikoprofil eines Patienten einschließlich seiner familiären Belastung bei der Risikobeurteilung mit einbezogen wird. Es gilt als gesichert, dass hohe HDL-Cholesterinwerte ein verminderteres Risiko anzeigen.

Repräsentative Stichproben (6737 Fälle) des Nationalen Gesundheits-Survey 1998. Risikoklassen (Empfehlungen der European Atherosclerosis Society, EAS).

| | | |
|------------------------|---------------------------------|----------------------------|
| Normal: | Gesamt-Chol.: <200 mg/dl | HDL-Chol.: >35 mg/dl |
| Risikoverdächtig: | Gesamt-Chol.: 200 bis 250 mg/dl | HDL-Chol.: ≥ 35 mg/dl |
| Erhöhtes Risiko: | Gesamt-Chol.: ≥ 250 mg/dl | HDL-Chol.: |
| Stark erhöhtes Risiko: | Gesamt-Chol.: ≥ 300 mg/dl | HDL-Chol.: |

Daten des Gesundheitswesens 1999; Statistisches Bundesamt 2005; www.destatis.de

| | Häufigkeit in % der Bevölkerung 1998 | | | | | |
|---------------|---|--------------------------|------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|
| | Gesamtcholesterin | | | | HDL-Cholesterin | |
| | Normal | Risiko-verdächtig | Erhöhtes Risiko | Stark erh. Risiko | Normal | Risiko-verdächtig |
| Gesamt | | | | | | |
| Insgesamt | 26,2 | 40,2 | 24,8 | 8,8 | 90,4 | 9,6 |
| Männer | 27,4 | 40,4 | 23,9 | 8,3 | 84,1 | 15,9 |
| Frauen | 25,1 | 40,0 | 25,7 | 9,2 | 96,4 | 3,6 |
| Männer | | | | | | |
| 18–19 Jahre | 84,0 | 15,2 | 0,8 | 0,0 | 81,5 | 18,5 |
| 20–29 Jahre | 58,5 | 32,2 | 7,6 | 1,7 | 84,6 | 15,4 |
| 30–39 Jahre | 29,9 | 45,0 | 19,9 | 5,2 | 84,6 | 15,4 |
| 40–49 Jahre | 16,3 | 42,7 | 29,5 | 11,5 | 82,7 | 17,3 |
| 50–59 Jahre | 14,3 | 42,7 | 33,2 | 9,8 | 84,9 | 15,1 |
| 60–69 Jahre | 13,1 | 42,6 | 31,5 | 12,8 | 86,2 | 13,8 |
| 70–79 Jahre | 19,2 | 36,3 | 29,8 | 14,7 | 79,3 | 20,7 |
| Frauen | | | | | | |
| 18–19 Jahre | 73,6 | 21,0 | 5,4 | 0,0 | 91,3 | 8,7 |
| 20–29 Jahre | 46,6 | 41,4 | 11,3 | 0,7 | 98,1 | 1,9 |
| 30–39 Jahre | 38,5 | 46,3 | 11,8 | 3,4 | 94,9 | 5,1 |
| 40–49 Jahre | 26,0 | 47,9 | 21,6 | 4,5 | 97,4 | 2,6 |
| 50–59 Jahre | 10,1 | 39,0 | 37,6 | 13,3 | 97,7 | 2,3 |
| 60–69 Jahre | 5,8 | 29,4 | 43,4 | 21,4 | 97,5 | 2,5 |
| 70–79 Jahre | 9,1 | 34,4 | 38,9 | 17,6 | 93,7 | 6,3 |

Daten des Gesundheitswesens 1999; Statistisches Bundesamt 2005; www.destatis.de

Tabelle 2.2.7 Beurteilung ausgewählter Trendsportarten nach sportmedizinischen Gesichtspunkten

Sport kann Symptome von Krankheiten lindern oder durch die allgemeine Verbesserung der körperlichen Konstitution den Heilungsverlauf begünstigen. Allerdings ist nicht jede Sportart für jeden geeignet. In der Tabelle werden Sportarten unter medizinischen Gesichtspunkten bewertet. Die Sportarten werden in den einzelnen Kategorien mit null bis maximal drei Punkten bewertet.

| | Muskeltraining | | | | | Bewegungsanteil | | Herz- |
|----------------------|----------------|--------------------|---------------|------------------------|-------------------|-----------------|----------------|----------------|
| | Kraft | Schnell- igkeit | Aus- dauer | Koor- dinati- on | Flexi- bilität | sta- tisch | dyna- misch | Kreis- lauf |
| Aerobic | 1 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 |
| Badmin- ton | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 1 | 3 | 2 |
| Ballett/ Tanz | 1 | 1 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 |
| Basket- ball | 3 | 2 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 3 |
| Bodybuil- ding | 3 | 2 | 3 | 2 | 1 | 3 | 1 | 1 |
| Bungee- Jumping | 1 | 1 | – | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 |
| Eislauf | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Fechten | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 |
| Freeclim- bing | 3 | 1 | 3 | 3 | 2 | 3 | 1 | 2 |
| Fußball | 2 | 2 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 2 |
| Golf | 1 | 2 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Gymnastik | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 1 | 1/2 |
| Handball | 3 | 3 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 2 |
| Inline- Skating | 2 | 2 | 3 | 3 | 1 | 2 | 3 | 3 |
| Joggen | 1 | 2 | 3 | 2 | 1 | 1 | 3 | 3 |
| Judo/Ka- rate | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 1 | 1 |
| Kegeln/ Bowling | 2 | 2 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Klettern | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 1 | 2 |
| Mountai- n biking | 3 | 2 | 3 | 3 | 1 | 3 | 3 | 2 |
| Para- gliding | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 3 | 1 | 1 |

| | Muskeltraining | | | | | | Bewegungsanteil | | Herz- |
|-------------------|----------------|--------------------|---------------|------------------------|-------------------|---------------|-----------------|----------------|-------|
| | Kraft | Schnell- igkeit | Aus- dauer | Koor- dinati- on | Flexi- bilität | sta- tisch | dyna- misch | Kreis- lauf | |
| Radfah- ren | 2 | 3 | 3 | 3 | 1 | 3 | 3 | 3 | |
| Reiten | 2 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 1 | 1 | |
| Rudern | 3 | 2 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 3 | |
| Schwim- men | 2 | 1 | 3 | 3 | 1 | 2 | 3 | 3 | |
| Segeln | 2 | 1 | 2 | 3 | 1 | 3 | 1 | 1 | |
| Ski alpin | 2 | 2 | 2 | 3 | 1 | 3 | 2 | 1 | |
| Ski- Langlauf | 3 | 1 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 3 | |
| Snow- boarding | 2 | 2 | 3 | 3 | 1 | 3 | 2 | 1 | |
| Surfen | 3 | 1 | 3 | 3 | 1 | 2 | 2 | 1 | |
| Squash | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 1 | 3 | 2 | |
| Tauchen | 2 | 1 | 1 | 3 | 1 | 2 | 1 | 3 | |
| Tennis | 3 | 2 | 3 | 3 | 1 | 1 | 3 | 1 | |
| Tischten- nis | 1 | 2 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | |
| Turnen | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | |
| Volleyball | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 1 | 2 | 2 | |
| Wasserski | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 3 | 1 | 1 | |

Trendsportarten im Vergleich; Deutsches Grünes Kreuz 2005; www.dgk.de

Tabelle 2.2.8 Gesamtbeurteilung ausgewählter Sportarten

Die Angaben beruhen auf Analysen entsprechender Fachliteratur und ergänzenden Untersuchungen am Institut für Sportwissenschaften der Universität in Wien unter der Leitung von Prof. R. Sobotka. Die Sportarten werden in den einzelnen Kategorien mit den Noten 0 = schlecht bis 5 = gut bewertet.

Bei der Note Fitness werden die in der Tab. 2.2.8 zusammengefassten sportmedizinischen Kriterien berücksichtigt, wobei Ausdauer und Koordination höher gewertet werden als Gelenkigkeit und Schnelligkeit.

Die Note Sicherheit setzt sich aus dem Verletzungsrisiko und der Schwere der auftretenden Verletzungen zusammen, die Note Gesundheit wird aus den Noten für Fitness und Sicherheit mit unterschiedlicher Gewichtung berechnet.

In der Note Umwelt sind die Kriterien aus der Tab. 2.2.9 zusammengefasst.

| | | Fitness (1) | Sicher- heit (2) | Gesund- heit (3) | Umwelt (4) | Gesamt (3+4) |
|----|-----------------------------|------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------|-------------------------|
| 1 | Triathlon | 3,6 | 3,3 | 2,9 | 4,2 | 7,1 |
| 2 | Rudern | 3,7 | 4,0 | 3,2 | 3,7 | 6,9 |
| 3 | Leichtathletik (Fünfkampf) | 3,8 | 3,0 | 2,9 | 3,7 | 6,6 |
| 4 | Gelände-, Orientierungslauf | 3,6 | 2,7 | 2,6 | 3,9 | 6,5 |
| 5 | Radfahren | 3,0 | 3,3 | 2,4 | 3,9 | 6,3 |
| 6 | Tischtennis | 2,3 | 4,3 | 2,1 | 4,2 | 6,3 |
| 7 | Skilanglauf | 2,9 | 4,0 | 2,5 | 3,7 | 6,2 |
| 8 | Turnen (Boden-Gymnastik) | 3,2 | 2,7 | 2,3 | 3,9 | 6,2 |
| 9 | Jogging | 2,4 | 3,7 | 2,0 | 4,2 | 6,2 |
| 10 | Skateboard | 2,4 | 2,7 | 1,7 | 4,4 | 6,1 |
| 11 | Schwimmen | 3,1 | 4,3 | 2,8 | 3,2 | 6,0 |
| 12 | Aikido | 2,7 | 3,3 | 2,1 | 3,9 | 6,0 |
| 13 | Badminton | 2,4 | 3,3 | 1,9 | 4,1 | 6,0 |
| 14 | Inline-Skating/Rollschuhe | 2,2 | 2,7 | 1,6 | 4,4 | 6,0 |
| 15 | Basketball | 3,1 | 2,7 | 1,9 | 3,9 | 5,8 |
| 16 | Volleyball | 2,7 | 2,7 | 1,9 | 3,9 | 5,8 |
| 17 | Eisstockschießen | 1,8 | 4,3 | 1,7 | 4,1 | 5,8 |
| 18 | Tennis | 3,0 | 2,7 | 2,1 | 3,6 | 5,7 |
| 19 | Squash | 3,8 | 2,3 | 1,8 | 3,9 | 5,7 |
| 20 | Fitness/Aerobic | 2,9 | 4,0 | 2,5 | 3,1 | 5,6 |
| 21 | Handball | 3,4 | 2,3 | 1,6 | 3,9 | 5,5 |
| 22 | Tanzen | 1,9 | 3,7 | 1,6 | 3,9 | 5,5 |
| 23 | Judo/Jiu-Jitsu | 3,3 | 2,3 | 1,5 | 3,9 | 5,4 |
| 24 | Karate/Teakwondo | 3,1 | 2,3 | 1,4 | 3,9 | 5,3 |

| | | Fitness (1) | Sicher- heit (2) | Gesund- heit (3) | Umwelt (4) | Gesamt (3+4) |
|----|---------------------------------|------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------|-------------------------|
| 25 | Kegeln/Bowling | 1,4 | 4,3 | 1,3 | 3,8 | 5,1 |
| 26 | Wandern | 2,7 | 2,7 | 1,9 | 3,1 | 5,0 |
| 27 | Wasserski | 2,1 | 3,3 | 1,7 | 3,2 | 4,9 |
| 28 | Mountainbiken | 3,0 | 2,3 | 1,4 | 3,5 | 4,9 |
| 29 | Fußball | 3,2 | 1,3 | 0,9 | 4,0 | 4,9 |
| 30 | Eislaufen | 1,9 | 3,3 | 1,5 | 3,2 | 4,7 |
| 31 | Boxen | 3,5 | 1,0 | 0,7 | 3,9 | 4,6 |
| 32 | Golf | 2,3 | 4,3 | 2,1 | 2,4 | 4,5 |
| 33 | Krafttraining/Body- building | 2,0 | 2,7 | 1,4 | 3,1 | 4,5 |
| 34 | Reiten | 2,2 | 3,3 | 1,7 | 2,6 | 4,3 |
| 35 | Windsurfen | 2,3 | 2,7 | 1,6 | 2,7 | 4,3 |
| 36 | Bungee-Jumping | 0,7 | 1,7 | 0,2 | 4,0 | 4,2 |
| 37 | Eishockey | 3,5 | 1,3 | 1,1 | 3,0 | 4,1 |
| 38 | Skitouren | 3,6 | 2,0 | 1,4 | 2,5 | 3,9 |
| 39 | Klettern | 3,6 | 1,3 | 1,0 | 2,9 | 3,9 |
| 40 | Kanusport/Wildwa- sser | 3,5 | 1,7 | 1,2 | 2,5 | 3,7 |
| 41 | Segeln | 1,9 | 2,7 | 1,3 | 2,1 | 3,4 |
| 42 | Skilaufen | 2,4 | 3,3 | 1,9 | 1,4 | 3,3 |
| 43 | Rafting | 1,7 | 2,0 | 0,7 | 2,5 | 3,2 |
| 44 | Paragliding | 1,5 | 0,7 | 0,2 | 2,9 | 3,1 |
| 45 | Tauchen | 1,5 | 1,7 | 0,5 | 2,4 | 2,9 |
| 46 | Drachenfliegen | 2,1 | 0,7 | 0,3 | 2,4 | 2,7 |
| 47 | Skifahren abseits der Piste | 2,7 | 2,3 | 1,3 | 1,2 | 2,5 |
| 48 | Snowboard | 2,4 | 2,0 | 1,0 | 1,4 | 2,4 |
| 49 | Fallschirmspringen | 1,3 | 1,3 | 0,3 | 1,5 | 1,8 |
| 50 | Segelfliegen | 0,9 | 1,3 | 0,2 | 1,2 | 1,4 |

Tabelle 2.2.9 Beurteilung ausgewählter Sportarten nach der Umweltverträglichkeit

Erläuterungen siehe Tab. 2.2.8. Bewertung nach Noten: 0 = schlecht, 5 = gut.

Unter Abfall werden auch Emissionen und Abwässer einbezogen. Die Gefährdung bezieht sich auf eine Gefährdung von Mensch und Natur.

| | | Energieverbrauch (1) | Ressourcenverbr. (2) | Land-schaftsverbr. (3) | Abfall (4) | Gefährdung (5) | Umwelt (1–5) |
|----|--------------------|----------------------|----------------------|------------------------|------------|----------------|--------------|
| 1 | Triathlon | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 4,2 |
| 2 | Rudern | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 3,7 |
| 3 | Fünfkampf | 2 | 1 | 2 | 1 | 0 | 3,7 |
| 4 | Geländelauf | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 3,9 |
| 5 | Radfahren | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 3,9 |
| 6 | Tischtennis | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 4,2 |
| 7 | Skilanglauf | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3,7 |
| 8 | Turnen (Gymnastik) | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 3,9 |
| 9 | Jogging | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 4,2 |
| 10 | Skateboard | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 4,4 |
| 11 | Schwimmen | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 3,2 |
| 12 | Aikido | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 3,9 |
| 13 | Badminton | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 4,1 |
| 14 | Inline-Skating | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 4,4 |
| 15 | Basketball | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 3,9 |
| 16 | Volleyball | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 3,9 |
| 17 | Eisstockschießen | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 4,1 |
| 18 | Tennis | 2 | 1 | 1 | 2 | 0 | 3,6 |
| 19 | Squash | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 3,9 |
| 20 | Fitness/Aerobic | 3 | 2 | 1 | 2 | 0 | 3,1 |
| 21 | Handball | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 3,9 |
| 22 | Tanzen | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 3,9 |

| | | Ener-giever-brauch (1) | Res-sour-cenver-br. (2) | Land-schafts-verbr. (3) | Abfall (4) | Gefähr-dung (5) | Umwelt (1-5) |
|----|------------------|---------------------------|-------------------------|----------------------------|---------------|--------------------|-----------------|
| 23 | Judo/Jiu-Jitsu | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 3,9 |
| 24 | Karate/Teakwondo | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 3,9 |
| 25 | Kegeln/Bowling | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 | 3,8 |
| 26 | Wandern | 3 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3,1 |
| 27 | Wasserski | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 3,2 |
| 28 | Mountain-biking | 1 | 2 | 1 | 1 | 3 | 3,5 |
| 29 | Fußball | 1 | 1 | 2 | 1 | 0 | 4,0 |
| 30 | Eislaufen | 2 | 2 | 2 | 2 | 0 | 3,2 |
| 31 | Boxen | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 3,9 |
| 32 | Golf | 3 | 2 | 4 | 3 | 1 | 2,4 |
| 33 | Krafttraining | 3 | 2 | 1 | 2 | 0 | 3,1 |
| 34 | Reiten | 2 | 3 | 1 | 3 | 2 | 2,6 |
| 35 | Windsurfen | 3 | 3 | 1 | 2 | 1 | 2,7 |
| 36 | Bungee-Jumping | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 4,0 |
| 37 | Eishockey | 2 | 3 | 2 | 2 | 0 | 3,0 |
| 38 | Skitouren | 3 | 2 | 2 | 2 | 4 | 2,5 |
| 39 | Klettern | 3 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2,9 |
| 40 | Kanu/Wildwasser | 4 | 2 | 1 | 2 | 3 | 2,5 |
| 41 | Segeln | 3 | 4 | 1 | 3 | 2 | 2,1 |
| 42 | Skilaufen | 5 | 3 | 4 | 3 | 3 | 1,4 |
| 43 | Rafting | 4 | 2 | 1 | 2 | 3 | 2,5 |
| 44 | Paragliding | 3 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2,9 |
| 45 | Tauchen | 3 | 3 | 1 | 3 | 2 | 2,4 |
| 46 | Drachenfliegen | 4 | 3 | 1 | 2 | 2 | 2,4 |
| 47 | Tiefschneefahren | 5 | 3 | 4 | 3 | 4 | 1,2 |

| | | Energieverbrauch (1) | Ressourcenverbr. (2) | Land-schaftsverbr. (3) | Abfall (4) | Gefährdung (5) | Umwelt (1–5) |
|----|--------------------|----------------------|----------------------|------------------------|------------|----------------|--------------|
| 48 | Snowboard | 5 | 3 | 4 | 3 | 3 | 1,4 |
| 49 | Fallschirmspringen | 5 | 3 | 3 | 4 | 1 | 1,5 |
| 50 | Segelfliegen | 5 | 4 | 3 | 4 | 1 | 1,2 |

Focus 38/1995

Tabelle 2.2.10 Veränderung biochemischer Parameter im Blut vor und nach einem 800-m-Lauf

Die Angaben stellen Mittelwerte am Beispiel einer aus 25 untrainierten Mädchen bestehenden Altersgruppe von 8–9 Jahren dar.

Abkürzungen: BE = Basenüberschusswerte (base-excess); Hb = Hämoglobinwerte

Nach einer Erholungsphase von

| | In Ruhe | Nach Laufende | 3 min | 10 min | 20 min | 30 min |
|--|---------|---------------|--------|--------|--------|--------|
| pH-Wert | 7,42 | 7,21 | 7,22 | 7,28 | 7,34 | 7,38 |
| Kohlenstoffdioxid-partiellaldruck pCO_2 [Torr] | 35,17 | 31,29 | 30,41 | 29,46 | 30,52 | 32,27 |
| BE voll oxidiert [mVal/l] | -1,29 | -14,92 | -14,83 | -11,97 | -7,79 | -4,79 |
| HCO_3^- [mVal/l] standardisiert | 23,35 | 13,53 | 13,52 | 15,44 | 18,30 | 20,56 |
| Hb [g/100 ml] | 13,53 | 14,05 | 13,96 | 13,74 | 13,65 | 13,53 |
| Sauerstoffpartialdruck pO_2 [Torr] | 89,03 | 94,20 | 97,88 | 90,79 | 86,04 | 84,13 |

Nach einer Erholungsphase von

| | In Ruhe | Nach Laufende | 3 min | 10 min | 20 min | 30 min |
|--|----------------|----------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| Sauerstoffsättigungswert sO ₂ [%] | 96,85 | 95,63 | 96,37 | 96,06 | 96,17 | 96,27 |
| Laktat [mmol/l] | 1,24 | 11,45 | 11,05 | 9,16 | 6,50 | 4,56 |
| Glukose [mmol/l] | 5,64 | 6,65 | 7,13 | 6,50 | 5,56 | 5,16 |

Klimt 1992

Tabelle 2.2.11 Sportliche Leistungen bei Frauen und Männern im Vergleich

GR = Geschlechterrelation (bei Zeitangaben reziproke Werte). GR 93,7 bedeutet: Frauen erbringen 93,7 % der Leistung der Männer.

Als Vergleichsdaten wurden die Weltrekordleistungen von 1990 herangezogen.

| Disziplin | Frauen | Männer | GR |
|-------------------------|---------------|---------------|-----------|
| 100 m-Lauf | 10,49 s | 9,83 s | 93,7 |
| 200 m-Lauf | 21,34 s | 19,72 s | 92,4 |
| 400 m-Lauf | 47,60 s | 43,29 s | 90,9 |
| 800 m-Lauf | 1:53,28 min | 1:41,73 min | 89,8 |
| 1500 m-Lauf | 3:52,50 min | 3:29,46 min | 90,1 |
| 10.000 m-Lauf | 30:13,7 min | 27:08,2 min | 89,8 |
| Marathon-Lauf | 2:21:06 h | 2:06:56 h | 90,0 |
| 400 m-Hürden | 52,96 s | 47,02 s | 88,8 |
| Hochsprung | 2,09 m | 2,43 m | 86,0 |
| Weitsprung | 7,52 m | 8,90 m | 84,5 |
| 100 m-Freistilschwimmen | 54,73 s | 48,42 s | 88,5 |
| 200 m-Freistilschwimmen | 1:57,55 min | 1:46,49 min | 90,8 |
| 400 m-Freistilschwimmen | 4:03,85 min | 3:46,95 min | 93,1 |

Knußmann 1996

Tabelle 2.2.12 Trainingsempfehlungen nach Altersstufen und Geschlecht

Bei „vorsichtigem Trainingsbeginn“ wird von 1–2, bei „gesteigertem Training“ von 2–5 maligem wöchentlichen Training ausgegangen.

| | | Altersstufen in Jahren | | | |
|--------------------------|----------|------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| | | Vorsichtiger Beginn | Gesteigertes Training | Hochleistungstraining | Fortlaufendes Training |
| Maximalkraft | männlich | 14–16 | 16–18 | 18–20 | ab 20 |
| | weiblich | 12–14 | 14–16 | 16–18 | ab 18 |
| Schnellkraft | männlich | 12–14 | 14–16 | 16–18 | ab 18 |
| | weiblich | 10–12 | 12–14 | 14–16 | ab 16 |
| Kraftausdauer | männlich | 14–16 | 16–18 | 18–20 | ab 20 |
| | weiblich | 12–14 | 14–16 | 16–18 | ab 18 |
| Aerobe Ausdauer | männlich | 8–12 | 12–16 | 16–18 | ab 18 |
| | weiblich | 8–12 | 12–16 | 16–18 | ab 18 |
| Anaerobe Ausdauer | männlich | 14–16 | 16–18 | 18–20 | ab 20 |
| | weiblich | 12–14 | 14–16 | 16–18 | ab 18 |
| Reaktionsschnelligkeit | männlich | 8–12 | 12–16 | 16–18 | ab 18 |
| | weiblich | 8–12 | 12–16 | 16–18 | ab 18 |
| Azyklische Schnelligkeit | männlich | 12–14 | 14–16 | 16–18 | ab 18 |
| | weiblich | 10–12 | 12–16 | 16–18 | ab 18 |
| Zyklische Schnelligkeit | männlich | 12–14 | 14–16 | 16–18 | ab 18 |
| | weiblich | 10–12 | 12–16 | 16–18 | ab 18 |
| Gelenkigkeit | männlich | – | 5–12 | 12–14 | ab 14 |
| | weiblich | – | 5–12 | 12–14 | ab 14 |

Klimt 1992 nach Grosser 1986; Bach et al. 2015

2.3 Alkohol, Tabak, illegale Drogen und Medikamente

Tabelle 2.3.1 Alkohol – Konsum und Folgen

Mit Alkohol bezeichnet man im allgemeinen Sprachgebrauch den Äthylalkohol, der durch Vergärung von Zucker aus unterschiedlichen Grundstoffen gewonnen wird und berauschende Wirkung hat. Der Begriff geht auf das arabische Wort „*al-kuhl*“ zurück und wurde aus dem Spanischen in der Bedeutung „feines Pulver“ übernommen, wobei damit die flüchtigen (feinen) Bestandteile des Weines gemeint waren.

Der Erwerb, Besitz und Handel mit Alkohol als Suchtmittel ist für Erwachsene legal.

Alkohol in Deutschland

| | |
|--|---|
| Riskanter Alkoholkonsum bei Männern | ab 30 g reinem Alkohol pro Tag 1 Glas Wein 0,2 Liter = 16 g Alkohol 1 Glas Bier 0,33 Liter = 13 g Alkohol |
| Riskanter Alkoholkonsum bei Frauen | ab 20 g reinem Alkohol pro Tag 1 Glas Sherry 0,1 Liter = 16 g Alkohol 1 Glas Whisky 0,02 Liter = 7 g Alkohol 1 Glas Likör 0,02 Liter = 5 g Alkohol |
| Abstinenz in der Bevölkerung | |
| lebenslang | Männer: 2,9%, Frauen: 3,6% |
| im Jahr 2009 | 7,3% |
| 12–17-Jährige (30-Tage-Prävalenz) | 58% |
| Risikoarme Menge Alkohol (nach DHS) | |
| Männer | weniger als 30 g/Tag |
| Frauen | weniger als 20 g/Tag |
| Risikoarmer Konsum in der Bevölkerung | |
| 18–64-Jährige | ~30,9 Millionen |
| Riskanter Konsum in der Bevölkerung | |
| 18–64-Jährige | ~7,4 Millionen |
| Verhältnis Männer zu Frauen | 2–3 mal mehr Männer als Frauen |
| 12–17-Jährige | 8,2% |

Alkohol in Deutschland

| | |
|---|---|
| Alkoholmissbrauch | |
| 18–64-Jährige | ~1,6 Millionen |
| Alkoholabhängigkeit | |
| 18–64-Jährige | ~1,8 Millionen Männer: 1,25 Mio, Frauen: 519.000 |
| Rauschtrinken 12–17-Jährige | ~33 % |
| 30-Tage-Prävalenz | 15,2 % Jungen: 19,6 %, Mädchen: 10,5 % |
| häufiges Rauschtrinken ($\geq 4x$ /Woche) | 3,7 % Jungen: 5,1 %, Mädchen: 2,1 % |
| Tatverdächtige unter Alkoholeinfluss | ~280.000/Jahr (13,4 %) |
| Stationäre Behandlung von Alkoholvergiftung im Jahr 2012 | 221.595 |
| davon 10–15-Jährige | 3999 |
| davon 16–20-Jährige | 22.674 |
| davon 20–25-Jährige | 12.712 |
| davon 45–50-Jährige | 13.294 |
| Verkehrsunfälle 2013 unter Alkoholeinfluss | 13.980 |
| dabei getötete Personen | 314 |
| Arbeitsunfähigkeit nachweislich wegen Alkohol | 10 Fehltage auf 100 Personen/Jahr |
| Volkswirtschaftlicher Schaden durch Alkoholkonsum | ~26 Milliarden € |

Barmer GEK 2012; Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung 2012; Suchtmedizinische Reihe Bd. 1 Deutsche Hauptstelle für Suchtfragen 2013, www.dhs.de; Jahrbuch Sucht 2014; Statistisches Bundesamt 2014, www.destatis.de

Tabelle 2.3.2 Alkohol im Körper

Gesundheitsrisiken durch den Konsum psychoaktiver Substanzen wie Alkohol, Rauschmittel, bestimmte Medikamente und Tabak haben große gesellschaftliche Auswirkungen. Verschärft wird das Problem bei Mehrfachgebrauch wie z. B. Alkohol mit Tabak oder mit Heroin oder Kokain.

Die Gruppe der Personen mit einem riskanten Umgang mit Alkohol ohne eine Abhängigkeitsdiagnose ist sehr viel größer als die Gruppe der Alkoholabhängigen. Schwere körperliche Erkrankungen wie Leberschäden und soziale Folgeschäden sind zu beobachten.

Alkohol im Körper

| Aufnahme in den Körper | |
|--|--------------------|
| Zwölffingerdarm und Krummdarm | 90% |
| Magen | 10% |
| Erreichen der maximalen Blutalkoholkonzentration | nach 45–75 Minuten |
| Abbau, Abgabe von Alkohol | |
| Abgabe über Niere, Lunge, Haut | 2–5% |
| Enzymatischer Abbau | 95–98% |
| Abbau pro kg Körpergewicht und Stunde | 120–150 mg |
| Abbau bei einem Normalgewichtigen | 10 g/Stunde |
| Alkoholeliminationsrate in Promille pro Stunde | ~0,15‰ (0,1–0,2‰) |
| Natürlicher Blutalkoholgehalt (hervorgerufen durch Stoffwechselvorgänge im Körper) | Ø 0,03‰ |
| Blutalkoholgehalt in Promille und seine Folgen | |
| Enthemmung setzt ein, Einengung des Blickfeldes | ab 0,3‰ |
| Relative Fahruntüchtigkeit | von 0,3‰ bis 1,09‰ |
| Verlangsamung der Reaktionsfähigkeit, Rotsehschwäche, doppeltes Unfallrisiko | ab 0,5‰ |
| Reaktionszeit verlängert sich, dreifaches Unfallrisiko | ab 0,5‰ |
| Neigung zur Risikofreudigkeit, Fahr- und Verkehrsuntüchtigkeitsgrenze, vierfaches Unfallrisiko | ab 0,8‰ |
| Achtfaches Unfallrisiko | ab 1,0‰ |
| Absolute Fahruntüchtigkeit | ab 1,1‰ |
| Leichter Rausch, zehnfaches Unfallrisiko | 0,8–1,3‰ |
| Mittlerer Rausch | ab 1,3‰ |
| Absolute Fahruntüchtigkeit beim Radfahren, Inline-Skaten | ab 1,6‰ |
| Vollrausch, Erinnerungsvermögen setzt aus, teilweise schwere Vergiftungen | ab 2,0‰ |
| Gesundheitliche Schäden (Koma!), Eintritt des Todes wird wahrscheinlich | ab 4,0‰ |
| Alkoholintoxikation (letal, d. h. tödliche Dosis) | ab 5,0‰ |

Tabelle 2.3.3 Häufigkeit von Fehlbildungen bei Kindern, die durch mütterliche Alkoholkrankheit bedingt sind

Unter Alkoholembryopathie (Fetales Alkoholsyndrom) werden Fehlbildungsmuster mit unterschiedlich schwerer Ausprägung und körperlichen, geistigen und seelischen Folgeschäden zusammengefasst, die auf übermäßigen und dauerhaften Alkoholkonsum der Mutter während der Schwangerschaft zurückzuführen sind. Da alle Zellen und Organe geschädigt werden, sind Kinder in ihrer Gesamtheit betroffen. Die körperliche und die geistig intellektuelle Entwicklung sowie die soziale Reifung sind beeinträchtigt. Der Grad der Schädigung ist von vielen Umständen, wie dem Alter der Mutter, ihrem Stoffwechsel sowie von der Menge und der Art des alkoholischen Getränks abhängig.

Mehr als 80 % der Mütter trinken in der Schwangerschaft Alkohol, nur 6 % der Frauen bleiben vollständig abstinenz. In Deutschland erkranken jährlich ca. 2200 Neugeborene an Alkoholembryopathie. Die Inzidenz liegt bei 1:300 Neugeborenen pro Jahr.

| Körperliche Veränderungen und Kennzeichen | Häufigkeit des Vorkommens |
|--|----------------------------------|
| Minderwuchs und Untergewicht (vor- und nachgeburtlich) | 88 % |
| Kleinkopfigkeit (Mikrozephalie) | 84 % |
| Geistige und Gleichgewichtsbewegungen betreffende Entwicklungsverzögerung sowie zentralnervöse Störungen | 89 % |
| Sprachstörungen | 80 % |
| Hörstörungen | ca. 20 % |
| Ess- und Schluckstörungen (bei Säuglingen) | ca. 30 % |
| Muskelhypotonie (herabgesetzter Ruhetonus) | 58 % |
| Hyperaktivität/Verhaltensstörungen | 72 % |
| Feinmotorische Dysfunktion/Koordinationsstörung | ca. 80 % |
| Emotionale Instabilität | ca. 30 % |
| Krampfanfälle | 6 % |
| Gesichtsveränderungen | 95 % |
| Herzfehler (meist Scheidewanddefekte) | 29 % |
| Genitalfehlbildungen | 46 % |
| Nierenfehlbildungen | ca. 10 % |
| Augenfehlbildungen | > 50 % |
| Extremitäten- und Skelettfehlbildungen: | |
| Verkürzung und Beugung des Kleinfingers | 51 % |
| Verwachsungen von Elle und Speiche (Supinationshemmung) | 14 % |
| Hüftluxation | 11 % |

| Körperliche Veränderungen und Kennzeichen | Häufigkeit des Vorkommens |
|---|---------------------------|
| Kleine Zähne | 31 % |
| Trichterbrust | 12 % |
| Kielbrust | 6 % |
| Gaumenspalte | 7 % |
| Wirbelsäulenfehlbildung/Skoliose | 5 % |
| Weitere Fehlbildungen: | |
| Steißbeingrübchen | 44 % |
| Leistenbruch | 12 % |
| Blutschwämme (Hämangiome) | 10 % |

Löser 1995; www.dhs.de; Jahrbuch Sucht 1996; Crews und Nixon 2009

Tabelle 2.3.4 Promillegrenzen in Europa

In einigen Staaten gilt ein absolutes Alkoholverbot für Kraftfahrer („Null-Toleranz-Prinzip“). Das ist unter Verkehrssicherheitsaspekten fraglos die beste Lösung.

In anderen Ländern – so auch in der Bundesrepublik Deutschland – ist Alkoholgenuss bei Kraftfahrern dagegen erst bei Überschreitung bestimmter Grenzwerte mit Sanktionen bedroht.

Die Höhe dieses Schwellenwertes (Promillegrenze) ist in den einzelnen Ländern unterschiedlich festgelegt worden, wobei nach verkehrsmedizinischen Erkenntnissen bereits ab einer Blutalkoholkonzentration von 0,3 ‰ (Promille) die Möglichkeit einer alkoholbedingten Beeinträchtigung der Verkehrstüchtigkeit eines Kraftfahrers grundsätzlich in Betracht zu ziehen ist.

| Land | Promillegrenze |
|---|----------------|
| Estland, Litauen, Rumänien, Slowakei, Tschechien, Ukraine, Ungarn | 0,0 ‰ |
| Albanien | 0,1 ‰ |
| Norwegen, Polen, Schweden | 0,2 ‰ |
| Bosnien-Herzegowina, Montenegro, Serbien | 0,3 ‰ |
| Andorra, Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Italien, Kroatien, Lettland, Luxemburg, Mazedonien, Niederlande, Österreich, Portugal, Schweiz, Slowenien, Spanien, Türkei, Zypern | 0,5 ‰ |
| Großbritannien, Lichtenstein | 0,8 ‰ |

<https://www.avd.de/wissen/recht/verkehrsvorschriften-ausland/promillegrenzen/>; abgerufen am 7. Juli 2015

Tabelle 2.3.5 Gesamter Alkoholkonsum in reinem Alkohol pro Einwohner der Bevölkerung in Deutschland 1900–2012

Bis einschließlich 1990 beziehen sich die Angaben auf den Gebietsstand der Bundesrepublik Deutschland und Berlin (West). Ein Vergleich der Daten mit anderen Ländern ist durch unterschiedliche Erhebungsmethoden schwierig.

Konsum von reinem Alkohol pro Einwohner

| Jahr | Liter | Jahr | Liter | Veränderungen gegenüber Vorjahr |
|-------------|--------------|-------------|--------------|--|
| 1900 | 10,1 | 1997 | 10,8 | -1,8% |
| 1913 | 7,5 | 1998 | 10,6 | -1,9% |
| 1929 | 5,2 | 1999 | 10,6 | 0,0% |
| 1950 | 3,2 | 2000 | 10,5 | -0,9% |
| 1960 | 7,8 | 2001 | 10,4 | -1,0% |
| 1970 | 11,2 | 2002 | 10,4 | 0,0% |
| 1975 | 12,7 | 2003 | 10,2 | -1,9% |
| 1980 | 12,9 | 2004 | 10,1 | -1,0% |
| 1985 | 12,1 | 2005 | 10,0 | -1,0% |
| 1990 | 12,1 | 2010 | 9,6 | -4,0% |
| 1995 | 11,1 | 2011 | 9,6 | 0,0% |
| 1996 | 11,0 | 2012 | 9,5 | -1,0% |

Jahrbuch Sucht 2006, 2013; www.dhs.de

Tabelle 2.3.6 Rangfolge der EU-Staaten und ausgewählter Länder hinsichtlich des Alkoholkonsums (in reinem Alkohol) pro Kopf der Bevölkerung

Die Rangplätze beziehen sich auf den „*Global status report on alcohol and health 2014*“ der Weltgesundheitsorganisation. Aufgrund unterschiedlicher Erhebungsmethoden sind längerfristige Vergleiche von geringer Aussagekraft. Die Rangfolge der Länder ergibt sich aus den zuletzt erhobenen Konsumdaten.

Alkoholkonsum in Liter reinen Alkohols pro Kopf der Bevölkerung

| Land | | Durchschnitt 2003–2005 | Durchschnitt 2008–2010 | Veränderung 2003–2010 |
|------|----------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| 1 | Italien | 10,5 | 6,7 | ↘ |
| 2 | Malta | 5,4 | 7 | ↗ |
| 3 | Japan | 8,0 | 7,2 | ↘ |
| 4 | Norwegen | 7,8 | 7,7 | → |
| 5 | Zypern | 8,7 | 9,2 | → |
| 6 | USA | 9,5 | 9,2 | → |
| 7 | Schweden | 10,3 | 9,2 | ↘ |
| 8 | Niederlande | 10,1 | 9,9 | → |
| 9 | Estland | 13,6 | 10,3 | ↘ |
| 10 | Griechenland | 10,8 | 10,3 | → |
| 11 | Österreich | 10,9 | 10,3 | → |
| 12 | Schweiz | 11,1 | 10,7 | → |
| 13 | Belgien | 12,0 | 11,0 | → |
| 14 | Spanien | 12,3 | 11,2 | → |
| 15 | Bulgarien | 11,6 | 11,4 | → |
| 16 | Dänemark | 13,4 | 11,4 | ↘ |
| 17 | Großbritannien | 13,2 | 11,6 | ↘ |
| 18 | Deutschland | 12,8 | 11,8 | → |
| 19 | Irland | 14,4 | 11,9 | ↘ |
| 20 | Luxemburg | 13,3 | 11,9 | ↘ |
| 21 | Frankreich | 13,4 | 12,2 | → |
| 22 | Australien | 10,1 | 12,2 | ↗ |
| 23 | Lettland | 12,0 | 12,3 | → |
| 24 | Finnland | 12,5 | 12,3 | → |
| 25 | Polen | 13,0 | 12,5 | → |
| 26 | Portugal | 14,4 | 12,9 | ↘ |
| 27 | Tschechien | 13,3 | 13,0 | → |

Alkoholkonsum in Liter reinen Alkohols pro Kopf der Bevölkerung

| Land | | Durchschnitt 2003–2005 | Durchschnitt 2008–2010 | Veränderung 2003–2010 |
|------|----------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| 28 | Slowakei | 13,7 | 13,0 | ↘ |
| 29 | Ungarn | 17,1 | 13,3 | ↘ |
| 30 | Rumänien | 12,8 | 14,4 | ↗ |
| 31 | Russische Föderation | 16,1 | 15,1 | → |

WHO 2014

Tabelle 2.3.7 Rangfolge der EU-Staaten und ausgewählter Länder hinsichtlich des Bierkonsums

Die Rangfolge in der Auflistung der Länder ergibt sich aus den Daten für 2003. Nicht erfasst sind Schwarzbrennen, Schwarzmarkt, Touristen- und Grenzverkehr.

Deutschland nimmt für das Jahr 2012, wie in den Jahren zuvor, beim Bierverbrauch den dritten Platz ein. Beim Weinverbrauch ist es weiterhin die Position 14 (Tab. 2.3.8). Während Deutschland beim Gesamtalkoholverbrauch auf dem mittleren Rang 15 liegt, nimmt es beim reinen Alkohol mit Rang 5 nach wie vor eine Spitzenposition ein (Tab. 2.3.5). Nur beim Spirituosenverbrauch hat sich eine Veränderung ergeben. Deutschland nimmt mit Platz 7 gegenüber dem Vorjahr einen höheren Rang ein.

Liter Bier pro Kopf der Bevölkerung (gerundet)

| Land | | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 |
|------|-------------|------|------|------|------|
| 1 | Tschechien | 159 | 144 | 145 | 148 |
| 2 | Österreich | 107 | 106 | 108 | 108 |
| 3 | Deutschland | 110 | 107 | 107 | 105 |
| 4 | Polen | 91 | 91 | 95 | 98 |
| 5 | Litauen | 83 | 90 | 96 | 96 |
| 6 | Rumänien | 88 | 87 | 84 | 90 |
| 7 | Irland | 91 | 90 | 86 | 86 |
| 8 | Luxemburg | 86 | 85 | 85 | 83 |
| 9 | Finnland | 84 | 83 | 85 | 79 |
| 10 | Slowakei | 79 | 79 | 73 | 78 |
| 12 | Kroatien | 79 | 74 | 86 | 78 |

Liter Bier pro Kopf der Bevölkerung (gerundet)

| Land | | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 |
|-------------|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 13 | Lettland | 69 | 70 | 74 | 76 |
| 14 | Slowenien | 89 | 82 | 81 | 74 |
| 15 | Belgien | 81 | 78 | 78 | 74 |
| 16 | Bulgarien | 67 | 67 | 69 | 73 |
| 17 | Niederlande | 73 | 72 | 72 | 72 |
| 19 | Estland | 85 | 78 | 72 | 72 |
| 21 | Großbritannien | 76 | 74 | 74 | 71 |
| 22 | Dänemark | 72 | 69 | 68 | 64 |
| 23 | Ungarn | 65 | 61 | 60 | 59 |
| 24 | Schweiz | 57 | 57 | 58 | 57 |
| 25 | Norwegen | 55 | 56 | 56 | 55 |
| 26 | Zypern | 51 | 52 | 51 | 55 |
| 28 | Portugal | 60 | 59 | 53 | 49 |
| 29 | Spanien | 51 | 48 | 48 | 47 |
| 30 | Griechenland | 39 | 36 | 35 | 35 |
| 31 | Frankreich | 31 | 31 | 31 | 31 |
| 32 | Türkei | 13 | 12 | 12 | 13 |

Beer Statistics 2014; www.brauer-bund.de**Tabelle 2.3.8 Rangfolge der EU-Staaten und ausgewählter Länder hinsichtlich des Weinkonsums**

Die Rangfolge in der Auflistung der Länder ergibt sich aus den Daten für 2003. Weine einschließlich Schaumweine ohne Schwarzbrünnchen, Schwarzmarkt, Touristen- und Grenzverkehr.

Einer der wichtigsten Bestimmungsfaktoren für den Kauf von Alkoholgetränken ist der Preis. Gegenüber dem Referenzjahr 2000 sind die Preise für alkoholische Getränke 2003 insgesamt um 0,6% weniger gestiegen als die der gesamten Lebenshaltung. Die relativen Preise für Spirituosen und Wein sind dabei im Jahr 2003 weiter gesunken, während die Bierpreise leicht gestiegen sind.

| Liter Wein pro Kopf der Bevölkerung | | | | | Veränderung | |
|-------------------------------------|----------------------|------|------|------|-------------|----------------|
| Land | | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 1970–2003 in % |
| 1 | Luxemburg | 63,5 | 64,4 | 59,1 | 66,1 | 78,6 |
| 2 | Frankreich | 57,0 | 56,9 | 56,0 | 48,5 | -55,6 |
| 3 | Italien | 51,0 | 50,0 | 51,0 | 47,5 | -58,2 |
| 4 | Portugal | 50,2 | 47,0 | 43,0 | 42,0 | -42,1 |
| 5 | Schweiz | 43,5 | 43,1 | 41,8 | 40,9 | -2,4 |
| 6 | Ungarn | 34,0 | 35,1 | 36,0 | 37,4 | -0,8 |
| 8 | Griechenland | 34,0 | 34,0 | 33,9 | 33,8 | -15,5 |
| 10 | Dänemark | 30,9 | 31,2 | 32,0 | 32,6 | 451,6 |
| 11 | Spanien | 32,0 | 30,0 | 29,6 | 30,6 | -50,2 |
| 12 | Österreich | 30,5 | 28,5 | 29,8 | 29,8 | -13,9 |
| 13 | Finnland | 20,6 | 21,9 | 23,5 | 26,3 | 699,4 |
| 14 | Deutschland | 23,1 | 24,0 | 24,2 | 23,6 | 47,5 |
| 15 | Belgien | 21,0 | 22,0 | 24,0 | 23,0 | 62,0 |
| 16 | Rumänien | 23,2 | 25,5 | 25,3 | 23,0 | -0,4 |
| 17 | Malta | 19,6 | 19,3 | 20,5 | 22,3 | - |
| 18 | Bulgarien | 21,4 | 21,4 | 21,3 | 21,3 | 1,9 |
| 19 | Australien | 19,7 | 20,0 | 20,6 | 20,4 | 129,2 |
| 20 | Großbritannien | 16,9 | 18,2 | 19,6 | 20,1 | 595,5 |
| 21 | Niederlande | 18,8 | 18,9 | 19,0 | 19,6 | 280,6 |
| 24 | Zypern | 16,3 | 16,1 | 16,9 | 17,8 | 117,1 |
| 25 | Tschechien | 16,4 | 16,5 | 16,5 | 16,8 | 15,1 |
| 26 | Schweden | 15,3 | 15,5 | 16,0 | 16,6 | 160,6 |
| 27 | Irland | 10,7 | 11,8 | 14,2 | 15,2 | 360,6 |
| 28 | Slowakei | 12,4 | 13,6 | 13,9 | 13,0 | -19,3 |
| 29 | Norwegen | 10,9 | 11,0 | 11,0 | 12,4 | 429,9 |
| 31 | Polen | 11,9 | 10,5 | 11,2 | 11,9 | 108,8 |
| 33 | Vereinigte Staaten | 8,6 | 8,8 | 8,8 | 9,5 | 91,5 |
| 24 | Russische Föderation | 7,2 | 7,7 | 8,0 | 8,6 | -43,4 |
| 36 | Lettland | 4,9 | 4,0 | 4,0 | 3,6 | - |
| 37 | Estland | 3,1 | 2,7 | 2,7 | 3,4 | - |
| 38 | Japan | 2,2 | 2,1 | 2,8 | 2,9 | 806,3 |

Tabelle 2.3.9 Verbrauch alkoholischer Getränke pro Einwohner der Bevölkerung in Deutschland 1960–2012

Bis einschließlich 1990 beziehen sich die Angaben auf den Gebietsstand der Bundesrepublik Deutschland und Berlin (West) vor dem 3.10.1990. Von der vom Bundesministerium für Gesundheit ins Leben gerufenen Arbeitsgruppe „Schätzverfahren und Schätzwerte zu alkoholinduzierten Störungen“ wurden 1999 folgende Umrechnungsfaktoren festgelegt: Reiner Alkoholgehalt bei Bier 4,8 Vol.-%, Wein/Sekt 11 Vol.-%, Spirituosen 33 Vol.-%.

Für Bier lag der Pro-Kopf-Verbrauch 1900 bei 125,1 Liter, 1929/30 bei 90,0 Liter und 1938/39 bei 69,9 Liter.

| Getränke | Konsum je Einwohner in Liter | | | | | | | |
|-------------|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1960 | 1970 | 1980 | 1990 | 2000 | 2005 | 2011 | 2012 |
| Bier | 94,7 | 141,1 | 145,9 | 142,7 | 125,5 | 115,3 | 107,2 | 105,5 |
| Wein | 10,8 | 15,3 | 21,4 | 21,9 | 19,0 | 19,9 | 20,2 | 20,4 |
| Schaumwein | 1,9 | 1,9 | 4,4 | 5,1 | 4,1 | 3,8 | 4,1 | 4,1 |
| Spirituosen | 4,9 | 6,8 | 8,0 | 6,2 | 5,8 | 3,8 | 4,1 | 4,1 |
| Insgesamt | 111,0 | 165,1 | 179,7 | 176,0 | 154,4 | 142,8 | 135,6 | 134,1 |

Jahrbuch Sucht 2014, Deutsche Hauptstelle für Suchtfragen: www.dhs.de

Tabelle 2.3.10 Einnahmen aus alkoholbezogenen Steuern

Spirituosen werden in Deutschland mit 13,03 €, Schaumweine mit 13,60 € je Liter reinen Alkohol besteuert. Die Biersteuer wird von den Bundesländern erhoben und ist mit durchschnittlich 1,97 € viel niedriger. Wein wird seit Jahrzehnten praktisch überhaupt nicht besteuert.

Im Juli 2004 ist das „Gesetz zur Verbesserung des Schutzes junger Menschen vor den Gefahren des Alkohol- und Tabakkonsums“ in Kraft getreten. Das Gesetz regelt die Kennzeichnung von Alkopops (siehe Tab. 2.3.11) und belegt sie mit einer Sondersteuer zwischen 0,80 und 0,90 € pro handelsüblicher Flasche. Diese Steuermittel sollen Präventionsmaßnahmen im Zusammenhang mit alkoholbedingten Folgeschäden zufließen.

| Steuern für | Steuereinnahmen in Millionen € | | | | |
|-------------------------|---------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 2000 | 2005 | 2010 | 2011 | 2012 |
| Bier | 844 | 777 | 713 | 702 | 697 |
| Schaumwein | 478 | 424 | 422 | 454 | 450 |
| Branntwein | 2185 | 2179 | 2014 | 2167 | 2138 |
| Alkoholsteuer insgesamt | 3507 | 3380 | 3149 | 3323 | 3284 |

Jahrbuch Sucht 2006, Deutsche Hauptstelle für Suchtfragen: www.dhs.de

Tabelle 2.3.11 Alkoholkonsum von Jugendlichen nach Alter und Geschlecht

Alcopops sind süß, süffig, farbig und frech gestaltet, um gezielt ein jugendliches Publikum anzusprechen“. Nach einer Untersuchung der Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung (BZgA) im Jahr 2012 sind sie als Partygetränk bei Jugendlichen beliebter als Bier und Wein.

Als Alcopops werden Limonaden oder andere Süßgetränke bezeichnet, die mit Alkohol gemischt sind und pro Flasche einen Alkoholgehalt von durchschnittlich fünf bis sechs Volumenprozent haben. Da der Alkoholgeschmack durch Zucker und künstliches Aroma überlagert wird, werden Jugendliche in immer jüngerem Alter zum Trinken von Alkohol verführt.

Die Angaben in der Tabelle beziehen sich auf Befragungen von Schülerinnen und Schüler in einer HBSC-Studie (Health Behaviour in School-aged Children), die 2009/10 durchgeführt wurde.

| mindestens 1x pro Woche | Bier | Alkopops | Biermix-getränke | Wein/Sekt |
|--------------------------------|-------------|-----------------|-------------------------|------------------|
| Mädchen gesamt | | | | |
| in % (Anzahl) | 3,3 (2548) | 3,2 (2549) | 4,4 (2546) | 1,4 (2543) |
| Alterskategorien | | | | |
| 11 Jahre | 0,1 (823) | 0,1 (822) | 0,4 (823) | 0,1 (821) |
| 13 Jahre | 0,7 (820) | 0,7 (818) | 1,3 (818) | 0,1 (818) |
| 15 Jahre | 8,5 (905) | 8,3 (909) | 10,7 (905) | 3,6 (904) |

| mindestens 1x pro Woche | Bier | Alkopops | Biermix-getränke | Wein/Sekt |
|-------------------------------|------------|------------|------------------|-------------|
| Familiärer Wohlstand | | | | |
| Niedrig | 2,6 (227) | 3,9 (227) | 5,2 (227) | 1,7 (225) |
| Mittel | 2,8 (963) | 2,7 (962) | 3,5 (959) | 0,9 (962) |
| Hoch | 3,8 (1294) | 3,4 (1297) | 4,8 (1295) | 1,5 (1293) |
| Fehlend | 4,7 (64) | 6,3 (63) | 6,2 (65) | 3,1 (63) |
| Migrations-hintergrund | | | | |
| Kein | 3,5 (1943) | 3,4 (1945) | 4,8 (1940) | 1,1 (1918) |
| Einseitig | 3,6(191) | 3,1 (192) | 3,6 (192) | 2,1 (184) |
| Beidseitig | 2,2 (410) | 2,2 (408) | 2,4 (410) | 1,6 (403) |
| Jungen gesamt | | | | |
| in % (Anzahl) | 7,8 (2397) | 3,9 (2383) | 8,6 (2380) | 1,1 (2389) |
| Alterskategorien | | | | |
| 11 Jahre | 0,6 (856) | 0,3 (853) | 0,6 (848) | 0,2 (852) |
| 13 Jahre | 3,6 (805) | 2,1 (797) | 4,8 (800) | 1,0 (801) |
| 15 Jahre | 21,0 (736) | 10,1 (733) | 22,1 (732) | 2,3 (736) |
| Familiärer Wohlstand | | | | |
| Niedrig | 5,4 (144) | 2,0 (144) | 8,2 (143) | 1,4 (145) |
| Mittel | 7,1 (809) | 4,2 (804) | 8,1 (803) | 1,1 (805) |
| Hoch | 8,6 (1361) | 3,9 (1354) | 8,8 (1354) | 1,0 (1357) |
| Fehlend | 7,1 (83) | 4,9 (81) | 11,1 (80) | 2,4 (80) |
| Migrations-hintergrund | | | | |
| Kein | 8,5 (1846) | 3,8 (1837) | 9,0 (1835) | 1,0 (1822) |
| Einseitig | 8,5 (196) | 4,6 (194) | 9,5 (196) | 1,0 (192) |
| Beidseitig | 4,2 (348) | 4,3 (346) | 6,0 (343) | 1,7 (341) |
| Gesamt | 5,5 (4945) | 3,6 (4932) | 6,4 (4926) | 1,2 (4932) |

Tabelle 2.3.12 Alkohol im Straßenverkehr, Deutschland 2000–2012

| | 2000 | 2004 | 2007 | 2010 | 2012 |
|----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Alkoholunfälle | 27.375 | 22.548 | 20.785 | 15.070 | 15.130 |
| dabei Getötete | 1022 | 704 | 565 | 342 | 338 |
| Alkoholisierte Beteiligte | 27.749 | 22.849 | 21.072 | 15.221 | 15.259 |
| darunter Frauen | 2696 | 2366 | 2377 | 1865 | 1907 |
| darunter Männer | 24.987 | 20.429 | 18.667 | 13.351 | 13.339 |
| darunter Pkw-Fahrer | 17.555 | 13.778 | 11.792 | 8734 | 8793 |
| mittlerer Blutalkohol (%) | 1,60 | 1,61 | 1,60 | 1,62 | 1,63 |

Jahrbuch Sucht 2014, Deutsche Hauptstelle für Suchtfragen: www.dhs.de

Tabelle 2.3.13 Unfälle unter Alkoholeinfluss mit Personenschäden in Deutschland 2012

Das Problem Alkohol und Fahren trägt eindeutige alters- und geschlechtsspezifische Züge. Die Unfähigkeit, Trinken und Fahren zu trennen, ist in erster Linie ein Problem von Männern. Die Unfallursache Alkohol tritt bei Männern mit Abstand am häufigsten in der Altersgruppe von 21 bis 24 Jahren auf. Trink-/Fahrkonflikte nehmen ab dem Alter von 35 Jahren aufwärts kontinuierlich ab. Bei Frauen ist eine Abnahme erst ab 45 Jahren zu beobachten.

Abkürzung: BAK = Blutalkoholwert

Alkoholisierte je 1000 an Unfällen beteiligte Pkw-Fahrer 2012

| Alter | Männer | Frauen | Alter | Männer | Frauen |
|-------|--------|--------|-------|--------|--------|
| 18–20 | 52,3 | 10,4 | 45–54 | 24,3 | 9,6 |
| 21–24 | 66,1 | 11,5 | 55–64 | 20,1 | 7,2 |
| 25–34 | 51,8 | 10,5 | 65–74 | 11,7 | 3,9 |
| 35–44 | 30,2 | 9,7 | 75 + | 5,4 | 2,8 |

Alkoholisierte beteiligte Pkw-Fahrer

| BAK in % | Männer | Frauen | BAK in % | Männer | Frauen |
|-------------------------------|--------|--------|-------------------------------|--------|--------|
| m: <0,5 f: <0,25 | 491 | 79 | m: 1,7 < 2,0 f: 0,85 < 1,0 | 1222 | 197 |
| m: 0,5 < 0,8 f: 0,25 < 0,4 | 678 | 114 | m: 2,0 < 2,5 f: 1,0 < 1,25 | 1060 | 193 |

| | | | | | |
|---------------------------|------|-----|---------------------------|-----|----|
| m: 0,8<1,1 f: 0,4<0,55 | 1470 | 204 | m: 2,5<3,0 f: 1,25<1,5 | 358 | 69 |
| m: 1,1<1,4 f: 0,55<0,7 | 1197 | 201 | m: >3,0 f: >1,5 | 156 | 41 |
| m: 1,4<1,7 f: 0,7<0,85 | 1342 | 217 | | | |

Alkoholisierte beteiligte männliche Pkw-Fahrer in zwei Altersgruppen 2012

| Blutalkoholwert in % | 18–20 Jahre | 40–44 Jahre | Blutalkoholwert in % | 18–20 Jahre | 40–44 Jahre |
|----------------------|-------------|-------------|----------------------|-------------|-------------|
| <0,5 | 73 | 31 | 1,7 bis <2,0 | 134 | 87 |
| 0,5 bis <0,8 | 118 | 34 | 2,0 bis <2,5 | 72 | 119 |
| 0,8 bis <1,1 | 155 | 41 | 2,5 bis <3,0 | 9 | 49 |
| 1,1 bis <1,4 | 213 | 75 | >3,0 | 7 | 25 |
| 1,4 bis <1,7 | 203 | 94 | | | |

Prozentuale Verteilung von Alkoholunfällen auf Wochentage 2012

| | | | | | |
|----------|-------|------------|--------|---------|--------|
| Montag | 8,8 % | Donnerstag | 10,7 % | Sonntag | 24,2 % |
| Dienstag | 9,1 % | Freitag | 13,8 % | | |
| Mittwoch | 9,1 % | Samstag | 24,3 % | | |

Prozentuale Verteilung von Alkoholunfällen auf die Tageszeit 2012

| | | | | | |
|---------|--------|-----------|-------|-----------|--------|
| 0–2 Uhr | 12,1 % | 8–10 Uhr | 3,0 % | 16–18 Uhr | 9,2 % |
| 2–4 Uhr | 11,0 % | 10–12 Uhr | 2,8 % | 18–20 Uhr | 12,1 % |
| 4–6 Uhr | 9,6 % | 12–14 Uhr | 3,8 % | 20–22 Uhr | 11,9 % |
| 6–8 Uhr | 6,0 % | 14–16 Uhr | 5,8 % | 22–24 Uhr | 12,8 % |

Jahrbuch Sucht 2014, Deutsche Hauptstelle für Suchtfragen: www.dhs.de

Tabelle 2.3.14 Rauchen – Konsum und Kosten in Deutschland

Die Tabakpflanze wurde vor rund 500 Jahren von Seefahrern aus der neuen Welt nach Europa gebracht. Das Pfeiferauchen war zunächst ein Privileg der sozialen Oberschichten. Im 18. Jahrhundert kam das Tabakschnupfen in Mode. Zu Beginn des 19. Jahrhunderts wurden die ersten Zigarren geraucht und weitere 50 Jahre später die ersten Zigaretten. Ab 1950

nahm das Rauchen in den westlichen Industriestaaten stetig zu. In Deutschland wurden im Jahre 2012 rund 80 Mrd. Zigaretten geraucht.

Die Folgen des Rauchens zeigen sich in einer zusammenfassenden Beurteilung, die davon ausgeht, dass jährlich mit 110.000 bis 140.000 tabakbedingten Todesfällen zu rechnen ist. Davon entfallen auf Krebserkrankungen 39,1 %, auf Kreislauferkrankungen 33,6 % und auf Atemwegserkrankungen 18,2 %. Die volkswirtschaftlichen Kosten dieser tabakbedingten Krankheiten und Todesfälle wurden für 1993 mit 17,3 Mrd. € ermittelt (Welte et al., 2000).

Die Tabaksteuer ist das wichtigste Instrument zur Eindämmung des Rauchens, da der Zusammenhang zwischen Konsumverhalten und Tabaksteuer erwiesen ist. Besonders im Jugendalter, das im Zusammenhang mit dem Rauchen eher durch das Sozialverhalten als durch Überlegungen zur Gesundheit bestimmt wird, können die Kosten für Tabakwaren von großer Bedeutung sein.

Eine weitere Möglichkeit, das Nichtrauchen zum Normalfall zu machen, sieht man in schrittweise eingeführten Verboten gegen die Tabakwerbung. Dem aktuell erkennbaren politischen Willen widerspricht jedoch die Klage Deutschlands gegen eine entsprechende Richtlinie des EU-Ministerrates von 1998. Der EU-Ministerrat hat mit einer neuen Regelung zur Eindämmung der Tabakwerbung gegen die Stimmen Deutschlands und Großbritanniens geantwortet. Die Bundesregierung hat 2003 auch dagegen Klage beim Europäischen Gerichtshof eingereicht. Diese Klage wurde jedoch im Juni 2006 abgewiesen.

| | 2000 | 2005 | 2012 | 2013 |
|--|---------|--------|--------|--------|
| Verbrauch je Einwohner und Jahr | | | | |
| Zigaretten (Stück) | 1731 | 1162 | 1025 | 996 |
| Zigarren/Zigarillos (Stück) | 31 | 49 | 47 | 44 |
| Feinschnitt (Gramm) | 168 | 403 | 335 | 319 |
| Pfeifentabak (Gramm) | 11 | 10 | 13 | 15 |
| Gesamtverbrauch pro Jahr | | | | |
| Zigaretten (Millionen) | 139.625 | 95.827 | 82.405 | 80.275 |
| Zigarren/Zigarillos (Millionen) | 2557 | 4028 | 3795 | 3560 |
| Feinschnitt (Tonnen) | 14.611 | 33.232 | 26.922 | 25.734 |
| Pfeifentabak (Tonnen) | 909 | 804 | 1029 | 1200 |

| Veränderungen zum Vorjahr | | | | | | | | |
|--|--|-----------|-----------|-----------|--|--|--|--|
| Zigaretten | | | −5,9 % | −2,6 % | | | | |
| Zigarren/Zigarillos | | | −10 % | −6,2 % | | | | |
| Feinschnitt | | | −0,4 % | −4,4 % | | | | |
| Pfeifentabak | | | +12,4 % | +16,6 % | | | | |
| Ausgaben für Tabakwaren (€) | 20,7 Mrd. | 23,9 Mrd. | 24,2 Mrd. | 24,3 Mrd. | | | | |
| Tabaksteuer (€) | 11,5 Mrd. | 14,2 Mrd. | 14,1 Mrd. | 14,1 Mrd. | | | | |
| Steuersätze seit 1. Januar 2014 | | | | | | | | |
| Zigaretten | Spezifischer Anteil (einschl. Kleinverkaufspreis) | | | | | | | |
| Zigarren/Zigarillos | 9,63 Cent/Stück | | | | | | | |
| Feinschnitt | 5,76 Cent/Stück | | | | | | | |
| Pfeifentabak | 91,63 €/kg | | | | | | | |
| Rauchverhalten in Deutschland (DEGS1) | | | | | | | | |
| Frauen nach Jahren | | | | | | | | |
| 18–29 | 29,7 | 10,3 | 14,5 | 45,5 | | | | |
| 30–44 | 24,6 | 6,6 | 20,4 | 48,5 | | | | |
| 45–64 | 23,2 | 4,7 | 30,3 | 41,9 | | | | |
| 65–79 | 7,1 | 1,8 | 20,0 | 71,1 | | | | |
| Männer nach Jahren | | | | | | | | |
| 18–29 | 34,2 | 12,8 | 12,6 | 40,4 | | | | |
| 30–44 | 32,1 | 7,7 | 24,1 | 36,0 | | | | |
| 45–64 | 25,6 | 4,6 | 43,0 | 26,7 | | | | |
| 65–79 | 9,8 | 1,8 | 50,8 | 37,6 | | | | |

Lampert, Lippe & Müters 2013; www.degs-studie.de; Jahrbuch Sucht 2014, Deutsche Hauptstelle für Suchtfragen; www.dhs.de; Mikrozensus 2014; Statistisches Jahrbuch 2014

Tabelle 2.3.15 Tabakkonsum von Schülerinnen und Schülern

Die Angaben in der Tabelle beziehen sich auf Befragungen von Schülern in einer HB-SC-Studie (Health Behaviour in School-aged Children), die 2009/10 durchgeführt wurde.

Rauchverhalten Mädchen (Anzahl: 2562)

| | täglich | 1x pro Woche | weniger als 1x pro Woche | nie |
|---|----------------|---------------------|---------------------------------|------------|
| in % | 4,4 | 2,0 | 3,5 | 90,1 |
| Alterskategorien | | | | |
| 11 Jahre | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 99,5 |
| 13 Jahre | 1,4 | 1,2 | 2,5 | 94,8 |
| 15 Jahre | 10,8 | 4,5 | 7,4 | 77,3 |
| Familiärer Wohlstand | | | | |
| Niedrig | 8,6 | 2,6 | 2,6 | 86,2 |
| Mittel | 3,9 | 1,9 | 3,2 | 91,0 |
| Hoch | 3,9 | 2,1 | 3,8 | 90,1 |
| Fehlend | 4,5 | 0,0 | 4,5 | 91,0 |
| Migrationshintergrund | | | | |
| Kein | 4,3 | 2,3 | 4,0 | 89,4 |
| Einseitig | 6,1 | 0,5 | 3,1 | 90,3 |
| Beidseitig | 3,8 | 1,7 | 1,2 | 93,3 |
| Rauchverhalten Jungen (Anzahl: 2416) | | | | |
| in % | 4,0 | 1,9 | 4,0 | 90,2 |
| Alterskategorien | | | | |
| 11 Jahre | 0,3 | 0,5 | 1,3 | 97,9 |
| 13 Jahre | 2,5 | 0,8 | 3,3 | 93,3 |
| 15 Jahre | 9,9 | 4,7 | 7,8 | 77,6 |
| Familiärer Wohlstand | | | | |
| Niedrig | 8,0 | 0,7 | 2,0 | 89,3 |
| Mittel | 4,7 | 1,8 | 3,3 | 90,2 |
| Hoch | 2,8 | 2,0 | 4,6 | 90,5 |
| Fehlend | 8,2 | 2,4 | 3,5 | 85,9 |
| Migrationshintergrund | | | | |
| Kein | 3,0 | 1,6 | 3,9 | 91,4 |
| Einseitig | 6,0 | 4,5 | 3,0 | 86,5 |
| Beidseitig | 7,9 | 1,7 | 4,8 | 85,6 |
| Gesamt (4978) | 4,2 | 2,0 | 3,7 | 90,1 |

Tabelle 2.3.16 Illegale Drogen – Konsum und Verkehrsunfälle

Zusätzlich zu den legalen und in unserem Kulturkreis schon seit Jahrhunderten verbreiteten „Alltagsdrogen“ (Tabak und Alkohol) hat sich das Angebot an psychoaktiven Substanzen in den letzten vier Jahrzehnten erheblich erweitert.

Der Konsum illegaler Drogen stieg gegen Ende der 60er Jahre in Deutschland sprunghaft an, um dann, trotz kurzzeitiger Schwankungen, auf etwa gleich hohem Niveau zu bleiben. Das deutet darauf hin, dass die Anzahl der gelegentlichen Konsumenten illegaler Drogen, die nach ein- oder mehrmaligem Probieren den Konsum wieder einstellen, zunimmt, während der Umfang regelmäßiger Konsumenten in etwa konstant bleibt.

Cannabis wird in Deutschland von Jugendlichen am häufigsten und als erste illegale Droge konsumiert, heute hat über ein Viertel der 12- bis 25-jährigen Jugendlichen bereits Erfahrungen mit Cannabis gemacht. Obwohl Cannabis von den meisten Jugendlichen nur gelegentlich geraucht wird und sehr viele es später ganz aufgeben, steigt die Zahl derer, die Cannabis exzessiv konsumieren, stetig an. Seit 2010 ist zudem ein massiver Anstieg im Konsum von „Crystal Meth“ (Meth-Amphetamin) zu verzeichnen. In sächsischen Suchtberatungsstellen hat die Anzahl der auf Meth-Amphetamin bezogenen Beratungsgespräche von 2008 auf 2012 um 80 % zugenommen.

Drogenkonsum in Deutschland (Stand: 2012)

| | |
|---|-------------|
| Durchschnittsalter erstauffälliger Konsumenten harter Drogen | 28,6 Jahren |
| Erste Erfahrung Jugendlicher mit Cannabis im Alter von | 16,7 Jahren |
| Anteil der Personen im Alter von 18 bis 64 Jahren, die im Jahr 2012 Erfahrungen mit Cannabis hatten | 23,2 % |
| Anzahl an Personen Drogen mit substanzbezogenen Störungen in der erwachsenen Allgemeinbevölkerung (Hochrechnungen 2012) | |
| Missbrauch illegaler Drogen insgesamt | 283.000 |
| Männer | 254.000 |
| Frauen | 58.000 |
| Abhängigkeit illegaler Drogen insgesamt | 319.000 |
| Männer | 260.000 |
| Frauen | 58.000 |

Verkehrsunfälle mit Personenschäden (P) auf Grund berausgender Mittel (ohne Alkohol)

| Jahr | Unfälle (P) insgesamt | Unfälle (P) Drogen | Jahr | Unfälle (P) insgesamt | Unfälle (P) Drogen |
|------|-----------------------|--------------------|------|-----------------------|--------------------|
| 2000 | 383.000 | 1015 | 2007 | 335.845 | 1415 |
| 2001 | 375.000 | 1081 | 2009 | 310.806 | 1320 |
| 2002 | 362.000 | 1263 | 2010 | 288.297 | 1188 |
| 2003 | 354.000 | 1408 | 2012 | 299.637 | 1425 |
| 2004 | 339.000 | 1521 | 2013 | 291.105 | 1388 |

BZgA 2012; Deutsche Hauptstelle für Suchtfragen: www.dhs.de; www.drogenbeauftragte.de; Statistisches Bundesamt 2013, www.destatis.de; Jahrbuch Sucht 2014

Tabelle 2.3.17 Rauschgiftdelikte und Rauschgiftsicherstellung in Deutschland 1995-2004

Angaben in Delikte pro 100.000 Einwohner, nach der polizeilichen Kriminalstatistik und der Falldatei Rauschgift. Synthetische Drogen wie z. B. Amphetamine und Methamphetamine sind eingeschlossen.

Abk. KE = Konsumeinheit (meist in Tablettenform).

| Jahr | Rauschgiftdelikte | Sicherstellung Heroin (kg) | Sicherstellung Kokain (kg) | Amphetamine (kg) | Sicherstellung Ecstasy (KE) |
|------|-------------------|----------------------------|----------------------------|------------------|-----------------------------|
| 2000 | 226.563 | 796 | 913 | 271 | 1.634.683 |
| 2002 | 246.518 | 520 | 2136 | 362 | 3.207.099 |
| 2004 | 283.708 | 775 | 969 | 556 | 2.052.158 |
| 2012 | 237.150 | 242 | 1258 | 1196 | 313.179 |
| 2013 | 253.525 | 270 | 1315 | 1339 | 480.839 |

PKS Bundeskriminalamt 2013

Tabelle 2.3.18 Rauschgiftdelikte in den Bundesländern 2013

Angaben in Delikte pro 100.000 Einwohner, nach der polizeilichen Kriminalstatistik.

| Bundesländer | Rauschgiftdelikte | Bundesländer | Rauschgiftdelikte |
|------------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| Baden-Württemberg | 299 | Niedersachsen | 356 |
| Bayern | 283 | Nordrhein-Westfalen | 323 |
| Berlin | 396 | Rheinland-Pfalz | 355 |
| Brandenburg | 210 | Saarland | 190 |
| Bremen | 564 | Sachsen | 232 |
| Hamburg | 493 | Sachsen-Anhalt | 268 |
| Hessen | 340 | Schleswig-Holstein | 241 |
| Mecklenburg-Vorpommern | 244 | Thüringen | 400 |

PKS Bundeskriminalamt 2013

**Tabelle 2.3.19 Rauschgiftdelikte in den Großstädten
ab 200.000 Einwohner und in den Landeshauptstädten
2012**

Beim Vergleich der Städte untereinander ist zu beachten, dass das Anzeigeverhalten sehr unterschiedlich sein kann und dass bei der Berechnung der Häufigkeit nur die amtlich gemeldete Wohnbevölkerung berücksichtigt wird.

Als Häufigkeit werden Fälle pro 100.000 Einwohner angegeben.

| Stadt | Fälle Insges. | Stadt | Fälle Insges. |
|--------------|------------------|-----------------|------------------|
| Aachen | 1250 | Karlsruhe | 1426 |
| Augsburg | 1268 | Kiel | 927 |
| Berlin | 13.348 | Köln | 5265 |
| Bielefeld | 890 | Krefeld | 692 |
| Bochum | 1171 | Leipzig | 1434 |
| Bonn | 1219 | Lübeck | 795 |
| Braunschweig | 1175 | Magdeburg | 592 |
| Bremen | 3173 | Mainz | 713 |
| Chemnitz | 779 | Mannheim | 1759 |
| Dortmund | 3136 | Mönchengladbach | 736 |
| Dresden | 1890 | München | 6265 |

| Stadt | Fälle Insges. | Stadt | Fälle Insges. |
|-----------------|------------------|-------------|------------------|
| Duisburg | 1493 | Münster | 928 |
| Düsseldorf | 3546 | Nürnberg | 2370 |
| Erfurt | 933 | Oberhausen | 1295 |
| Essen | 1326 | Potsdam | 340 |
| Frankfurt a. M. | 6886 | Reutlingen | 675 |
| Freiburg i. Br. | 1408 | Rostock | 546 |
| Gelsenkirchen | 562 | Saarbrücken | 559 |
| Hagen | 885 | Stuttgart | 3473 |
| Halle | 670 | Wiesbaden | 796 |
| Hamburg | 8546 | Wuppertal | 1153 |
| Hannover | 4318 | Würzburg | 1070 |

PKS Bundeskriminalamt 2013

Tabelle 2.3.20 Rauschgifttote (Mortalität) 1995–2012

Die häufigsten Todesursachen waren wie in den Vorjahren Überdosierungen von Heroin und Mischintoxikationen.

| | 1995 | 2002 | 2004 | 2007 | 2011 | 2012 |
|----------|------|------|------|------|------|------|
| gesamt | 1565 | 1513 | 1385 | 1369 | 986 | 944 |
| männlich | 1293 | 1263 | 1156 | 1166 | 837 | 746 |
| weiblich | 254 | 237 | 203 | 203 | 144 | 177 |

Jahrbuch Sucht 2014, Deutsche Hauptstelle für Suchtfragen, www.dhs.de

Tabelle 2.3.21 Erstauffällige Konsumenten harter Drogen in Deutschland 2008–2012 und nach Rauschgiftart 2004

Erstauffällige Konsumenten harter Drogen sind Personen, die erstmals der Polizei oder dem Zoll in Verbindung mit dem Missbrauch von harten Drogen bekannt werden.

Die Anzahl der erstauffälligen Konsumenten ist im Vergleich zum Vorjahreszeitraum um 8% auf 19.559 registrierte Personen gesunken, während die Zahl der Konsumenten von Ecstasy um ein Drittel angestiegen ist.

Insgesamt nimmt in der Bundesrepublik Deutschland die Bedeutung von Amphetamin, Crack und Cannabisprodukten zu, während Kokain und LSD stagnieren und Heroin an Bedeutung verliert.

Erstauffällige Konsumenten harter Drogen

| Jahr | gesamt | Heroin | Kokain | Amphetamine | Ecstasy | LSD | sonstige |
|------|--------|--------|--------|-------------|---------|-----|----------|
| 2008 | 19.203 | 3900 | 3970 | 10.631 | 2174 | 158 | 286 |
| 2009 | 18.139 | 3592 | 3591 | 10.315 | 1357 | 127 | 321 |
| 2010 | 18.321 | 3201 | 3211 | 12.043 | 840 | 141 | 333 |
| 2011 | 21.315 | 2742 | 3343 | 14.402 | 942 | 135 | 897 |
| 2012 | 19.559 | 2090 | 3263 | 13.728 | 1257 | 144 | 330 |

Jahrbuch Sucht 2014, Deutsche Hauptstelle für Suchtfragen, www.dhs.de, PKS Bundeskriminalamt 2014

Tabelle 2.3.22 Trends der Prävalenz des Konsums illegaler Drogen bei 18- bis 24-Jährigen und bei 18- bis 39-Jährigen in Deutschland

Die Prävalenz ist eine absolute Größe und sagt hier als Kennzahl aus, auf wie viele Personen einer bestimmten Altersgruppe der angegebene Drogenkonsum zutrifft. In der Tabelle werden die Werte auf die Lebenszeit bezogen.

Im Gegensatz zu den Prävalenzen bei Tabak und Alkohol steigen die Lebenszeit-Prävalenzen bei den meisten illegalen Drogen in Deutschland kontinuierlich an. Sowohl in Deutschland als auch europaweit ist Cannabis die am weitesten verbreitete illegale Drogen.

| Jahr | illegal Drogen | Cannabis | Amphetamine | Ecstasy | Opiate | Kokain/ Crack |
|---|----------------|----------|-------------|---------|--------|---------------|
| Prävalenz des Konsums illegaler Drogen unter den 18- bis 24-Jährigen | | | | | | |
| 1980 | 15,4 | 14,6 | 2,7 | – | 1,5 | 0,6 |
| 1986 | 14,0 | 13,3 | 2,6 | – | 1,4 | 0,8 |
| 1997 | 26,9 | 24,0 | 2,7 | 5,5 | 1,1 | 2,4 |
| 2003 | 44,2 | 43,6 | 6,0 | 5,4 | 2,1 | 4,4 |
| 2006 | 41,3 | 40,6 | 5,4 | 5,4 | 1,1 | 4,4 |
| 2009 | 35,7 | 34,8 | 5,0 | 3,8 | 1,2 | 4,0 |
| 2012 | 28,7 | 28,3 | 2,5 | 2,5 | 0,3 | 1,8 |

| Jahr | illegaler Drogen | Cannabis | Amphetamine | Ecstasy | Opiate | Kokain/Crack |
|---|------------------|----------|-------------|---------|--------|--------------|
| Prävalenz des Konsums illegaler Drogen unter den 18- bis 39-Jährigen | | | | | | |
| 1990 | 14,6 | 14,0 | 2,8 | – | 1,4 | 1,3 |
| 1997 | 18,9 | 17,6 | 2,1 | 2,8 | 1,1 | 2,0 |
| 2000 | 27,7 | 27,2 | 3,0 | 2,8 | 1,4 | 3,7 |
| 2006 | 34,7 | 33,9 | 4,0 | 4,4 | 1,4 | 4,1 |
| 2012 | 36,2 | 35,8 | 4,6 | 4,8 | 1,4 | 5,2 |

Kraus et al. 2014

Tabelle 2.3.23 Arzneimittel – Konsum und Suchtpotenzial

Arzneimittel sind Medikamente, Mittel zur Diagnose von Erkrankungen und Impfstoffe. Arzneimittel können neben ihrer heilenden Wirkung gegen Krankheiten auch schädigende Wirkungen haben. Paracelsus, ein deutscher Arzt und Chemiker im 16. Jahrhundert, der gegen den Zeitgeist davon ausging, dass Krankheiten durch körperfremde Substanzen verursacht und durch chemische Substanzen bekämpft werden können, hat dies durch den Satz „Die Dosis macht das Gift“ zum Ausdruck gebracht.

In Deutschland sind zurzeit ca. 50.000 verschiedene Arzneimittel auf dem Markt. Von den häufig verordneten Arzneimitteln besitzen 4–5 % ein eigenes Missbrauchs- und Abhängigkeitspotenzial, das zur Abhängigkeit führen kann. Bei sachgerechter Verordnung und Anwendung wird dies vermieden.

Zu den am häufigsten eingenommenen psychotropen Medikamenten gehören Schlaf- und Beruhigungsmittel wie Hypnotika, Sedativa, Tranquillizer vom Benzodiazepin- und Barbitursäure-Typ. Darüber hinaus sind die Anregungsmittel, Appetitzügler (Stimulanzien), Schmerz- und Betäubungsmittel (peripher und zentral wirkende Analgetika) von Bedeutung. Sie sind alle rezeptpflichtig, werden aber oft (30–35 %) zu lange und in zu hoher Dosis nicht wegen akuter Probleme, sondern zur Bedienung der Sucht und zur Vermeidung von Entzugserscheinungen verordnet.

| Arzneimittelmarkt nach Endverbraucherpreisen im Jahr 2012 | | | |
|--|-------------|----------------|----------------|
| Rezeptpflichtige Arzneimittel | 34,02 Mrd.€ | +1,5 % zu 2011 | Anteil 85 % |
| Verordnete rezeptfreie Arzneimittel | 1,19 Mrd.€ | –0,2 % zu 2011 | Anteil 3 % |
| Selbstmedikation mit rezeptfreien Arzneimitteln aus der Apotheke | 4,4 Mrd.€ | +1,5 % zu 2011 | Anteil 11 % |

| | | | |
|--|---------------------|-----------------------|----------------------|
| Selbstmedikation mit rezeptfreien Arzneimitteln außerhalb der Apotheke | 0,19 Mrd.€ | –4,3 % zu 2011 | Anteil 0,3 % |
| Gesamt | 39,84 Mrd.€ | +1,4 % zu 2011 | Anteil 100 % |
| Arzneimittelmarkt nach Packungsmengen im Jahr 2012 | | | |
| Rezeptpflichtige Arzneimittel | 692 Mio. | 0 % zu 2011 | Anteil 47 % |
| Verordnete rezeptfreie Arzneimittel | 116 Mio. | –2,8 % zu 2011 | Anteil 8 % |
| Selbstmedikation mit rezeptfreien Arzneimitteln aus der Apotheke | 556 Mio. | –0,5 % zu 2011 | Anteil 38 % |
| Selbstmedikation mit rezeptfreien Arzneimitteln außerhalb der Apotheke | 62 Mio. | –4,3 % zu 2011 | Anteil 4 % |
| Gesamt | 1426 Mio. | +1,4 % zu 2011 | Anteil 100 % |
| Tägliche Einnahme von Medikamenten mit Suchtpotenzial 2012 | | | |
| Männer | 7,1 % der Befragten | 18–20-Jährige (insg.) | 3,9 % der Befragten |
| Frauen | 7,0 % der Befragten | 50–59-Jährige (insg.) | 10,1 % der Befragten |

Pabst et al. 2013; Jahrbuch Sucht 2014, Deutsche Hauptstelle für Suchtfragen:
www.dhs.de

Tabelle 2.3.24 Die meistverkauften Arzneimittel in Deutschland 2004

Beim Pro-Kopf-Umsatz musste in Deutschland im Jahr 2004 für ca. 18 Arzneimittel-Packungen etwa 423 € ausgegeben werden. Davon entfielen auf verordnete Mittel etwa 353 € und 70 € auf Arzneimittel, die im Zuge einer Selbstmedikation selbst bezahlt wurden. Das bedeutet, dass jeder Einwohner in Deutschland statistisch gesehen etwa 1100 Tabletten, Kapseln, Zäpfchen oder andere Dosierungen geschluckt hat.

Beim Konsum zeigt sich eine starke Geschlechts- und Altersabhängigkeit. Frauen und ältere Menschen konsumieren im Vergleich zu den Durchschnittswerten 2- bis 3-mal so viele Arzneimittel (siehe Tab. 2.3.28). Dies zeigt sich besonders beim Verbrauch von verschriebenen Arzneimitteln.

Im Vergleich zum Vorjahr 2003 wurden 5,1 % weniger Packungen verkauft, mit denen jedoch ein um 4,1 % höherer Industrieumsatz erwirtschaftet wurde.

Im internationalen Vergleich liegt Deutschland mit den Ausgaben für Arzneimittel auf Rang 3 nach den USA und Frankreich. Auf den Rängen mit geringeren Ausgaben folgen Japan, Italien, Österreich und Spanien.

Abkürzungen: Selbstm. = vor allem Selbstmedikation, nicht rezeptpflichtig; Rezept = rezeptpflichtig

| Rang | Arzneimittel | Anwendungsgebiet | Umsatz in Millionen Packungen | Verordnung |
|------|-----------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|------------|
| 1 | Nasenspray ratiopharm (Xylom.) | Schnupfen | 23,0 | Selbstm. |
| 2 | Paracetamol ratiopharm | Schmerzen, Fieber | 17,7 | Selbstm. |
| 3 | Voltaren (Diclofenac) | Rheumat. Beschwerden | 16,6 | Rezept |
| 4 | Bepanthen | Schürfwunden | 14,2 | Selbstm. |
| 5 | Ibuflam (Ibuprofen) | Schmerzen | 13,6 | Selbstm. |
| 6 | ACC Hexal (Acetylcystein) | Hustenlöser | 10,9 | Selbstm. |
| 7 | Thomapyrin (coffeinhaltig) | Kopfschmerzen | 10,8 | Selbstm. |
| 8 | Sinupret | Bronchitis, Sinusitis | 9,6 | Selbstm. |
| 9 | ASS ratiopharm (Acetsalicylsäure) | Schmerzen, Fieber | 9,4 | Selbstm. |
| 10 | Ramilich (Ramipril) | Bluthochdruck | 8,8 | Rezept |
| 11 | L-Thyroxin Henning | Schilddrüsenumunterfunktion | 8,4 | Rezept |
| 12 | Iberogast | Magen-Darm-Beschw. | 8,3 | Selbstm. |
| 13 | Nasic | Schnupfen | 8,1 | Selbstm. |
| 14 | Novaminsulfon ratiopharm | Schmerzen | 8,0 | Selbstm. |
| 15 | Aspirin (Acetsalicylsäure) | Schmerzen, Fieber | 7,7 | Selbstm. |
| 16 | Mocosolvan (Ambroxol) | Hustenlöser | 7,3 | Selbstm. |
| 17 | Prospan (Efeu-Extrakt) | Husten | 7,3 | Selbstm. |
| 18 | Dolormin (Ibuprofen) | Schmerzen | 7,2 | Selbstm. |
| 19 | Ibu 1A PHARMA (Ibuprofen) | Schmerzen | 7,1 | Selbstm. |

| Rang | Arzneimittel | Anwendungsgebiet | Umsatz in Millionen Packungen | Verordnung |
|---|----------------------------|------------------|-------------------------------|------------|
| 20 | Ibu ratiopharm (Ibuprofen) | Schmerzen | 7,1 | Selbstm. |
| Gesamtmenge an verkauften Packungen 2012: | | | 1,47 Mrd | |

Jahrbuch Sucht 2014, Deutsche Hauptstelle für Suchtfragen: www.dhs.de

Tabelle 2.3.25 Die umsatzstärksten Arzneimittel in Deutschland 2004

Im Jahr 2004 ist durch die Einführung der Praxisgebühr die Zahl der Arztbesuche und damit auch die Menge der verordneten und der selbst gekauften Medikamente gegenüber 2003 um ca. 9 % gesunken. Da im gleichen Zeitraum der Durchschnittspreis eines verordneten Medikaments um 8 % gestiegen ist, wurde auf dem Arzneimittelmarkt insgesamt 4 % weniger ausgegeben. Am stärksten sanken mit 45 % die Ausgaben für verordnete nicht verschreibungspflichtige Mittel, wie Galle- und Lebermittel, angeblich durchblutungsfördernde Mittel, Magenmittelkombinationen, Mittel gegen Nervenschäden oder pflanzliche Mittel gegen die Parkinson-Krankheit.

Für chronische Krankheiten wie Bluthochdruck, Diabetes oder Hypercholesterinämie werden die umsatzstärksten Arzneimittel verschrieben. Auf die 20 in der Tabelle genannten Hochumsatzprodukte entfallen knapp 14 % des gesamten Umsatzes.

Im Jahre 2004 stand der Cholesterin-Senker Sortis an Platz 1. Im Jahre 2005 wird er diesen Platz allerdings verlieren, weil im Streit um die Festbeträge in der gesetzlichen Krankenversicherung die Herstellerfirma den Preis des Mittels nicht absenken wollte und dadurch empfindliche Absatzeinbußen hinnehmen musste.

Abkürzungen: Selbstm. = vor allem Selbstmedikation, nicht rezeptpflichtig; Rezept = rezeptpflichtig; BTM = nur auf Betäubungsmittel-Rezept.

| Rang | Arzneimittel | Anwendungsgebiet | Umsatz in Mio. € |
|------|-------------------------|-----------------------------|------------------|
| 1 | Humira (Adalimumab) | Rheuma etc. | 501,4 |
| 2 | Enbrel (Etanercept) | Rheumatoide Arthritis | 345,6 |
| 3 | Spiriva (Tiotropium) | Chronische Lungenerkrankung | 251,9 |
| 4 | Glivec (Imatinib) | Krebsarzneimittel | 244,6 |
| 5 | Lucentis (Ranibizumab) | Netzhauterkrankungen | 233,3 |
| 6 | Lyrica (Pregabalin) | Epilepsie/Neuropathie | 231,7 |
| 7 | Rebif (Interferon-β-1a) | Multiple Sklerose | 230,3 |

| Rang | Arzneimittel | Anwendungsgebiet | Umsatz in Mio. € |
|--|-------------------------------------|-------------------|------------------|
| 8 | Avonex (Interferon-β-1a) | Multiple Sklerose | 192,0 |
| 9 | Copaxone (Glitarimer) | Multiple Sklerose | 165,7 |
| 10 | Symbicort (β-2-Agonist + Corticoid) | bei Asthma | 165,6 |
| 11 | Truvada (Emtricitabin + Tenofovir) | HIV/AIDS | 163,0 |
| 12 | Lantus (Analog-Insulin) | Diabetes | 157,1 |
| Gesamtumsatz der Pharmaindustrie 2012: | | | 26.768,3 |

Jahrbuch Sucht 2006, Deutsche Hauptstelle für Suchtfragen: www.dhs.de

Tabelle 2.3.26 Veränderungen im Verbrauch der Benzodiazepin-Mengen 1993–2004

Benzodiazepin-Derivate gehören in der Bundesrepublik zu den meistverordneten Arzneimitteln. Es sind Tranquillizer und Hypnotika, die dämpfend wirken und bei Angst- und Spannungszuständen sowie Schlafstörungen eingesetzt werden. Sie werden im Körper sehr unterschiedlich abgebaut. Die Halbwertszeit, zu der die Hälfte der Substanz abgebaut ist, kann zwischen 2,5 und 8 Stunden liegen. Bei Schlafmitteln ist eine Dosierung mit mittlerer Wirkdauer sinnvoll, um Nachwirkungen („hang-over“-Effekte) am nächsten Morgen zu vermeiden. Auf Grund des hohen Risikos einer Benzodiazepin-Abhängigkeit werden zur Substitution Neuroleptika und Antidepressiva verordnet.

| Durchschnittlicher Verbrauch 1993–1996 | | | Durchschnittlicher Verbrauch 2001–2004 | | |
|--|------------|---------|--|------------|---------|
| Rang | Substanz | kg/Jahr | Rang | Substanz | kg/Jahr |
| 1 | Oxazepam | 3302,90 | 1 | Oxazepam | 2228,50 |
| 2 | Diazepam | 1211,00 | 2 | Diazepam | 1055,00 |
| 3 | Flurazepam | 902,80 | 3 | Temazepam | 813,20 |
| 4 | Bromazepam | 758,13 | 4 | Bromazepam | 671,95 |
| 5 | Temazepam | 723,80 | 5 | Flurazepam | 391,80 |
| 6 | Medazepam | 503,00 | 6 | Medazepam | 263,40 |
| 7 | Nitrazepam | 414,50 | 7 | Nitrazepam | 185,00 |
| 8 | Clobazam | 189,00 | 8 | Lorazepam | 149,80 |

| | | | | | |
|----|---------------|-------|----|---------------|--------|
| 9 | Lorazepam | 92,90 | 9 | Clobazam | 129,70 |
| 10 | Flunitrazepam | 84,75 | 10 | Lormetazepam | 57,60 |
| 11 | Lormetazepam | 79,70 | 11 | Flunitrazepam | 35,20 |
| 12 | Alprazolam | 14,96 | 12 | Alprazolam | 16,10 |
| 13 | Triazolam | 2,80 | 13 | Triazolam | 1,40 |

Verkaufszahlen synthetische Schlafmittel nach Packungsmengen 2012 (Packungsmengen in Tsd)

| Rang | Präparat | Wirkstoff | Absatz | Missbrauchs-/Abhängigkeitspotenzial |
|------|----------------------|----------------|--------|-------------------------------------|
| 1 | Hoggar | Doxylamin | 2002,2 | eher nicht |
| 2 | Zopiclon AbZ | Zopiclon | 1310,3 | ++ bis +++ |
| 3 | Vivinox Sleep | Diphenhydramin | 1090,5 | eher nicht |
| 4 | Zolipidem ratiopharm | Zolipidem | 952,2 | ++ bis +++ |
| 5 | Zolipidem A | Zolipidem | 740,4 | ++ bis +++ |

Jahrbuch Sucht 2006, 2014, Deutsche Hauptstelle für Suchtfragen: www.dhs.de

2.4 Aids, Krebs und andere ausgewählte Krankheiten

Tabelle 2.4.1 HIV/AIDS-Daten und Trends weltweit

HIV = Abkürzung von englisch „*Human Immune (deficiency) Virus*“.

Bei HIV-Infizierten sind HIV-Antikörper in der Latenzphase serologisch nachweisbar, Krankheitssymptome sind nicht erkennbar, die Ansteckung anderer Personen ist jedoch möglich. Umgangssprachlich wird eine HIV-Infektion als AIDS (*acquired immune deficiency syndrome*) bezeichnet; medizinisch korrekt ist die Bezeichnung AIDS jedoch nur für das Vollbild der Symptome bei der HIV-Infektion.

An der Immunschwächekrankheit AIDS sind seit ihrem bekannt werden 1981 mehr als 36 Millionen Menschen gestorben. Sie ist damit zu einer der gefährlichsten Epidemien in der Geschichte der Menschheit geworden.

Von 2005 bis 2013 ist die Zahl der HIV-Positiven weltweit deutlich gestiegen. In Südafrika beispielsweise ist die Zahl der HIV-Positiven von 2005 mit 5,6 Mio. auf 6,3 Mio. in 2013 gestiegen.

Auch in Osteuropa und Zentralasien breitet sich die Epidemie weiter aus. In Osteuropa und Zentralasien stieg die Zahl der HIV-Positiven seit 2003 um 50% an und die Zahl der AIDS-Toten um etwa 40%.

Die Zahlen in Klammern geben den Schwankungsbereich der Angaben an.

Die weltweite HIV-AIDS-Epidemie, Stand November 2013

| HIV-positive Menschen 2013 | |
|--|----------------------------|
| Gesamt | 35 Mio. (37,2 Mio.) |
| Erwachsene | 31,8 Mio. (30,1–33,7 Mio.) |
| Frauen | 16 Mio. (15,2–16,9 Mio.) |
| Kinder unter 15 Jahren | 3,2 Mio. (2,9–3,5 Mio.) |
| Zum Vergleich: mit HIV-positive Menschen 1999 | |
| | 27,1 Mio. |
| Erwachsene | 24,9 Mio. |
| Frauen | 12,3 Mio. |
| Kinder unter 15 Jahren | 2,2 Mio. |
| HIV-Neuinfektionen 2013 | |
| Gesamt | 2,1 Mio. (1,9–2,4 Mio.) |
| Erwachsene | 1,9 Mio. (1,7–2,1 Mio.) |
| Kinder unter 15 Jahren | 240.000 (210.000–280.000) |
| damit haben sich insgesamt täglich infiziert: | ~5753 |
| AIDS-Tote 2013 | |
| Gesamt | 1,5 Mio. (1,4–1,7 Mio.) |
| Gesamtzahl der AIDS-Todesfälle seit Beginn | über 35 Mio. |

UNAIDS/Weltgesundheitsorganisation (WHO) 2014: www.unaids.org

Tabelle 2.4.2 Chronik der AIDS-Epidemie

| Vorgeschichte und Verlauf der AIDS-Epidemie | Jahr |
|---|---------|
| Erster retrospektiv mutmaßlicher AIDS-Fall (USA). | 1952 |
| Weiterer retrospektiv mutmaßlicher AIDS-Fall (Kanada). | 1958 |
| Erstes HIV-positives Serum (Kinshasa, Zaire). | 1959 |
| Erster retrospektiv gesicherter AIDS-Fall in Manchester (GB). | 1959/60 |

| Vorgeschichte und Verlauf der AIDS-Epidemie | Jahr |
|---|---------|
| Mutmaßliche AIDS-Fälle bei Wanderarbeitern in Südafrika. | 1963/65 |
| Erste retrospektiv gesicherte HIV-Infektionen in Norwegen. | 1966 |
| Erster retrospektiv gesicherter AIDS-Fall in St. Louis (USA). | 1968 |
| Zahlreiche mutmaßliche AIDS-Fälle in Israel, USA und Afrika; Aggressives Kaposi-Sarkom in Afrika. | 1969 |
| HIV-positive Seren bei Drogenabhängigen in New York. | 1971/72 |
| Erster AIDS-Fall in Frankreich. | 1972 |
| Mutmaßlicher AIDS-Fall in Uganda. | 1973 |
| Fälle des aggressiven Kaposi-Sarkoms nehmen in den USA zu. | 1975 |
| Erster AIDS-Fall in Deutschland (Köln) und Dänemark, 3 AIDS-Patienten versterben in Norwegen. | 1976 |
| Erster AIDS-Fall in Belgien. | 1977 |
| Zweiter AIDS-Fall in Deutschland. | 1978 |
| Erster retrospektiv gesicherter AIDS-Fall durch HIV-2 bei einem Portugiesen, der von 1956 bis 1966 in Guinea-Bissau lebte. | 1979/80 |
| Die AIDS-Epidemie wird sichtbar: zunehmend Fälle des aggressiven Kaposi-Sarkoms bei homosexuellen Männern (USA); erster Bericht über AIDS in einer deutschen Wochenzeitschrift. | 1981 |
| Die Krankheit wird als infektiös erkannt und bekommt den Namen: „AIDS“ (acquired immune deficiency syndrome); erste AIDS-Fälle bei deutschen Blutern und bei Säuglingen. | 1982 |
| Der AIDS-Erreger wird am Pariser Pasteur-Institut isoliert. | 1983 |
| Erstes Bild eines AIDS-Virus wird im Mai in Science veröffentlicht. | 1983 |
| Erste Antikörpertests. | 1984 |
| Erste dokumentierte Übertragung durch Nadelstiche. | 1984 |
| Erste AIDS-Fälle unter Drogenabhängigen in Deutschland. | 1984 |
| Erste durch heterosexuelle Übertragung erworbene AIDS-Erkrankung in Deutschland (Lebenspartnerin eines Bluters). | 1984 |
| Das HIV-Genom wird am Pasteur-Institut entzifert. | 1984 |
| Erster AIDS-Fall nach Bluttransfusion in Deutschland. | 1985 |
| Vakzine (Impfstoffe) gegen HIV werden in den USA getestet. Zulassung des ersten HIV-Therapeutikums (AZT/Retrovir) | 1987 |
| Einführung der HIV-PCR zur Diagnostik. | 1994 |
| Einführung der HAART-Kombinationstherapie aus antiretroviralen Medikamenten. | 1996 |

| Vorgeschichte und Verlauf der AIDS-Epidemie | Jahr |
|--|------|
| Beschreibung von genetischen Ursachen für HIV-Resistenzen. | 1996 |
| Einführung des Medikaments <i>Enfuvirtid</i> (Fusionshemmer). Es verhindert die Fusion des HIV-1 mit der Wirtszelle. | 2003 |
| Erste Tests mit dem Impfstoff „gag-PR-deltaRT AAV“ in Deutschland. | 2004 |
| Dramatischer Anstieg der HIV-Positiven-Zahlen in Osteuropa und Asien. | 2005 |
| Medizin-Nobelpreis für die Entdeckung des HI-Virus für <i>Luc Montagnier</i> und <i>Françoise Barré-Sinoussi</i> . | 2008 |
| Funktion des Proteins TRIM5 bei HIV-Resistenz entdeckt. | 2011 |
| Impfstudie mit Rhesus-Affen, bei der die Hälfte der Tier eine Infektion eliminieren konnten. | 2013 |

AIDS-Nachrichten 4/93 AIDS-Zentrums des Bundesgesundheitsamtes; Lage-Stehr 1994; May et al. 2006; Pertel et al. 2011; Hoffmann und Rockstroh 2014

Tabelle 2.4.3 HIV/AIDS – in den Regionen der Welt

Bei HIV-Infizierten sind HIV-Antikörper in der Latenzphase serologisch nachweisbar, Krankheitssymptome sind nicht erkennbar. AIDS-Fälle zeigen die Symptome der Krankheitsphase.

Die „Prävalenz bei Erwachsenen“ ist eine epidemiologische Kennzahl und sagt aus, wie hoch der Prozentsatz der Erwachsenen ist, die in der angegebenen Population HIV-positiv sind.

| Region | HIV-Positive | Neuinfektionen | Prävalenz bei Erwachs. (%) | AIDS-Tote |
|----------------------------------|--------------|----------------|----------------------------|-----------|
| Welt gesamt | | | | |
| 2005 | 32,1 Mio. | 2,9 Mio. | 0,8 | 1,5 Mio. |
| 2013 | 35,0 Mio. | 2,1 Mio. | 0,8 | 2,8 Mio. |
| Südliches Afrika | | | | |
| 2005 | 23,2 Mio. | 2,2 Mio. | 5,6 | 1,8 Mio. |
| 2013 | 24,7 Mio. | 1,5 Mio. | 4,7 | 1,1 Mio. |
| Nordafrika u. Naher Osten | | | | |
| 2005 | 160.000 | 23.000 | <0,1 | 8800 |

| Region | HIV-Positive | Neuinfektionen | Prävalenz bei Erwachs. (%) | AIDS-Tote |
|--|--------------|----------------|----------------------------|-----------|
| 2013 | 230.000 | 25.000 | 0,1 | 15.000 |
| Asien und Pazifischer Raum | | | | |
| 2005 | 4,5 Mio. | 370.000 | 0,2 | 340.000 |
| 2013 | 4,8 Mio. | 350.000 | 0,2 | 250.000 |
| Lateinamerika | | | | |
| 2005 | 1,3 Mio. | 97.000 | 0,4 | 68.000 |
| 2013 | 1,6 Mio. | 94.000 | 0,4 | 47.000 |
| Karibik | | | | |
| 2005 | 270.000 | 19.000 | 1,2 | 23.000 |
| 2013 | 250.000 | 12.000 | 1,1 | 11.000 |
| Osteuropa u. Zentralasien | | | | |
| 2005 | 830.000 | 100.000 | 0,5 | 51.000 |
| 2013 | 1,1 Mio. | 110.000 | 0,6 | 53.000 |
| West- und Mitteleuropa, Nordamerika | | | | |
| 2005 | 1,8 Mio | 95.000 | 0,3 | 28.000 |
| 2013 | 2,3 Mio | 88.000 | 0,3 | 27.000 |

UNAIDS/WHO 2013: www.unaids.org

Tabelle 2.4.4 HIV – in Europa 2008–2012

Nach der Definition der WHO (Welt-Gesundheits-Organisation) werden der Region Europa 553 Länder zugeordnet. Die Daten entsprechen dem Stand 31.12.2013. Als Überwachungsinstrument der HIV-Epidemie in Europa sind die Berichte über AIDS-Fälle, die die Symptome der Erkrankung zeigen, durch Berichte über HIV-Neuinfektionen seit 1996 abgelöst worden. Die Daten stehen allerdings in Bezug zu den insgesamt durchgeföhrten HIV-Tests, weshalb die Ergebnisse mit Vorsicht zu betrachten sind und die Infektionsraten ein verlässlicheres Maß bieten.

HIV-Fälle und Raten pro 1 Mio/100.000 Einwohner der Bevölkerung

| 2008 | | 2010 | | 2012 | | |
|--------------------|---------------|-------------------|---------------|-------------------|---------------|-------------------|
| | HIV-Diagnosen | Raten pro 100.000 | HIV-Diagnosen | Raten pro 100.000 | HIV-Diagnosen | Raten pro 100.000 |
| West-europa | 29.153 | 7,8 | 29.757 | 7,4 | 27.315 | 6,6 |
| Österreich EU | 347 | 4,2 | 317 | 3,8 | 306 | 3,6 |
| Belgien EU | 1091 | 10,2 | 1198 | 11,1 | 1227 | 11,1 |
| Dänemark EU | 285 | 5,2 | 275 | 5,0 | 201 | 3,6 |
| Finnland EU | 147 | 2,8 | 184 | 3,4 | 156 | 2,9 |
| Frankreich EU | 5764 | 9,0 | 5536 | 8,6 | 4066 | 6,2 |
| Deutschland EU | 2850 | 3,5 | 2919 | 3,6 | 2953 | 3,6 |
| Griechenland EU | 603 | 5,4 | 626 | 5,5 | 1595 | 9,4 |
| Island | 10 | 3,2 | 24 | 7,6 | 19 | 5,9 |
| Irland EU | 405 | 9,2 | 330 | 7,4 | 339 | 7,4 |
| Israel | 394 | 5,5 | 424 | 5,7 | 487 | 6,4 |
| Italien EU | 2038 | 5,5 | 3932 | 6,7 | 3898 | 6,4 |
| Luxemburg EU | 57 | 11,8 | 49 | 9,8 | 54 | 10,3 |
| Malta EU | 28 | 6,8 | 18 | 4,3 | 30 | 7,2 |
| Monako | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Niederlande EU | 1288 | 7,9 | 1157 | 7,0 | 976 | 5,8 |
| Norwegen | 299 | 6,3 | 258 | 5,3 | 242 | 4,9 |
| Portugal EU | 1900 | 18,2 | 1511 | 14,5 | 721 | 7,0 |
| San Marino | 4 | 12,5 | 6 | 19,2 | 5 | 15,5 |
| Spanien EU | 3188 | 11,4 | 3575 | 10,9 | 3210 | 8,5 |

| | | | | | | |
|-------------------------|--------|------|--------|------|--------|------|
| Schweden | 416 | 4,5 | 449 | 4,8 | 363 | 3,8 |
| EU | | | | | | |
| Schweiz | 768 | 10,1 | 607 | 7,8 | 643 | 8,1 |
| England | 7268 | 12,0 | 6358 | 10,3 | 6358 | 10,3 |
| EU | | | | | | |
| Mittel-europa | 2312 | 7,8 | 2669 | 1,4 | 3715 | 1,9 |
| Albanien | 54 | 1,7 | 44 | 1,4 | 81 | 2,9 |
| Bosni-en-Herze-gowina | 9 | 0,2 | 7 | 0,2 | 25 | 0,7 |
| Bulgarien | 123 | 1,6 | 163 | 2,2 | 157 | 2,1 |
| Kroatien | 71 | 1,6 | 70 | 1,6 | 74 | 1,7 |
| Zypern | 37 | 4,7 | 41 | 5,0 | 58 | 6,7 |
| EU | | | | | | |
| Tsche-chische Republik | 148 | 1,4 | 180 | 1,7 | 212 | 2,0 |
| EU | | | | | | |
| Ungarn | 145 | 1,5 | 182 | 1,8 | 219 | 2,2 |
| Mazedo-nien | 4 | 0,2 | 5 | 0,2 | 14 | 0,7 |
| Polen | 837 | 2,2 | 954 | 2,5 | 1085 | 2,8 |
| Rumänien | 259 | 1,2 | 274 | 1,3 | 489 | 2,3 |
| Serben | 118 | 1,6 | 148 | 2,0 | 125 | 1,7 |
| Slowakei | 53 | 1,0 | 28 | 0,5 | 50 | 0,9 |
| Slowenien | 48 | 2,4 | 35 | 1,7 | 45 | 2,2 |
| Türkei | 395 | 0,6 | 523 | 0,7 | 1068 | 1,4 |
| Osteu-ropa total | 25.544 | 18,6 | 90.258 | 7,4 | 24.464 | 22,0 |
| Armenien | 136 | 4,2 | 149 | 4,6 | 227 | 6,9 |
| Aserbaid-schan | 433 | 5,0 | 459 | 5,1 | 517 | 5,6 |
| Belarus | 883 | 9,2 | 1063 | 11,2 | 1223 | 13,1 |
| Estland | 545 | 40,6 | 376 | 28,1 | 315 | 23,5 |
| Georgien | 350 | 8,1 | 455 | 10,4 | 526 | 11,9 |

| | | | | | | |
|----------------------|---------------|------------|----------------|-------------|---------------|------------|
| Kasachstan | 2335 | 15,0 | 1988 | 12,5 | 2014 | 12,4 |
| Kirgisien | 553 | 10,6 | 567 | 10,6 | 700 | 12,8 |
| Lettland | 358 | 15,8 | 274 | 12,2 | 339 | 16,6 |
| Litauen | 95 | 2,8 | 153 | 4,6 | 160 | 5,3 |
| Moldawien | 793 | 22,2 | 703 | 19,7 | 757 | 21,3 |
| Russland | – | – | 62.581 | 44,1 | – | – |
| Tadschikistan | 331 | 0,6 | 1052 | 13,8 | 814 | 10,2 |
| Turkmenistan | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ukraine | 15.671 | 33,9 | 16.643 | 36,4 | 16.872 | 37,1 |
| Usbekistan | 3061 | 11,3 | 3795 | 13,7 | – | – |
| Europa gesamt | 57.009 | 8,1 | 122.684 | 14,0 | 55.494 | 7,8 |

UNAIDS/WHO 2013: www.unaids.org

Tabelle 2.4.5 HIV/AIDS – Deutschland und ausgewählte Bundesländer 2013

In Deutschland hat die Zahl der neu erkannten HIV-Infektionen zwischen 2000 und 2005 um deutlich über 50 % zugenommen.

Bei HIV-Infizierten sind HIV-Antikörper in der Latenzphase serologisch nachweisbar, Krankheitssymptome sind nicht erkennbar, die Ansteckung anderer Personen ist jedoch möglich. AIDS-Fälle zeigen die Symptome der Krankheitsphase.

Die höchsten HIV-Infektionszahlen sind in den Industriestaaten bei der Betroffenenengruppe „Männer, die Sex mit Männern haben (MSM)“ zu beobachten. Der Grund dafür liegt in einem seit dem Ende der 90er Jahre veränderten sexuellen Risikoverhalten. Eine wachsende Gruppe von MSM verzichtete immer öfter auf einen wirksamen Schutz vor HIV-Übertragungen und die Zahl wechselnder Sexualpartner wurde immer größer. Seit 2006 ist auch in dieser Gruppe jedoch eine Plateauphase zu beobachten, was auf ein reduziertes Risikoverhalten hindeutet.

Bei Hämophilen und Bluttransfusionsempfängern erfolgte die Infektion über kontaminierte Blutkonserven und Konzentrate mit Gerinnungsfaktoren überwiegend in der Zeit vor 1986.

Die Eckdaten sind Schätzungen des Robert-Koch-Instituts über die Anzahl von Personen, die Ende 2013 in Deutschland mit HIV/AIDS lebten. Die Schätzungen werden jährlich aktualisiert, stellen aber keine Fortschreibung früher publizierter Schätzungen dar.

Erläuterungen zu HIV und AIDS siehe Tab. 2.4.1

MSM = Männer, die Sex mit Männern haben; Hetero = Menschen, die sich über heterosexuelle Kontakte infiziert haben; Drug = i. v. Drogenkonsument/innen; Blut = Hämophilie und Bluttransfusionsempfänger/innen; Kind = Mutter-Kind-Transmission

| HIV/AIDS-Eckdaten 2013 | HIV-Infizierte | Neuinfektionen | Todesfälle | Todesfälle seit Epidemiebeginn |
|--|----------------|----------------|------------|--------------------------------|
| Deutschland gesamt (80,8 Mio. Einwohner) | | | | |
| Gesamt | ~80.000 | ~3200 | ~550 | ~28.000 |
| Männer | ~65.000 | ~2700 | – | ~27.000 |
| Frauen | ~15.000 | ~460 | – | ~4300 |
| Kinder | ~200 | – | – | ~200 |
| nach Infektionswegen (Neuinfektionen geschätzt) | | | | |
| MSM | ~53.000 | ~2400 | – | – |
| Hetero | ~18.000 | ~550 | – | – |
| darunter in D infiziert | ~10.000 | – | – | – |
| Drug | ~7800 | ~300 | – | – |
| Blut | ~450 | – | – | – |
| Kind | ~420 | < 10 | – | – |
| Baden-Württemberg (10,6 Mio. Einwohner) | | | | |
| Gesamt | ~8200 | ~270 | ~50 | ~2700 |
| Männer | ~6000 | ~220 | – | – |
| Frauen | ~2100 | ~50 | – | – |
| nach Infektionswegen (Neuinfektionen geschätzt) | | | | |
| MSM | ~4600 | ~170 | – | – |
| Hetero | ~2500 | ~60 | – | – |
| darunter in D infiziert | ~1400 | – | – | – |
| Drug | ~1100 | ~3 | – | – |
| Bayern (12,6 Mio. Einwohner) | | | | |
| Gesamt | ~11.000 | ~400 | ~70 | ~3700 |

| HIV/AIDS-Eckdaten 2013 | HIV-Infizierte | Neuinfektionen | Todesfälle | Todesfälle seit Epidemiebeginn |
|--|-----------------------|-----------------------|-------------------|---------------------------------------|
| Männer | ~8700 | ~340 | – | – |
| Frauen | ~2100 | ~50 | – | – |
| nach Infektionswegen (geschätzt) | | | | |
| MSM | ~7200 | ~300 | – | – |
| Hetero | ~2800 | ~65 | – | – |
| darunter in D infiziert | ~1400 | – | – | – |
| Drug | ~890 | ~30 | – | – |
| Berlin (3,4 Mio. Einwohner) | | | | |
| Gesamt | ~15.000 | ~450 | ~60 | ~4600 |
| Männer | ~14.000 | ~400 | – | – |
| Frauen | ~1900 | ~45 | – | – |
| nach Infektionswegen (Neuinfektionen geschätzt) | | | | |
| MSM | ~12.000 | ~370 | – | – |
| Hetero | ~2000 | ~45 | – | – |
| darunter in D infiziert | ~1400 | – | – | – |
| Drug | ~1300 | ~30 | – | – |
| Brandenburg (2,5 Mio. Einwohner) | | | | |
| Gesamt | ~510 | ~85 | ~65 | ~80 |
| Männer | ~380 | ~65 | – | – |
| Frauen | ~120 | ~15 | – | – |
| nach Infektionswegen (Neuinfektionen geschätzt) | | | | |
| MSM | ~300 | ~55 | – | – |
| Hetero | ~190 | ~25 | – | – |
| darunter in D infiziert | ~110 | – | – | – |
| Drug | ~15 | ~5 | – | – |
| Bremen (657.390 Einwohner) | | | | |
| Gesamt | ~1200 | ~45 | ~20 | ~610 |

| HIV/AIDS-Eckdaten 2013 | HIV-Infizierte | Neuinfektionen | Todesfälle | Todesfälle seit Epidemiebeginn |
|--|----------------|----------------|------------|--------------------------------|
| Männer | ~900 | ~35 | – | – |
| Frauen | ~250 | ~10 | – | – |
| nach Infektionswegen (Neuinfektionen geschätzt) | | | | |
| MSM | ~640 | ~25 | – | – |
| Hetero | ~240 | ~5 | – | – |
| darunter in D infiziert | ~150 | – | – | – |
| Drug | ~280 | ~10 | – | – |
| Hamburg (1,7 Mio. Einwohner) | | | | |
| Gesamt | ~6600 | ~230 | ~60 | ~4700 |
| Männer | ~5600 | ~210 | – | – |
| Frauen | ~1000 | ~25 | – | – |
| nach Infektionswegen (Neuinfektionen geschätzt) | | | | |
| MSM | ~4700 | ~190 | – | – |
| Hetero | ~1400 | ~30 | – | – |
| darunter in D infiziert | ~770 | – | – | – |
| Drug | ~490 | ~15 | – | – |
| Hessen (6 Mio. Einwohner) | | | | |
| Gesamt | ~5900 | ~290 | ~55 | ~3400 |
| Männer | ~4700 | ~250 | – | – |
| Frauen | ~1100 | ~40 | – | – |
| nach Infektionswegen (Neuinfektionen geschätzt) | | | | |
| MSM | ~4000 | ~220 | – | – |
| Hetero | ~1200 | ~40 | – | – |
| darunter in D infiziert | ~700 | – | – | – |
| Drug | ~630 | ~30 | – | – |
| Mecklenburg-Vorpommern (1,6 Mio. Einwohner) | | | | |
| Gesamt | ~640 | ~60 | ~5 | ~0 |

| HIV/AIDS-Eckdaten 2013 | HIV-Infizierte | Neuinfektionen | Todesfälle | Todesfälle seit Epidemiebeginn |
|--|----------------|----------------|------------|--------------------------------|
| Männer | ~470 | ~50 | – | – |
| Frauen | ~160 | ~10 | – | – |
| nach Infektionswegen (Neuinfektionen geschätzt) | | | | |
| MSM | ~320 | ~35 | – | – |
| Hetero | ~300 | ~20 | – | – |
| darunter in D infiziert | ~130 | – | – | – |
| Drug | ~20 | ~5 | – | – |
| Niedersachsen (7,8 Mio. Einwohner) | | | | |
| Gesamt | ~4400 | ~210 | ~30 | ~1800 |
| Männer | ~3400 | ~170 | – | – |
| Frauen | ~970 | ~35 | – | – |
| nach Infektionswegen (Neuinfektionen geschätzt) | | | | |
| MSM | ~2600 | ~140 | – | – |
| Hetero | ~1000 | ~40 | – | – |
| darunter in D infiziert | ~660 | – | – | – |
| Drug | ~750 | ~25 | – | – |
| Nordrhein-Westfalen (17,6 Mio. Einwohner) | | | | |
| Gesamt | ~18.000 | ~660 | ~150 | ~6000 |
| Männer | ~15.000 | ~570 | – | – |
| Frauen | ~3400 | ~90 | – | – |
| nach Infektionswegen (Neuinfektionen geschätzt) | | | | |
| MSM | ~12.000 | ~500 | – | – |
| Hetero | ~4100 | ~100 | – | – |
| darunter in D infiziert | ~2300 | – | – | – |
| Drug | ~1700 | ~60 | – | – |
| Rheinland-Pfalz (3,99 Mio. Einwohner) | | | | |
| Gesamt | ~2100 | ~100 | ~15 | ~980 |

| HIV/AIDS-Eckdaten 2013 | HIV-Infizierte | Neuinfektionen | Todesfälle | Todesfälle seit Epidemiebeginn |
|--|----------------|----------------|------------|--------------------------------|
| Männer | ~1700 | ~85 | – | – |
| Frauen | ~410 | ~15 | – | – |
| nach Infektionswegen (Neuinfektionen geschätzt) | | | | |
| MSM | ~1400 | ~75 | – | – |
| Hetero | ~460 | ~20 | – | – |
| darunter in D infiziert | ~290 | – | – | – |
| Drug | ~250 | ~10 | – | – |
| Saarland (990.720 Einwohner) | | | | |
| Gesamt | ~800 | ~30 | ~5 | ~360 |
| Männer | ~650 | ~25 | – | – |
| Frauen | ~150 | ~5 | – | – |
| nach Infektionswegen (Neuinfektionen geschätzt) | | | | |
| MSM | ~510 | ~20 | – | – |
| Hetero | ~200 | ~5 | – | – |
| darunter in D infiziert | ~120 | – | – | – |
| Drug | ~85 | ~5 | – | – |
| Sachsen (4 Mio. Einwohner) | | | | |
| Gesamt | ~2100 | ~180 | ~150 | ~160 |
| Männer | ~1800 | ~160 | – | – |
| Frauen | ~270 | ~25 | – | – |
| nach Infektionswegen (Neuinfektionen geschätzt) | | | | |
| MSM | ~1500 | ~130 | – | – |
| Hetero | ~510 | ~40 | – | – |
| darunter in D infiziert | ~280 | – | – | – |
| Drug | ~80 | ~15 | – | – |
| Sachsen-Anhalt (2,2 Mio. Einwohner) | | | | |
| Gesamt | ~820 | ~85 | ~10 | ~120 |

| HIV/AIDS-Eckdaten 2013 | HIV-Infizierte | Neuinfektionen | Todesfälle | Todesfälle seit Epidemiebeginn |
|--|----------------|----------------|------------|--------------------------------|
| Männer | ~630 | ~70 | – | – |
| Frauen | ~180 | ~15 | – | – |
| nach Infektionswegen (Neuinfektionen geschätzt) | | | | |
| MSM | ~400 | ~50 | – | – |
| Hetero | ~370 | ~25 | – | – |
| darunter in D infiziert | ~170 | – | – | – |
| Drug | ~45 | ~5 | – | – |
| Schleswig-Holstein (2,8 Mio. Einwohner) | | | | |
| Gesamt | ~1000 | ~75 | ~15 | ~720 |
| Männer | ~850 | ~65 | – | – |
| Frauen | ~150 | ~10 | – | – |
| nach Infektionswegen (Neuinfektionen geschätzt) | | | | |
| MSM | ~720 | ~140 | – | – |
| Hetero | ~170 | ~40 | – | – |
| darunter in D infiziert | ~100 | – | – | – |
| Drug | ~110 | ~5 | – | – |
| Thüringen (2,2 Mio. Einwohner) | | | | |
| Gesamt | ~650 | ~50 | ~5 | ~75 |
| Männer | ~510 | ~40 | – | – |
| Frauen | ~140 | ~10 | – | – |
| nach Infektionswegen (Neuinfektionen geschätzt) | | | | |
| MSM | ~400 | ~30 | – | – |
| Hetero | ~180 | ~15 | – | – |
| darunter in D infiziert | ~110 | – | – | – |
| Drug | ~70 | ~5 | – | – |

Tabelle 2.4.6 HIV und AIDS in Deutschland – nach Altersgruppen und Geschlecht

Bei HIV-Infizierten sind HIV-Antikörper in der Latenzphase serologisch nachweisbar, Krankheitssymptome sind nicht erkennbar, die Ansteckung anderer Personen ist jedoch möglich. AIDS-Fälle zeigen die Symptome der Krankheitsphase.

| Stand: 1.03.2012 | AIDS | | | | HIV | | | |
|---------------------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|
| | männlich | | weiblich | | männlich | | weiblich | |
| | An- zahl | Anteil | An- zahl | Anteil | An- zahl | Anteil | An- zahl | Anteil |
| <1 Jahr | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 52 | 0,1 | 44 | 0,5 |
| 1–4 Jahre | 11 | 0,0 | 11 | 0,3 | 67 | 0,2 | 61 | 0,7 |
| 5–9 Jahre | 26 | 0,1 | 32 | 0,8 | 36 | 0,1 | 53 | 0,6 |
| 10–12 Jahre | 26 | 0,1 | 13 | 0,3 | 20 | 0,1 | 16 | 0,2 |
| 13–14 Jahre | 9 | 0,0 | 5 | 0,1 | 14 | 0,0 | 14 | 0,2 |
| 15–19 Jahre | 20 | 0,1 | 0 | 0,0 | 613 | 1,7 | 357 | 4,1 |
| 20–24 Jahre | 108 | 0,4 | 37 | 0,9 | 3075 | 8,5 | 1291 | 14,8 |
| 25–29 Jahre | 640 | 2,5 | 239 | 5,7 | 5930 | 16,5 | 2106 | 24,2 |
| 30–39 Jahre | 2733 | 10,9 | 819 | 19,7 | 12.920 | 35,9 | 2808 | 32,3 |
| 40–49 Jahre | 9782 | 38,9 | 1806 | 43,4 | 8189 | 22,8 | 1062 | 12,2 |
| 50–59 Jahre | 7244 | 28,8 | 749 | 18,0 | 3108 | 8,6 | 511 | 5,9 |
| 60–69 Jahre | 3460 | 13,8 | 295 | 7,1 | 1173 | 3,3 | 192 | 2,2 |
| >69 Jahre | 906 | 3,6 | 116 | 2,8 | 234 | 0,7 | 53 | 0,6 |
| k. Angabe | 167 | 0,7 | 40 | 1,0 | 549 | 1,5 | 131 | 1,5 |
| Gesamt | 25.132 | 100 | 4162 | 100 | 35.980 | 100 | 8699 | 100 |

Daten des Gesundheitswesens 2013: www.bundesgesundheitsministerium.de

Tabelle 2.4.7 Krebs – Daten und Trends in Deutschland

Krebsregister werden in der Regel drei Jahre nach Ende des Diagnosejahrgangs veröffentlicht. Unter Krebs werden alle bösartigen Neubildungen verstanden.

Für 2010 geht man von ca. 477.300 bösartigen Neuerkrankungen aus. Die Anzahl der Krebssterbefälle für das Jahr 2010 wird auf insgesamt 218.258 geschätzt. Das mittlere Erkrankungsalter lag bei Männern und Frauen bei etwa 69 Jahren.

Bei der statistischen Erfassung von Erkrankungen spielen die Begriffe Inzidenz, Prävalenz und Mortalität eine wichtige Rolle.

Die Inzidenz gibt die Neuerkrankungen einer Bevölkerungsgruppe (z. B. pro 100.000 der Deutschen) einer bestimmten Krankheit während eines bestimmten Zeitraumes (normalerweise pro Jahr) an. Die Prävalenz sagt aus, wie viele Individuen einer Bevölkerungsgruppe (z. B. aller Deutschen) an einer bestimmten Erkrankung erkrankt sind. Somit steigt die Prävalenz einer Erkrankung bei gleich bleibender Inzidenz (Neuerkrankungen pro Jahr), wenn die Patienten nach Diagnosestellung z. B. durch neue Therapiemöglichkeiten länger überleben. Die Mortalität (Sterberate) beschreibt die Zahl der in einem bestimmten Zeitraum (z. B. ein Jahr) an einer Krankheit Gestorbenen einer Bevölkerungsgruppe.

Die häufigsten Krebserkrankungen in Deutschland 2010

| Männer | | | Frauen | | |
|---|--------------------------|--------|--------|--------------------------|--------|
| Krebsneuerkrankungen – Prozentuale Anteile (Männer 252.390, Frauen 224.910) | | | | | |
| 1 | Prostata | 26,1 % | 1 | Brustdrüse | 31,3 % |
| 2 | Lunge | 13,9 % | 2 | Dick- und Mastdarm | 12,7 % |
| 3 | Dick- und Mastdarm | 13,4 % | 3 | Lunge | 7,6 % |
| 4 | Harnblase | 4,5 % | 4 | Gebärmutterkörper | 5,1 % |
| 5 | Malignes Melanom d. Haut | 3,8 % | 5 | Malignes Melanom d. Haut | 4,3 % |
| 6 | Mundhöhle und Rachen | 3,7 % | 6 | Bauchspeicheldrüse | 3,6 % |
| 7 | Magen | 3,6 % | 7 | Eierstöcke | 3,5 % |
| 8 | Niere | 3,5 % | 8 | Non-Hodgkin-Lymphome | 3,4 % |
| 9 | Non-Hodgkin-Lymphome | 3,4 % | 9 | Magen | 3,0 % |
| 10 | Bauchspeicheldrüse | 3,2 % | 10 | Niere | 2,5 % |

Die häufigsten Krebserkrankungen in Deutschland 2010

| Männer | | | Frauen | | |
|---|----------------------|--------|---------------|------------------------|--------|
| Sterbefälle – Prozentuale Anteile (Männer 117.855, Frauen 100.403) | | | | | |
| 1 | Lunge | 24,9 % | 1 | Brustdrüse | 17,4 % |
| 2 | Dick- und Mastdarm | 11,4 % | 2 | Lunge | 13,6 % |
| 3 | Prostata | 10,8 % | 3 | Dick- und Mastdarm | 12,5 % |
| 4 | Bauchspeicheldrüse | 6,4 % | 4 | Bauchspeicheldrüse | 7,9 % |
| 5 | Magen | 4,9 % | 5 | Eierstöcke | 5,6 % |
| 6 | Leber | 4,1 % | 6 | Magen | 4,4 % |
| 7 | Leukämien | 3,3 % | 7 | Leukämien | 3,3 % |
| 8 | Speiseröhre | 3,3 % | 8 | Non-Hodgkin-Lymphome | 2,9 % |
| 9 | Mundhöhle und Rachen | 3,2 % | 9 | zentrales Nervensystem | 2,5 % |
| 10 | Harnblase | 3,1 % | 10 | Leber | 2,5 % |

Krebs in Deutschland, Robert-Koch-Institut 2013a: www.rki.de/krebs

Tabelle 2.4.8 Krebs bei Kindern in Deutschland

Krebserkrankungen bei unter 15-jährigen Kindern werden im deutschen Kinderkrebsregister seit 1980 (seit 1991 auch für die neuen Bundesländer) registriert. Dabei werden alle bösartigen Erkrankungen sowie gutartige Hirntumore erfasst.

Die häufigste Einzeldiagnose bei Kindern sind verschiedene Formen der Leukämie (bösartige Erkrankung der weißen Blutkörperchen). Sie ist unter 4-Jährigen doppelt so häufig wie in den anderen Altersgruppen. Die Ursachen für Leukämie im Kindesalter sind weitgehend unklar. Während früher eher Umweltfaktoren wie ionisierende Strahlung oder Pestizide genannt wurden, liegt der Verdacht heute eher auf infektiösen Erregern. Man geht davon aus, dass vor allem Kinder mit einem im Säuglingsalter unzureichend angeregten Immunsystem ein höheres Leukämierisiko haben.

Die häufigsten malignen Lymphome (bösartige Erkrankung der weißen Blutkörperchen mit Lymphknotenvergrößerungen) sind bei Kindern die Non-Hodgkin-Lymphome und der Morbus Hodgkin. Letztere Erkrankung hat die höchste Überlebenschance in der Onkologie. Ein erhöhtes Risiko besteht für Kinder mit einer angeborenen oder erworbenen Immundefizienz (Mangelkrankheit, die zu inadäquaten Immunantworten führt).

Mit Inzidenz sind Erkrankungen pro Jahr in einer definierten Bevölkerung gemeint.

Krebserkrankungen bei Kindern unter 15 Jahren in Deutschland

| | |
|--|--------------------------|
| Zahl der jährlich an Krebs erkrankten Kinder | 1800 |
| Jährliche Inzidenz (pro 100.000 Kinder) | 16 |
| Veränderungen der Erkrankungsrate | keine |
| Anteil krebskranker Kinder an allen Krebskranken | unter 1 % |
| Rang der Krebserkrankungen bei den Todesursachen für Kinder 2013 | 1. Rang |
| Überlebensrate bei Kindern mit Krebs insgesamt: | |
| 5 Jahre nach Diagnosestellung | 84 % |
| 10 Jahre nach Diagnosestellung | 82 % |
| 15 Jahre nach Diagnosestellung | 81 % |
| Die häufigste Einzeldiagnose ist die akute lymphatische Leukämie: | 36 % |
| Häufigstes Auftreten der akuten lymphatischen Leukämie nach dem Alter der Kinder | bei 1–4 jährigen Kindern |
| Häufigkeit unterschiedlicher Krebserkrankungen bei Kindern 2003-2012 | |
| 1. Leukämien | 33,2 % |
| 2. Tumore des zentralen Nervensystems | 24,0 % |
| 3. Lymphome | 11,1 % |
| 4. Tumore des sympathischen Nervensystems | 7,0 % |
| 5. Weichteiltumoren | 5,8 % |
| 6. Nierentumore | 5,5 % |
| 7. Knochentumore | 4,4 % |
| 8. Keimzellentumore | 3,0 % |
| 9. Maligne epitheliale Neoplasien und maligne Melanome | 1,9 % |
| 10. Sonstige | 4,4 % |

Krebs in Deutschland, Robert-Koch-Institut 2006: www.rki.de/Krebs; Bundesgesundheitsministerium Daten des Gesundheitswesens 2013

Tabelle 2.4.9 Überlebenswahrscheinlichkeit für Krebsdiagnosen bei Kindern unter 15 Jahren in Deutschland

Inzidenz bezieht sich auf 100.000 Kinder unter 15 Jahren pro Jahr. Erfassungszeitraum 1994–2003. Die Überlebenswahrscheinlichkeit gibt den prozentualen Anteil der noch Lebenden nach einer definierten Zeit nach Diagnosestellung an.

| Diagnosen | Überlebenswahrscheinlichkeit | | | |
|--|-------------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|
| | Inzidenz | 5 Jahre | 10 Jahre | 15 Jahre |
| Hodgkin-Lymphome | 0,6 | 98 | 98 | 97 |
| Retinoblastom | 0,4 | 98 | 97 | 97 |
| Keimzelltumoren | 0,5 | 95 | 94 | 94 |
| Nephroblastome | 1 | 93 | 92 | 92 |
| Lymphatische Leukämien | 4,4 | 91 | 89 | 88 |
| Non-Hodgkin-Lymphome | 0,6 | 89 | 88 | 86 |
| Astrozytome | 1,7 | 81 | 79 | 77 |
| Neuroblastome und Ganglioneuroblastome | 1,4 | 79 | 76 | 75 |
| Osteosarkome | 0,3 | 76 | 72 | 71 |
| Rhabdomyosarkome | 0,5 | 72 | 71 | 69 |
| Akute myeloische Leukämien | 0,7 | 72 | 70 | 69 |
| Ewingtumoren und verwandte Knochensarkome | 0,3 | 70 | 66 | 65 |
| Intrakranielle und intraspinale embryonale Tumoren | 0,8 | 67 | 60 | 56 |
| Alle Malignome | 16,4 | 84 | 82 | 81 |

Krebs in Deutschland, Robert-Koch-Institut 2006: www.rki.de/Krebs; Bundesgesundheitsministerium Daten des Gesundheitswesens 2013

Tabelle 2.4.10 Geschätzte Zahl der Krebsneuerkrankungen in Deutschland 2009

Krebsregister werden in der Regel drei Jahre nach Ende des Diagnosejahrgangs veröffentlicht. Unter Krebs insgesamt werden alle bösartigen Neubildungen verstanden. Der „nicht-melanotische Hautkrebs“ findet in dieser Aufstellung keine Berücksichtigung.

Absolute Anzahl der Krebsneuerkrankungen 2009 in Deutschland

| | männl. | weibl. | | männl. | weibl. |
|--------------------------|--------|--------|--|---------|---------|
| Mundhöhle, Rachen | 9.733 | 3.566 | Eierstöcke | – | 7.853 |
| Speiseröhre | 5.122 | 1.437 | Prostata | 65.693 | – |
| Magen | 9.613 | 6.491 | Hoden | 4.090 | – |
| Darm | 34.962 | 29.656 | Harnblase | 11.256 | 4.008 |
| Bauchspei- cheldrüse | 7.840 | 8.035 | Niere | 9.161 | 5.862 |
| Kehlkopf | 3.507 | 593 | Schilddrüse | 1.739 | 4.243 |
| Lunge | 34.962 | 16.399 | Non- Hodgkin- Lymphome | 8.286 | 6.764 |
| Malig. Me- lanom Haut | 6.764 | 9.349 | Hodgkin- Lymphome | 1.180 | 936 |
| Brustdrüse | 569 | 73.510 | Leukämien | 6.570 | 5.346 |
| Gebärmutter- hals | – | 4.911 | Alle bösarti- gen Neubil- dungen | 254.792 | 228.948 |
| Gebärmutter- körper | – | 12.289 | | | |

Krebs in Deutschland, Robert-Koch-Institut 2006: www.rki.de/Krebs; Bundesgesundheitsministerium Daten des Gesundheitswesens 2013

Tabelle 2.4.11 Erkrankungs- und Sterberisiko ausgewählten Krebserkrankungen nach Alter und Geschlecht in Deutschland 2010

Die aktuelle Schätzung des Robert-Koch-Institutes weist für das Jahr 2010 etwa 477.300 Krebsneuerkrankungen aus. Das sind etwa 21% bei Männern und 14% bei Frauen mehr als im Jahr 2000. Diese höheren Neuerkrankungsraten werden durch neue diagnostische Verfahren oder den flächendeckenden Einsatz bereits etablierter Diagnoseverfahren zur Früherkennung bösartiger Erkrankungen beeinflusst. Durch den konsequenten Einsatz dieser Diagnostika können bösartige Erkrankungen früher erkannt werden. Beispiele dafür sind die Mammographie bei Brustkrebs (22.823 Erkrankungen mehr gegenüber 2000) und die PSA-Bluttestung von Prostatakrebs (25.160 Erkrankungen mehr gegenüber 2000). Eine

ähnliche Entwicklung nehmen die Erkrankungszahlen zum Malignen Melanom der Haut (Zunahme um 11.250 Erkrankungen).

Alle Krebserkrankungen gesamt

| Stand 2010 | Erkrankungsrisiko | | Sterberisiko | |
|---------------------------|------------------------------|------------------|------------------------------|---------------------|
| Männer im Alter von | in den nächsten 10 Jahren | jemals | in den nächsten 10 Jahren | jemals |
| 35 Jahren | 1,2 % (1 von 86) | 51,0 % (1 von 2) | 0,3 % (1 von 390) | 26,1 % (1 von 4) |
| 45 Jahren | 3,5 % (1 von 29) | 51,0 % (1 von 2) | 1,2 % (1 von 81) | 26,2 % (1 von 4) |
| 55 Jahren | 10,5 % (1 von 10) | 50,6 % (1 von 2) | 3,8 % (1 von 26) | 26,0 % (1 von 4) |
| 65 Jahren | 21,0 % (1 von 5) | 47,9 % (1 von 2) | 8,0 % (1 von 13) | 24,6 % (1 von 4) |
| 75 Jahren | 27,6 % (1 von 4) | 40,4 % (1 von 2) | 12,9 % (1 von 8) | 21,1 % (1 von 5) |
| Lebens- zeitrisiko | | 50,8 % (1 von 2) | | 25,8 % (1 von 4) |
| Frauen im Alter von | in den nächsten 10 Jahren | jemals | in den nächsten 10 Jahren | jemals |
| 35 Jahren | 2,1 % (1 von 48) | 42,5 % (1 von 2) | 0,3 % (1 von 310) | 20,3 % (1 von 5) |
| 45 Jahren | 4,8 % (1 von 21) | 41,5 % (1 von 2) | 1,1 % (1 von 92) | 20,1 % (1 von 5) |
| 55 Jahren | 8,8 % (1 von 11) | 39,0 % (1 von 3) | 2,6 % (1 von 38) | 19,4 % (1 von 5) |
| 65 Jahren | 13,0 % (1 von 8) | 34,0 % (1 von 3) | 4,9 % (1 von 20) | 17,7 % (1 von 6) |
| 75 Jahren | 16,2 % (1 von 6) | 26,1 % (1 von 4) | 8,1 % (1 von 12) | 14,6 % (1 von 7) |
| Lebens- zeitrisiko | | 42,9 % (1 von 2) | | 20,2 % (1 von 5) |

Mundhöhle und Rachen

| | Erkrankungsrisiko | | Sterberisiko | |
|----------------------------|----------------------------------|-----------------------|----------------------------------|-------------------------|
| Männer im Alter von | in den nächsten 10 Jahren | jemals | in den nächsten 10 Jahren | jemals |
| | 35 Jahren | 0,1 % (1 von 1500) | 1,7 % (1 von 59) | <0,1 % (1 v. 6800) |
| | 45 Jahren | 0,3 % (1 von 320) | 1,6 % (1 von 61) | 0,1 % (1 von 930) |
| | 55 Jahren | 0,6 % (1 von 170) | 1,4 % (1 von 72) | 0,2 % (1 von 440) |
| | 65 Jahren | 0,5 % (1 von 190) | 0,9 % (1 von 110) | 0,2 % (1 von 410) |
| | 75 Jahren | 0,3 % (1 von 300) | 0,5 % (1 von 220) | 0,2 % (1 von 560) |
| | Lebenszeit- risiko | | 1,7 % (1 von 60) | |
| | | | | 0,7 % (1 von 140) |
| Frauen im Alter von | in den nächsten 10 Jahren | jemals | in den nächsten 10 Jahren | jemals |
| | 35 Jahren | <0,1 % (1 v. 4600) | 0,6 % (1 von 160) | <0,1 % (1 v. 22.000) |
| | 45 Jahren | 0,1 % (1 von 1100) | 0,6 % (1 von 160) | <0,1 % (1 v. 4200) |
| | 55 Jahren | 0,2 % (1 von 530) | 0,5 % (1 von 180) | 0,1 % (1 von 2000) |
| | 65 Jahren | 0,2 % (1 von 570) | 0,4 % (1 von 260) | 0,1 % (1 von 1700) |
| | 75 Jahren | 0,1 % (1 von 730) | 0,2 % (1 von 430) | 0,1 % (1 von 1500) |
| | Lebenszeit- risiko | | 0,7 % (1 von 150) | |
| | | | | 0,2 % (1 von 430) |

Speiseröhre

| | Erkrankungsrisiko | | Sterberisiko | |
|----------------------------|----------------------------------|------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| Männer im Alter von | in den nächsten 10 Jahren | jemals | in den nächsten 10 Jahren | jemals |
| | 35 Jahren | <0,1 % (1 von 5200) | 0,9 % (1 von 110) | <0,1 % (1 v. 10.000) |
| | 45 Jahren | 0,1 % (1 von 930) | 0,9 % (1 von 110) | 0,1 % (1 von 1400) |

| | | | | |
|--------------------------------|--|----------------------|--|------------------------|
| 55 Jahren | 0,3 % (1 von 380) | 0,9 % (1 von 120) | 0,2 % (1 von 520) | 0,7 % (1 von 140) |
| 65 Jahren | 0,3 % (1 von 290) | 0,7 % (1 von 150) | 0,3 % (1 von 370) | 0,6 % (1 von 170) |
| 75 Jahren | 0,3 % (1 von 340) | 0,4 % (1 von 240) | 0,3 % (1 von 370) | 0,4 % (1 von 250) |
| Lebenszeit- risiko | | 0,9 % (1 von 110) | | 0,8 % (1 von 130)) |
| Frauen im Alter von | in den nächs- ten 10 Jahren | jemals | in den nächs- ten 10 Jahren | jemals |
| 35 Jahren | <0,1 % (1 v. 26.000) | 0,3 % (1 von 360) | <0,1 % (1 v. 65.000) | 0,2 % (1 von 440) |
| 45 Jahren | <0,1 % (1 v. 4800) | 0,3 % (1 von 360) | <0,1 % (1 von 8300) | 0,2 % (1 von 440) |
| 55 Jahren | 0,1 % (1 von 1700) | 0,3 % (1 von 390) | <0,1 % (1 von 2300) | 0,2 % (1 von 450) |
| 65 Jahren | 0,1 % (1 von 1200) | 0,2 % (1 von 470) | 0,1 % (1 von 1500) | 0,2 % (1 von 530) |
| 75 Jahren | 0,1 % (1 von 1100) | 0,1 % (1 von 390) | 0,1 % (1 von 1300) | 0,1 % (1 von 720) |
| Lebenszeit- risiko | | 0,3 % (1 von 360) | | 0,2 % (1 von 440) |

Krebs in Deutschland, Robert-Koch-Institut 2013a: www.rki.de/Krebs

Magen

| | Erkrankungsrisiko | | Sterberisiko | |
|--------------------------------|--|---------------------|--|---------------------|
| Männer im Alter von | in den nächs- ten 10 Jahren | jemals | in den nächs- ten 10 Jahren | jemals |
| 35 Jahren | <0,1 % (1 v. 2500) | 2,0 % (1 von 51) | <0,1 % (1 v. 5400) | 1,3 % (1 von 77) |
| 45 Jahren | 0,1 % (1 von 760) | 1,9 % (1 von 51) | 0,1 % (1 von 1500) | 1,3 % (1 von 77) |
| 55 Jahren | 0,3 % (1 von 310) | 1,8 % (1 von 53) | 0,2 % (1 von 560) | 1,3 % (1 von 78) |
| 65 Jahren | 0,6 % (1 von 170) | 1,7 % (1 von 57) | 0,4 % (1 von 280) | 1,2 % (1 von 82) |
| 75 Jahren | 0,9 % (1 von 110) | 1,4 % (1 von 69) | 0,7 % (1 von 150) | 1,1 % (1 von 91) |

| | | | | |
|--------------------------------|--|----------------------|--|----------------------|
| Lebenszeit- risiko | 1,9 % (1 von 52) | | | 1,3 % (1 von 78) |
| Frauen im Alter von | in den nächs- ten 10 Jahren | jemals | in den nächs- ten 10 Jahren | jemals |
| 35 Jahren | <0,1 % (1 v. 3300) | 1,3 % (1 von 74) | <0,1 % (1 v. 6700) | 0,9 % (1 von 110) |
| 45 Jahren | 0,1 % (1 von 1200) | 1,3 % (1 von 75) | <0,1 % (1 v. 2400) | 0,9 % (1 von 110) |
| 55 Jahren | 0,2 % (1 von 640) | 1,3 % (1 von 78) | 0,1 % (1 von 1200) | 0,9 % (1 von 110) |
| 65 Jahren | 0,3 % (1 von 330) | 1,2 % (1 von 85) | 0,2 % (1 von 570) | 0,8 % (1 von 120) |
| 75 Jahren | 0,5 % (1 von 180) | 1,0 % (1 von 100) | 0,4 % (1 von 270) | 0,8 % (1 von 130) |
| Lebenszeit- risiko | | 1,3 % (1 von 74) | | 0,9 % (1 von 110) |

Darm

| | Erkrankungsrisiko | | Sterberisiko | |
|--------------------------------|--|---------------------|--|---------------------|
| Männer im Alter von | in den nächs- ten 10 Jahren | jemals | in den nächs- ten 10 Jahren | jemals |
| 35 Jahren | 0,1 % (1 von 920) | 7,1 % (1 von 14) | <0,1 % (1 v. 4200) | 3,1 % (1 von 32) |
| 45 Jahren | 0,4 % (1 von 240) | 7,1 % (1 von 14) | 0,1 % (1 von 860) | 3,1 % (1 von 32) |
| 55 Jahren | 1,3 % (1 von 79) | 7,0 % (1 von 14) | 0,4 % (1 von 260) | 3,1 % (1 von 32) |
| 65 Jahren | 2,4 % (1 von 41) | 6,4 % (1 von 16) | 0,9 % (1 von 110) | 3,0 % (1 von 33) |
| 75 Jahren | 3,4 % (1 von 29) | 5,1 % (1 von 20) | 1,6 % (1 von 63) | 2,7 % (1 von 37) |
| Lebenszeit- risiko | 7,0 % (1 von 14) | | | 3,0 % (1 von 33) |
| Frauen im Alter von | in den nächs- ten 10 Jahren | jemals | in den nächs- ten 10 Jahren | jemals |
| 35 Jahren | 0,1 % (1 v. 1000) | 5,7 % (1 von 17) | <0,1 % (1 v. 4000) | 2,6 % (1 von 38) |
| 45 Jahren | 0,3 % (1 von 300) | 5,7 % (1 von 18) | 0,1 % (1 von 1200) | 2,6 % (1 von 38) |

| | | | | |
|-----------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| 55 Jahren | 0,7% (1 von 140) | 5,5% (1 von 18) | 0,2% (1 von 460) | 2,6% (1 von 38) |
| 65 Jahren | 1,4% (1 von 69) | 5,0% (1 von 20) | 0,5% (1 von 190) | 2,5% (1 von 40) |
| 75 Jahren | 2,4% (1 von 42) | 4,1% (1 von 24) | 1,1% (1 von 91) | 2,3% (1 von 44) |
| Lebenszeit- risiko | | 5,7% (1 von 17) | | 2,6% (1 von 38) |

Krebs in Deutschland, Robert-Koch-Institut 2013a: www.rki.de/Krebs

Leber

| | Erkrankungsrisiko | | Sterberisiko | |
|----------------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|
| Männer im Alter von | in den nächsten 10 Jahren | jemals | in den nächsten 10 Jahren | jemals |
| 35 Jahren | <0,1% (1 v. 6700) | 1,2% (1 von 85) | <0,1% (1 v. 15.000) | 1,0% (1 von 98) |
| 45 Jahren | 0,1% (1 von 1400) | 1,2% (1 von 85) | <0,1% (1 v. 2100) | 1,0% (1 von 98) |
| 55 Jahren | 0,3% (1 von 390) | 1,2% (1 von 87) | 0,2% (1 von 590) | 1,0% (1 von 98) |
| 65 Jahren | 0,4% (1 von 220) | 1,0% (1 von 100) | 0,4% (1 von 260) | 0,9% (1 von 110) |
| 75 Jahren | 0,5% (1 von 190) | 0,7% (1 von 140) | 0,5% (1 von 200) | 0,7% (1 von 140) |
| Lebenszeit- risiko | | 1,2% (1 von 86) | | 1,0% (1 von 100) |
| Frauen im Alter von | in den nächsten 10 Jahren | jemals | in den nächsten 10 Jahren | jemals |
| 35 Jahren | <0,1% (1 v. 22.000) | 0,5% (1 von 200) | <0,1% (1 v. 22.000) | 0,5% (1 von 190) |
| 45 Jahren | <0,1% (1 v. 4900) | 0,5% (1 von 200) | <0,1% (1 von 5900) | 0,5% (1 von 190) |
| 55 Jahren | 0,1% (1 von 1400) | 0,4% (1 von 210) | 0,1% (1 von 1800) | 0,5% (1 von 200) |
| 65 Jahren | 0,1% (1 von 740) | 0,4% (1 von 230) | 0,1% (1 von 780) | 0,5% (1 von 210) |
| 75 Jahren | 0,2% (1 von 510) | 0,3% (1 von 290) | 0,2% (1 von 430) | 0,4% (1 von 250) |
| Lebenszeit- risiko | | 0,5% (1 von 200) | | 0,5% (1 von 190) |

Bauchspeicheldrüse

| | Erkrankungsrisiko | | Sterberisiko | |
|----------------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|
| Männer im Alter von | in den nächsten 10 Jahren | jemals | in den nächsten 10 Jahren | jemals |
| 35 Jahren | <0,1 % (1 .n 4900) | 1,7 % (1 von 60) | <0,1 % (1 v. 6000) | 1,6 % (1 von 62) |
| 45 Jahren | 0,1 % (1 von 1000) | 1,7 % (1 von 60) | 0,1 % (1 von 1200) | 1,6 % (1 von 62) |
| 55 Jahren | 0,3 % (1 von 300) | 1,6 % (1 von 61) | 0,3 % (1 von 360) | 1,6 % (1 von 63) |
| 65 Jahren | 0,6 % (1 von 170) | 1,5 % (1 von 69) | 0,6 % (1 von 180) | 1,5 % (1 von 68) |
| 75 Jahren | 0,8 % (1 von 130) | 1,1 % (1 von 90) | 0,8 % (1 von 130) | 1,2 % (1 von 86) |
| Lebenszeit- risiko | | 1,6 % (1 von 61) | | 1,6 % (1 von 63) |
| Frauen im Alter von | in den nächsten 10 Jahren | jemals | in den nächsten 10 Jahren | jemals |
| 35 Jahren | <0,1 % (1 v 8100) | 1,6 % (1 von 61) | <0,1 % (1 v. 10.000) | 1,6 % (1 von 62) |
| 45 Jahren | 0,1 % (1 von 1500) | 1,6 % (1 von 61) | 0,1 % (1 von 1800) | 1,6 % (1 von 62) |
| 55 Jahren | 0,2 % (1 von 470) | 1,6 % (1 von 63) | 0,2 % (1 von 550) | 1,6 % (1 von 62) |
| 65 Jahren | 0,4 % (1 von 230) | 1,5 % (1 von 68) | 0,4 % (1 von 240) | 1,5 % (1 von 67) |
| 75 Jahren | 0,7 % (1 von 150) | 1,2 % (1 von 85) | 0,7 % (1 von 140) | 1,2 % (1 von 82) |
| Lebenszeit- risiko | | 1,6 % (1 von 62) | | 1,6 % (1 von 62) |

Krebs in Deutschland, Robert-Koch-Institut 2013a: www.rki.de/Krebs

Lunge

| | Erkrankungsrisiko | | Sterberisiko | |
|----------------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|
| Männer im Alter von | in den nächsten 10 Jahren | jemals | in den nächsten 10 Jahren | jemals |
| 35 Jahren | 0,1 % (1 von 1400) | 7,1 % (1 von 14) | <0,1 % (1 von 2500) | 6,1 % (1 von 16) |
| 45 Jahren | 0,5 % (1 von 210) | 7,1 % (1 von 14) | 0,3 % (1 von 300) | 6,2 % (1 von 16) |
| 55 Jahren | 1,5 % (1 von 67) | 6,9 % (1 von 14) | 1,1 % (1 von 88) | 6,1 % (1 von 16) |
| 65 Jahren | 2,7 % (1 von 37) | 6,0 % (1 von 17) | 2,2 % (1 von 45) | 5,5 % (1 von 18) |
| 75 Jahren | 3,0 % (1 von 33) | 4,2 % (1 von 24) | 2,9 % (1 von 34) | 4,2 % (1 von 24) |
| Lebenszeitrisiko | | 7,0 % (1 von 14) | | 6,0 % (1 von 17) |
| Frauen im Alter von | in den nächsten 10 Jahren | jemals | in den nächsten 10 Jahren | jemals |
| 35 Jahren | 0,1 % (1 von 1400) | 3,2 % (1 von 31) | <0,1 % (1 von 2700) | 2,6 % (1 von 38) |
| 45 Jahren | 0,3 % (1 von 310) | 3,2 % (1 von 31) | 0,2 % (1 von 470) | 2,6 % (1 von 38) |
| 55 Jahren | 0,8 % (1 von 130) | 2,9 % (1 von 34) | 0,6 % (1 von 180) | 2,5 % (1 von 41) |
| 65 Jahren | 1,0 % (1 von 96) | 2,2 % (1 von 45) | 0,8 % (1 von 130) | 2,0 % (1 von 50) |
| 75 Jahren | 1,0 % (1 von 100) | 1,4 % (1 von 73) | 0,9 % (1 von 110) | 1,4 % (1 von 72) |
| Lebenszeitrisiko | | 3,2 % (1 von 31) | | 2,6 % (1 von 38) |

Malignes Melanom der Haut

| | Erkrankungsrisiko | | Sterberisiko | |
|----------------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------------|----------------------|
| Männer im Alter von | in den nächsten 10 Jahren | jemals | in den nächsten 10 Jahren | jemals |
| 35 Jahren | 0,1 % (1 von 760) | 1,8 % (1 von 57) | <0,1 % (1 von 8000) | 0,3 % (1 von 310) |
| 45 Jahren | 0,2 % (1 von 490) | 1,7 % (1 von 60) | <0,1 % (1 von 3600) | 0,3 % (1 von 320) |

| | | | | |
|----------------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|
| 55 Jahren | 0,4% (1 von 270) | 1,5% (1 von 66) | 0,1% (1 von 1900) | 0,3% (1 von 330) |
| 65 Jahren | 0,6% (1 von 160) | 1,3% (1 von 78) | 0,1% (1 von 1100) | 0,3% (1 von 360) |
| 75 Jahren | 0,6% (1 von 160) | 0,9% (1 von 120) | 0,2% (1 von 670) | 0,2% (1 von 440) |
| Lebenszeitrisiko | | 1,8% (1 von 54) | | 0,3% (1 von 310) |
| Frauen im Alter von | in den nächsten 10 Jahren | jemals | in den nächsten 10 Jahren | jemals |
| 35 Jahren | 0,2% (1 von 440) | 1,6% (1 von 64) | <0,1% (1 von 8800) | 0,2% (1 von 450) |
| 45 Jahren | 0,3% (1 von 370) | 1,3% (1 von 75) | <0,1% (1 von 5100) | 0,2% (1 von 470) |
| 55 Jahren | 0,3% (1 von 340) | 1,1% (1 von 91) | <0,1% (1 von 3300) | 0,2% (1 von 510) |
| 65 Jahren | 0,4% (1 von 260) | 0,8% (1 von 120) | <0,1% (1 von 2100) | 0,2% (1 von 570) |
| 75 Jahren | 0,4% (1 von 280) | 0,5% (1 von 190) | 0,1% (1 von 1300) | 0,1% (1 von 690) |
| Lebenszeitrisiko | | 1,8% (1 von 57) | | 0,2% (1 von 450) |

Krebs in Deutschland, Robert-Koch-Institut 2013, www.rki.de/Krebs

Brustdrüse

| | Erkrankungsrisiko | | Sterberisiko | |
|----------------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------------|-----------------------|
| Männer im Alter von | in den nächsten 10 Jahren | jemals | in den nächsten 10 Jahren | jemals |
| 35 Jahren | <0,1% (1 v. 25.000) | 0,1% (1 von 800) | <0,1% (1 v. 192.000) | <0,1% (1 von 4200) |
| 45 Jahren | <0,1% (1 v. 15.000) | 0,1% (1 von 820) | <0,1% (1 v. 108.000) | <0,1% (1 von 4300) |
| 55 Jahren | <0,1% (1 von 4100) | 0,1% (1 von 830) | <0,1% (1 v. 21.000) | <0,1% (1 von 4300) |
| 65 Jahren | <0,1% (1 von 2300) | 0,1% (1 von 930) | <0,1% (1 v. 14.000) | <0,1% (1 von 4800) |
| 75 Jahren | 0,1% (1 von 1700) | 0,1% (1 v. 1200) | <0,1% (1 von 9900) | <0,1% (1 von 5800) |
| Lebenszeitrisiko | | 0,1% (1 von 810) | | <0,1% (1 v. 4300) |

| Frauen im Alter von | in den nächsten 10 Jahren | jemals | in den nächsten 10 Jahren | jemals |
|----------------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------------|--------------------|
| 35 Jahren | 0,9% (1 von 110) | 12,9% (1 von 8) | 0,1% (1 von 1000) | 3,5% (1 von 29) |
| 45 Jahren | 2,1% (1 von 47) | 12,2% (1 von 8) | 0,3% (1 von 370) | 3,4% (1 von 30) |
| 55 Jahren | 3,2% (1 von 31) | 10,5% (1 von 10) | 0,5% (1 von 190) | 3,2% (1 von 31) |
| 65 Jahren | 3,7% (1 von 27) | 7,8% (1 von 13) | 0,9% (1 von 120) | 2,8% (1 von 36) |
| 75 Jahren | 3,1% (1 von 32) | 4,9% (1 von 21) | 1,2% (1 von 84) | 2,2% (1 von 46) |
| Lebenszeitrisiko | | 12,9% (1 von 8) | | 3,4% (1 von 29) |

Gebärmutterhals

| | Erkrankungsrisiko | | Sterberisiko | |
|----------------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|
| Frauen im Alter von | in den nächsten 10 Jahren | jemals | in den nächsten 10 Jahren | jemals |
| 35 Jahren | <0,1% (1 v. 16.000) | 0,8% (1 von 120) | <0,1% (1 v. 186.000) | 0,3% (1 von 350) |
| 45 Jahren | 0,1% (1 von 1200) | 0,8% (1 von 120) | <0,1% (1 von 16.000) | 0,3% (1 von 350) |
| 55 Jahren | 0,2% (1 von 580) | 0,8% (1 von 130) | <0,1% (1 von 4200) | 0,3% (1 von 360) |
| 65 Jahren | 0,2% (1 von 620) | 0,6% (1 von 170) | <0,1% (1 von 2100) | 0,3% (1 von 390) |
| 75 Jahren | 0,2% (1 von 620) | 0,4% (1 von 230) | 0,1% (1 von 1800) | 0,2% (1 von 460) |
| Lebenszeitrisiko | | 0,8% (1 von 120) | | 0,3% (1 von 350) |

Gebärmutterkörper

| Frauen im Alter von | in den nächsten 10 Jahren | jemals | in den nächsten 10 Jahren | jemals |
|----------------------------|----------------------------------|--------------------|----------------------------------|---------------------|
| 35 Jahren | 0,1% (1 von 2000) | 2,2% (1 von 46) | <0,1% (1 von 27.000) | 0,5% (1 von 200) |
| 45 Jahren | 0,2% (1 von 470) | 2,2% (1 von 46) | <0,1% (1 von 5800) | 0,5% (1 von 200) |
| 55 Jahren | 0,5% (1 von 200) | 2,0% (1 von 50) | 0,1% (1 von 1700) | 0,5% (1 von 200) |

| | | | | |
|------------------|---------------------|---------------------|------------------|---------------------|
| 65 Jahren | 0,7% (1 von 140) | 1,6% (1 von 64) | 0,1% (1 von 750) | 0,5% (1 von 220) |
| 75 Jahren | 0,7% (1 von 140) | 1,0% (1 von 100) | 0,2% (1 von 500) | 0,4% (1 von 270) |
| Lebenszeitrisiko | | 2,2% (1 von 46) | | 0,5% (1 von 200) |

Krebs in Deutschland, Robert-Koch-Institut 2013a: www.rki.de/Krebs

Prostata

| Männer im Alter von | Erkrankungsrisiko | | Sterberisiko | |
|---------------------|---------------------------|--------------------|---------------------------|--------------------|
| | in den nächsten 10 Jahren | jemals | in den nächsten 10 Jahren | jemals |
| 35 Jahren | <0,1% (1 von 4200) | 13,4% (1 von 7) | <0,1% (1 v. 108.000) | 3,3% (1 von 30) |
| 45 Jahren | 0,5% (1 von 220) | 13,6% (1 von 7) | <0,1% (1 von 4200) | 3,4% (1 von 30) |
| 55 Jahren | 2,7% (1 von 37) | 13,8% (1 von 7) | 0,2% (1 von 560) | 3,5% (1 von 29) |
| 65 Jahren | 6,3% (1 von 16) | 12,6% (1 von 9) | 0,7% (1 von 140) | 3,7% (1 von 27) |
| 75 Jahren | 5,9% (1 von 17) | 8,5% (1 von 12) | 1,9% (1 von 52) | 3,8% (1 von 26) |
| Lebenszeitrisiko | | 13,2% (1 von 8) | | 3,3% (1 von 30) |

Leukämien

| Männer im Alter von | Erkrankungsrisiko | | Sterberisiko | |
|---------------------|---------------------------|---------------------|---------------------------|---------------------|
| | in den nächsten 10 Jahren | jemals | in den nächsten 10 Jahren | jemals |
| 35 Jahren | <0,1% (1 von 2300) | 1,3% (1 von 79) | <0,1% (1 von 9000) | 0,9% (1 von 110) |
| 45 Jahren | 0,1% (1 von 1200) | 1,2% (1 von 81) | <0,1% (1 von 3200) | 0,9% (1 von 110) |
| 55 Jahren | 0,2% (1 von 490) | 1,2% (1 von 83) | 0,1% (1 von 1200) | 0,9% (1 von 110) |
| 65 Jahren | 0,4% (1 von 250) | 1,1% (1 von 90) | 0,3% (1 von 400) | 0,9% (1 von 110) |
| 75 Jahren | 0,6% (1 von 160) | 0,9% (1 von 110) | 0,5% (1 von 200) | 0,8% (1 von 120) |

| Lebenszeit- risiko | | 1,4 % (1 von 72) | | 0,9 % (1 von 110) |
|--------------------------------|--------------------------------------|----------------------|--------------------------------------|----------------------|
| Frauen im Alter von | in den nächsten 10 Jahren | jemals | in den nächsten 10 Jahren | jemals |
| 35 Jahren | <0,1 % (1 v. 3300) | 0,9 % (1 von 110) | <0,1 % (1 von 10.000) | 0,7 % (1 von 150) |
| 45 Jahren | 0,1 % (1 von 1500) | 0,9 % (1 von 120) | <0,1 % (1 von 5000) | 0,7 % (1 von 150) |
| 55 Jahren | 0,1 % (1 von 770) | 0,8 % (1 von 120) | 0,1 % (1 von 1700) | 0,7 % (1 von 150) |
| 65 Jahren | 0,2 % (1 von 430) | 0,7 % (1 von 140) | 0,1 % (1 von 690) | 0,6 % (1 von 160) |
| 75 Jahren | 0,3 % (1 von 290) | 0,6 % (1 von 180) | 0,3 % (1 von 330) | 0,6 % (1 von 180) |
| Lebenszeit- risiko | | 1,0 % (1 von 100) | | 0,7 % (1 von 150) |

Krebs in Deutschland, Robert-Koch-Institut 2013a: www.rki.de/Krebs

Tabelle 2.4.12 Ausgewählte Krankheiten – Erreger und Inkubationszeiten

Die Inkubationszeit beschreibt die Zeit zwischen der Infektion eines Menschen mit einem Krankheitserreger und dem Auftreten der ersten Krankheitssymptome.

Viele Infektionskrankheiten können bereits in der Inkubationsphase ansteckend sein. Als aktuelles Beispiel führt die lange Inkubationszeit des HI-Virus zu einer weltweiten nicht beherrschbaren Epidemie.

| Krankheit | Erreger | Inkubationszeit |
|--|---|-----------------|
| Adenoviren-Infektion | Adenoviren | 7–11 Tage |
| Amöbenruhr | <i>Entamoeba histolytica</i> (Darmprotozooen) | 1–3 Wochen |
| Bakterienruhr (Dysenterie) | <i>Shigella spec.</i> (Stäbchenbakterien) | 1–7 Tage |
| Bang-Krankheit (Brucellosen) | <i>Brucellus abortus</i> (Bakterien) | 5–30 Tage |
| Bartonellose übertragen durch Schmetterlingsmücken | <i>Bartonella bacilliformis</i> (gramnegative Bakterien) | 15–40 Tage |
| Blastomykosen | <i>Blastomyces dermatitidis</i> (Fungi imperfecti) | 1–4 Wochen |

| Krankheit | Erreger | Inkubationszeit |
|---|--|--------------------|
| Botulismus (meist Lebensmittelvergiftung durch Toxine des Erregers) | <i>Clostridium botulinum</i> (Stäbchenbakterien) | 6–72 Stunden |
| Candidosen (Sammelbezeichnung) | <i>Candida spec.</i> (hefeardig sprossende Fungi imperfecti) | 2 Tage |
| Chagas-Krankheit (Südamerika, Übertragung durch Raubwanzen) | <i>Trypanosoma cruzi</i> (einzellige Flagellaten) | 5–14 Tage |
| Cholera nostras (einheimische Cholera) | <i>Vibrio cholerae</i> (kommaförmige Bakterien und Enroviren) | Stunden bis 5 Tage |
| Coxsackie-Viren-Infektion | RNA-Viren (Enteroviren) | 2–14 Tage |
| Dengue-Fieber (durch Mücken übertragen) | Arboviren (Überträger <i>Aedes aegypti</i>) | 2–8 Tage |
| Dermatophytien (Onycho-mykose an Fußnägeln) | <i>Tinea unguium</i> u. a. (Dermatophyten) | 3–16 Tage |
| Diphtherie | <i>Corynebacterium diphtheriae</i> (Stäbchenbakterien) | 2–5 Tage |
| Dyspepsie-Coli-Enteritis (Ernährungsstörung bei Kindern) | <i>Escherichia coli</i> (Stäbchenbakterien) | 3–12 Tage |
| Einschlusskörperchenkonjunktivitis | Zytomegalie-Virus (Herpesviren) | 7–19 Tage |
| Exanthema subitum (Dreitagefieber) | HHV-6 (humanes Herpesvirus Typ 6) | 3–17 Tage |
| Felsengebirgsfieber (Amerikanisches Zeckenfieber) | <i>Rickettsia rickettsii</i> (unbewegliche Stäbchen- und Kugelbakterien) | 3–12 Tage |
| Fleckfieber (Übertragung durch Kleiderläuse) | <i>Rickettsia prowazekii</i> (siehe oben) | 10–14 Tage |
| Frambösie (Kinder in feuchtwarmen Regionen) | <i>Treponema pallidum</i> (Stäbchenbakterien) | Einige Wochen |
| Fünftagefieber (Übertragen durch Kleiderläuse) | <i>Rickettsia quintana</i> (Stäbchen- und Kugelbakterien) | 3–6 Tage |
| Gasbrand (Gasödemerkrankung) | <i>Clostridium perfringens</i> (Sporenbildende Stäbchenbakterien) | 1–5 Tage |
| Gelbfieber (Ochropyra) | <i>Charon evagatus</i> (Arboviren) | 3–6 Tage |
| Gonorrhö (Tripper) | <i>Neisseria gonorrhoeae</i> (in Paaren angeordnete Bakterien) | 2–5 Tage |
| Hepatitis infectiosa (epidemische Gelbsucht) | Noch nicht klassifizierte Hepatitisviren | 2–6 Wochen |
| Hepatitis A | HCV (Hepatitis-A-Virus) | 15–50 Tage |

| Krankheit | Erreger | Inkubationszeit |
|--|---|---------------------------|
| Hepatitis C | HCV (Hepatitis-C-Virus) | 20–60 Tage |
| Hepatitis B | HBV (Hepatitis-B-Virus) | 4–25 Wochen |
| Herpangina | Coxsackie-Virus Typ A | 2–6 Tage |
| Histoplasma Mykose (auch opportunistisch bei HIV) | <i>Histoplasma capsulatum</i> (hochinfektiöser Pilz) | 5–10 Tage |
| Influenza (Grippe) | Viren (Orthomyxoviridae) | wenige Stunden bis 3 Tage |
| Kala-Azar (viszrale Leishmaniasis) | <i>Leishmania donovani</i> (Flagellaten) | wenige Wochen bis Monate |
| Keuchhusten (Pertussis) | <i>Bordetella pertussis</i> (kurze Stäbchenbakterien) | 7–21 Tage |
| Kokzidiodomykose | <i>Coccidioides immitis</i> (Sporozoen) | wenige Tage bis 3 Wochen |
| Kokzidiose | <i>Isospora belli</i> (Sporozoen) | 6–10 Tage |
| Lambliasis | <i>Giardia lamblia</i> (Flagellaten) | 6–15 Tage |
| Leishmaniasis (Hautleishmaniose) | <i>Leishmania tropica</i> (Flagellaten) | 14–21 Tage |
| Lepra | <i>Mycobacterium leprae</i> (Stäbchenbakterien) | Monate bis Jahre |
| Lymphopatia venerea (seltene Geschlechtskrankheit) | <i>Chlamydia trachomatis</i> (bakterienähnliche Erreger) | 7–35 Tage |
| Malaria quartana | <i>Plasmodium malariae</i> (Sporozoen) | 15–30 Tage |
| Malaria tertiana | <i>Plasmodium vivax</i> (Sporozoen) | 8–27 Tage |
| Malaria tropica | <i>Plasmodium falciparum</i> (Sporoz.) | 8–25 Tage |
| Maltafieber | <i>Brucella melitensis</i> (ellipsoide Stäbchenbakterien) | 7–21 Tage |
| Masern | Viren | 10–14 Tage |
| Maul- und Klauenseuche | Viren aus der Fam. Picornaviridae | 3–6 Tage |
| Meningitis epidemica | Meningokokken und andere Bakterien | 1–4 Tage |
| Milzbrand | <i>Bacillus anthracis</i> (aerobe Stäbchenbakterien) | 12 Stunden bis 5 Tage |
| Mononukleose (Pfeiffer-Drüsenvieber) | Epstein-Barr-Virus | 7–21 Tage |
| Mumps (Parotitis epidemica) | Mumps-Viren | 12–25 Tage |
| Ornithose (Papageienkrankheit) | <i>Chlamydia psittaci</i> (bakterienähnliche Erreger) | 7–14 Tage |

| Krankheit | Erreger | Inkubationszeit |
|--|---|-----------------------|
| Pappataci-Fieber (Sandfliegenfieber) | Sandfliegen-Viren | 3–6 Tage |
| Parainfluenza | Viren | 1–5 Tage |
| Paratyphus | <i>Salmonella paratyphi</i> A, B od. C (Stäbchenbakterien) | 1–10 Tage |
| Pest (Übertragung durch Flöhe von Nagern) | <i>Yersinia pestis</i> (Stäbchenbakterien) | 3–5 Tage |
| Pferdeenzephalomyelitis | <i>Alphavirus</i> der <i>Togaviridae</i> | 5–10 Tage |
| Pocken (Variola major) | <i>Orthopoxvirus variola</i> (Viren) | 8–18 Tage |
| Polyomyelitis | Poliomyelitis-Viren | 7–14 Tage |
| Q-Fieber (Balkan-Grippe) | <i>Rickettsia burnetii</i> (bakterienähnliche Erreger) | 14–21 Tage |
| Rattenbisskrankheit | <i>Spirillum minus</i> (Spirochäten) | meist 1–2 Wochen |
| Reiter-Krankheit | Gramnegative Bakterien | 6–10 Tage |
| Röteln | Viren | 14–21 Tage |
| Rotlauf | <i>Erysipelothrix rhusiopathiae</i> (Stäbchenbakterien) | 1–5 Tage |
| Rotz | <i>Pseudomonas mallei</i> (Stäbchenbakterien) | 4–8 Tage |
| Rückfallfieber | Borillien (schraubenförmige Bakterien) | 5–7 Tage |
| Scharlach | <i>Streptococcus pyogenes</i> (Kugelbakterium) | 2–5 Tage |
| Schlafkrankheit (Trypanosomiasis) | <i>Trypanosoma brucei gambiense</i> (Flagellaten) | 14–21 Tage |
| Sporotrichose (Sporothrix-Mykose) | <i>Sporothrix schenckii</i> (Pilze) | 1 Woche und länger |
| Syphilis (Harter Schanker) | <i>Treponema pallidum</i> (spiralförmige Bakterien) | 14–28 Tage |
| Tetanus (Wundstarrkrampf) | <i>Clostridium tetani</i> (Stäbchenbakterien) | 2–50 Tage |
| Tollwut | RNA-Virus | 10–60 Tage |
| Toxoplasmose | <i>Toxoplasma gondii</i> (Einzellige Sporozoen) | 3 Tage |
| Trachom (Körnerkrankheit) | <i>Chlamydia trachomatis</i> (bakterienähnliche Erreger) | 5–7 Tage |

| Krankheit | Erreger | Inkubationszeit |
|--|---|-----------------|
| Trichomoniasis (Infekt von Harnblase und Vagina) | <i>Trichomonas urogenitalis</i> (Flagellaten) | 4–7 Tage |
| Tsutsugamushi-Fieber (Milben-Fleckfieber) | <i>Rickettsia tsutsugamushi</i> (bakterienähnliche Erreger) | 6–21 Tage |
| Tuberkulose | <i>Mycobacterium tuberculosis</i> (Stäbchenbakterien) | mehrere Wochen |
| Typhus abdominalis (Unterleibstypus) | <i>Salmonella typhi</i> (Stäbchenbakterien) | 7–14 Tage |
| Ulcus molle (syn. weicher Schanker) | <i>Haemophilus ducreyi</i> (Stäbchenbakterien) | 1–2 Tage |
| Viruspneumonie (Lungen-entzündungen durch Viren) | Viren | 1–5 Tage |
| Windpocken | DNA-Viren (<i>Varicella-Zoster-Virus</i>) | 14–21 Tage |

Wiesmann 1978; Pschyrembel 2014

Tabelle 2.4.13 Meldepflichtige Infektionserkrankungen in Deutschland 2011 und 2012

Meldepflichtige Infektionserkrankungen werden durch das Infektionsschutzgesetz festgelegt.

Meldepflichtige Infektionskrankheiten

| | 2011 | | | 2012 | | |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | gesamt | männl. | weibl. | gesamt | männl. | weibl. |
| Akute infektiöse Darmkrankheiten | 290.028 | 139.269 | 150.231 | 253.914 | 122.102 | 131.357 |
| Cholera | 4 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| Typhus abdominalis | 59 | 31 | 27 | 58 | 37 | 21 |
| Paratyphus | 58 | 34 | 24 | 43 | 25 | 18 |
| Salmonellose | 24.520 | 12.368 | 12.107 | 20.849 | 10.709 | 10.105 |
| Shigellose | 680 | 420 | 259 | 526 | 284 | 241 |
| EHEC-Darminfektionen | 4907 | 2119 | 2781 | 1531 | 657 | 872 |

Meldepflichtige Infektionskrankheiten

| | 2011 | | | 2012 | | |
|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | gesamt | männl. | weibl. | gesamt | männl. | weibl. |
| E.-coli-Enteritis | 8295 | 4185 | 4085 | 7065 | 3612 | 3434 |
| Campylobacter-Enteritis | 71.312 | 37.391 | 33.851 | 62.880 | 32.596 | 30.218 |
| Yersinien-Enteritis | 3397 | 1945 | 1451 | 2705 | 1494 | 1209 |
| Botulismus | 9 | 5 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| Giardiasis | 4264 | 2355 | 1898 | 4228 | 2299 | 1914 |
| Kryptosporidiose | 942 | 482 | 459 | 1385 | 683 | 701 |
| Rotavirus-Enteritis | 54.450 | 26.207 | 28.055 | 39.289 | 19.135 | 20.022 |
| Norovirus-Gastroenteritis | 116.251 | 51.440 | 64.634 | 113.286 | 50.541 | 62.563 |
| HUS | 880 | 287 | 592 | 69 | 30 | 39 |
| Tuberkulose | 4318 | 2548 | 1759 | 4227 | 2589 | 1627 |
| Brucellose | 24 | 10 | 14 | 28 | 12 | 16 |
| Leptospirose | 51 | 38 | 13 | 85 | 55 | 30 |
| Listeriose | 338 | 185 | 153 | 427 | 226 | 201 |
| Meningokokken-Erkrankung | 369 | 201 | 167 | 354 | 193 | 161 |
| Haemophilus influenzae | 273 | 145 | 127 | 323 | 153 | 170 |
| Legionellose | 644 | 463 | 180 | 655 | 452 | 203 |
| Syphilis | 3704 | 3461 | 236 | 4410 | 4110 | 296 |
| Ornithose | 16 | 9 | 7 | 16 | 10 | 6 |
| Q-Fieber | 285 | 154 | 131 | 200 | 143 | 57 |
| Creutzfeldt-Jakob-Krankheit | 134 | 58 | 76 | 120 | 59 | 61 |
| FSME | 423 | 268 | 154 | 195 | 123 | 72 |
| Denguefieber | 288 | 171 | 117 | 615 | 321 | 293 |
| Hantavirus-Erkrankungen | 305 | 228 | 76 | 2822 | 1972 | 845 |
| Sonstige VHF* | 13 | 4 | 9 | 9 | 6 | 3 |
| Masern | 1608 | 770 | 834 | 166 | 79 | 87 |
| Akute Virushepatitis | 6956 | 4281 | 2644 | 6897 | 4254 | 2606 |

Meldepflichtige Infektionskrankheiten

| | 2011 | | | 2012 | | |
|-----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | gesamt | männl. | weibl. | gesamt | männl. | weibl. |
| Hepatitis A | 832 | 440 | 391 | 831 | 410 | 419 |
| Hepatitis B | 812 | 558 | 247 | 679 | 476 | 197 |
| Hepatitis C | 5058 | 3139 | 1897 | 4982 | 3112 | 1841 |
| sonst. akute Virushepatitiden | 254 | 144 | 109 | 405 | 256 | 149 |
| Adenovirus(kerato)-konjunktivitis | 674 | 329 | 345 | 2145 | 999 | 1142 |
| Malaria | 562 | 383 | 178 | 547 | 377 | 166 |
| Influenza | 43.769 | 22.120 | 21.528 | 11.510 | 5752 | 5690 |

*VHF: virale hämorrhagische Fieber

Bundesgesundheitsministerium Daten des Gesundheitswesens 2013

Tabelle 2.4.14 Entwicklung der Tuberkuloseerkrankungen in Deutschland seit 1991

Die Tuberkulose (Tbk) ist weltweit die wichtigste Infektionskrankheit. Etwa ein Drittel der Weltbevölkerung ist mit Tuberkuloseerregern infiziert, etwa 20 Millionen Menschen sind aktuell an einer akuten Lungentuberkulose erkrankt. Es gibt jährlich mehr als 9 Millionen Neuerkrankungen, 5% davon mit multiresistenten Erregern und etwa 1,1 Millionen Menschen sterben an der Erkrankung pro Jahr. 2009 fanden sich nach WHO-Angaben in Asien 59% aller Tbk-Fälle, in Afrika 26% und in Europa 5%. Die geschätzte Inzidenz jedoch lag in Afrika mit mehr als 300 Fällen auf 100.000 Einwohner am höchsten, in Europa dagegen finden sich die weltweit höchsten Raten multiresistenter Erreger.

In Deutschland geht die Anzahl der Neuerkrankungen pro Jahr stetig zurück.

| Jahr | Inzidenz pro 100.000 | Jahr | Inzidenz pro 100.000 | Jahr | Inzidenz pro 100.000 |
|------|----------------------|------|----------------------|------|----------------------|
| 2001 | 9,2 | 2005 | 7,3 | 2009 | 5,4 |
| 2002 | 9,3 | 2006 | 6,5 | 2010 | 5,4 |
| 2003 | 8,7 | 2007 | 6,1 | 2011 | 5,3 |
| 2004 | 7,9 | 2008 | 5,5 | 2012 | 5,1 |

Tabelle 2.4.15 Anzahl und Inzidenz der Tuberkuloseerkrankungen nach Bundesländern 2007–2012

Inzidenz: Neuerkrankungen pro 100.000 Bewohner des Bundeslandes pro Jahr

| Bundesland | Median 2007–11 | 2012 | Bundesland | Median 2007–11 | 2012 |
|--------------------|----------------|------|-------------------|----------------|------|
| Baden-Württemberg | 5,1 | 4,5 | Bayern | 5,4 | 5,2 |
| Berlin | 8,1 | 9,1 | Brandenburg | 3,9 | 3,6 |
| Bremen | 8,5 | 7,7 | Hamburg | 9,1 | 8,2 |
| Hessen | 6,9 | 6,6 | Mecklenburg-Vorp. | 5,7 | 5,3 |
| Niedersachsen | 4,1 | 3,8 | Nordrhein-Westf. | 6,2 | 5,9 |
| Rheinland-Pfalz | 4,8 | 4,3 | Saarland | 5,7 | 3,3 |
| Sachsen | 4,2 | 3,6 | Sachsen-Anhalt | 5,8 | 4,7 |
| Schleswig-Holstein | 3,2 | 2,9 | Thüringen | 4,4 | 3,4 |
| bundesweit | | 5,2 | | | |

Robert-Koch-Institut 2013: www.rki.de

Tabelle 2.4.16 Resistente Tuberkuloseerreger 2009 der Erkrankten

Die Tuberkulose hat eine Inkubationszeit von 4–6 Wochen. Sie kann grundsätzlich alle Organe des Menschen befallen, wird aber meistens durch Tröpfcheninfektion (offen Tuberkulose) der Lunge übertragen. Die vorliegenden Daten zeigten eine Zunahme resistenter Erreger.

Jegliche Resistenz: Resistenz der Tuberkelbakterien gegen eines der fünf Standardmedikamente Isoniazid, Rifampicin, Ethambutol, Pyrazinamid und Streptomycin. Multiresistenz: Resistenz gegen Isoniazid, Rifampicin u. a.

| Anteil resistenter Tuberkulose 2009–2013 | | | | | Anteil resistenter Tuberkulose nach Geburtsland der Erkrankten | |
|--|--------|--------|--------|--------|--|---------------------|
| Art der Resistenz | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | Deutschland 2012 | andere Staaten 2012 |
| Multi-Resistenz | 2,1 % | 1,7 % | 1,8 % | 2,3 % | 1,0 % | 3,4 % |
| Jegliche Resistenz | 11,5 % | 12,7 % | 12,1 % | 12,7 % | 9,0 % | 10, % |

Robert-Koch-Institut 2013: www.rki.de

Tabelle 2.4.17 Zeitlicher Verlauf von Anzahl und Inzidenz der Tuberkulose nach Geschlecht und Altersgruppe

Das Risiko, an Tuberkulose zu erkranken, ist bei Männern mehr als 60 % höher als bei Frauen. Die Altersverteilung zeigt Häufigkeitsgipfel in den mittleren Altersgruppen. Inzidenz: Neuerkrankungen pro 100.000 Einwohner in Deutschland pro Jahr.

| Altersgruppe | Gemeldete Tuberkulosefälle (Inzidenz in Klammern) | | | | | |
|--------------|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 2010 | | 2011 | | 2012 | |
| | Männer | Frauen | Männer | Frauen | Männer | Frauen |
| >5 Jahre | 45(2,6) | 30(1,8) | 43(2,5) | 46(2,8) | 44(2,5) | 44(2,6) |
| 5–9 | 23(1,3) | 24(1,4) | 26(1,4) | 27(1,6) | 30(1,7) | 21(1,2) |
| 10–14 | 18(0,9) | 20(1,0) | 22(1,1) | 13(0,7) | 16(0,8) | 23(1,2) |
| 15–19 | 71(3,3) | 55(2,7) | 64(3,1) | 55(2,8) | 73(3,5) | 49(2,5) |
| 20–24 | 136(5,3) | 109(4,5) | 115(4,5) | 103(4,3) | 138(5,4) | 114(4,7) |
| 25–29 | 170(6,8) | 172(7,1) | 167(6,6) | 166(6,8) | 194(7,6) | 159(6,5) |
| 30–39 | 368(7,4) | 267(5,5) | 365(7,4) | 287(6,0) | 361(7,3) | 269(5,6) |
| 40–49 | 437(6,2) | 238(3,5) | 424(6,2) | 229(3,5) | 418(6,1) | 189(2,9) |
| 50–59 | 443(7,6) | 173(3,0) | 443(7,4) | 213(3,6) | 456(7,6) | 193(3,2) |
| 60–69 | 372(8,5) | 177(3,8) | 288(6,6) | 193(4,2) | 294(6,8) | 180(3,9) |
| >69 Jahre | 574(11,3) | 451(6,1) | 585(11,0) | 431(5,7) | 567(10,7) | 381(5,1) |
| unbekannt | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 |
| alle | 2659(6,6) | 1716(4,1) | 2543(6,3) | 1765(4,2) | 2591(6,4) | 1623(3,9) |

Robert-Koch-Institut 2013: www.rki.de

Tabelle 2.4.18 Inkubationszeiten und Krankheitsbilder der durch Zecken übertragenen Frühsommer-Hirnhautentzündung (FSME) und der Lyme-Borreliose

Die Frühsommer-Hirnhautentzündung (Meningoenzephalitis oder FSME) ist eine infektiöse Viruserkrankung, die auch auf das Gehirn übergreifen kann. Die Erreger (FSME-Virus) werden hauptsächlich durch den Biss der Zecke (*Ixodes ricinus*) übertragen. Ein Infektionsrisiko besteht vor allem in Baden-Württemberg, Bayern und Südhessen (0,1–4% der Zecken sind infiziert). Lediglich 10–30% der Infizierten zeigen Krankheitssymptome. Von diesen symptomatischen Patienten treten nur 10% in die gefährliche 3. Krankheitsphase ein.

Die Lyme-Borreliose, die 1976 zum ersten Mal in Lyme (USA) beobachtet wurde, wird durch das Bakterium *Borrelia burgdorferi* verursacht und wird ebenfalls durch Zeckenbisse übertragen. 90% aller Infektionen heilen nach dem ersten Stadium der Erkrankung ab. Tödliche Fälle sind die Ausnahme.

Die ständige Impfkommission am Robert-Koch-Institut empfiehlt die FSME-Schutzimpfung für alle Personen, die sich in den Risikogebieten aufhalten und dabei gegenüber den Zecken exponiert sind. 2013 fanden sich in Baden-Württemberg und Bayern allein 352 der bundesweit 420 gemeldeten FSME-Fälle. Die Impfquote beträgt 30,0% in Baden-Württemberg und 33,8% in Bayern (Median 2005–13).

Frühsommer-Hirnhautentzündung (FSME)

| | |
|--|--|
| Inkubationszeit | 7–14 Tage, in Einzelfällen bis 28 Tage |
| Fälle mit schwerem Verlauf | 5–18 % |
| Fälle mit tödlichem Verlauf | 0,5–2 % |
| Erkrankungsphase I: grippeähnliche Symptome | |
| Dauer | ca. 2–4 Tage |
| Anteil der Infizierten mit Krankheitssymptomen | 10–30 % |
| Beschwerdefreie Phase: | ca. 4–6 Tage |
| Erkrankungsphase II: Meningoenzephalitische Phase mit Kopfschmerzen, hohes Fieber, Doppelbilder, psychische Veränderungen, Krämpfe, Lähmungen | |
| Anteil der Patienten mit Krankheitssymptomen, die in die Krankheitsphase II eintreten | 10 % |
| Aktive und passive Immunisierung möglich | |

Lyme-Borreliose

| | |
|--|-----------------------|
| Inkubationszeit | 8 Tage bis 3 Monate |
| Stadium 1: fortschreitende Rötung der Haut (<i>Erythema chronicum migrans</i>), ev. Fieber, Kopfschmerzen, Ausheilung nach Stadium 1 | 4–6 Wochen 90% |
| Stadium 2: Hirnhautentzündung, Gehirnentzündung, Entzündung des Herzmuskels | nach mehreren Wochen |
| Stadium 3: Schmerzen, Gesichtslähmung, Hautentzündungen, Gelenkentzündungen | nach bis zu 15 Jahren |
| Schutzimpfungen nicht möglich | |

Immuno 1995; Epidemiologisches Bulletin Nr. 15, Robert-Koch-Institut 2013: www.rki.de

Tabelle 2.4.19 Das Auftreten von Frühsommer- Hirnhautentzündung (FSME) in Süddeutschland sowie Empfehlungen zum Verhalten nach dem Zeckenbiss

Für das Vorkommen der Frühsommer-Hirnhautentzündung (FSME) in Baden-Württemberg und Bayern müssen bestimmte geobiologische Bedingungen gegeben sein. Jahresisotherme: mindestens 8 °C; mittlere Tages-Lufttemperatur: 10 °C an 150 Tagen; Isotherme im Monat April: mindestens 7 °C. Experten geben als Ursache für die extreme Zunahme an FSME in Bayern im Jahr 2005 die deutlich gestiegene Anzahl von Zecken an, die sich aufgrund des warmen und feuchten Sommers sehr gut vermehren konnten.

Nach einem Biss sollte die Zecke möglichst schnell mit einer Zeckenpinzette herausgehoben werden. Wenn der Kopf der Zecke in der Haut bleibt, stellt dies kein zusätzliches Infektionsrisiko dar, da die Erreger der FSME und der Borreliose aus dem Darm der Zecke kommen.

Vom Versuch, die Zecken mit Hilfe von Öl oder Klebstoff zu ersticken, wird abgeraten. Im Todeskampf sondert das vollständige Tier vermehrt Speichel ab, so dass Erreger in das Blut des Menschen gelangen.

| | Bayern | Baden-Württemberg |
|-----------------------------------|---------------|--------------------------|
| FSME-Fälle: | | |
| 1982 | 65 | 32 |
| 1983 | 21 | 8 |
| 1984 | 32 | 18 |
| 1991 | 10 | 34 |
| 1992 | 22 | 120 |
| 1993 | 31 | 87 |
| 1994 | 50 | 239 |
| 2001 | – | 116 |
| 2002 | – | 115 |
| 2003 | – | 117 |
| 2004 | 102 | 130 |
| 2005 | 204 | 164 |
| 2006 | 188 | 281 |
| 2010 | 140 | 118 |
| 2011 | 177 | 201 |
| 2013 | 176 | 169 |
| Saisonale Häufigkeit in %: | | |
| Januar | – | – |
| Februar | – | – |
| März | – | – |
| April | 1,5 % | – |
| Mai | 5,0 % | 2,0 % |
| Juni | 11,5 % | 21,5 % |
| Juli | 23,5 % | 39,0 % |
| August | 20,5 % | 17,0 % |
| September | 12,0 % | 13,0 % |
| Oktober | 22,0 % | 5,5 % |
| November | 4,0 % | – |
| Dezember | – | 2,0 % |

2.5 Todesursachen und Unfälle

Tabelle 2.5.1 Sterbefälle nach ausgewählten Todesursachen in Deutschland 1990–2013

Im Jahr 2004 sank die Zahl der Gestorbenen um 4,2 %. Bei fast jedem zweiten Verstorbenen war die Todesursache eine Erkrankung des Kreislaufsystems (45 %). Bei jedem vierten Sterbefall war die Todesursache eine Krebserkrankung. Krankheiten des Atmungssystems hatten einen Anteil von 6,4 %, Krankheiten des Verdauungssystems von 5,2 % und 4,1 % starben auf Grund eines unnatürlichen Todes.

Für die Reihenfolge der Häufigkeit der Todesursachen wurde das zuletzt angegebene Jahr berücksichtigt. In Klammern sind Sterbefälle je 100.000 Einwohner angegeben.

Sterbefälle = Anzahl (1990–2003; Sterbefälle je 100.000 Einwohner, 2013 in % aller Todesursachen)

| Todesursache | 1990 | 1995 | 2003 | 2013 |
|---|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| Insgesamt, alle Ursachen | 921.445 | 884.588 | 853.946 | 893.825 |
| 1. Krankheiten des Kreislaufsystems | 462.992 (583,4) | 429.407 (525,8) | 396.622 (480,6) | 354.493 (39,7 %) |
| 2. Bösartige Neubildungen | 210.712 (265,5) | 218.597 (267,7) | 209.255 (253,6) | 223.842 (25,0 %) |
| 3. Krankheiten des Atmungssystems | 57.616 (72,7) | 53.898 (66,0) | 58.014 (70,3) | 64.918 (7,3 %) |
| 4. Krankheiten des Verdauungssystems | 41.782 (52,6) | 41.821 (51,2) | 42.263 (51,2) | 40.112 (4,5 %) |
| 5. Äußere Ursachen von Morbidität und Mortalität | 50.963 (57,9) | 39.367 (48,2) | 34.606 (41,9) | 34.133 (3,8 %) |
| 6. Drüsen-, Ernährungs- und Stoffwechselkrankheiten | 22.035 (27,8) | 26.323 (32,2) | 27.191 (33,0) | 31.197 (3,5 %) |
| 7. Symptome und nicht zu klassifizierende Befunde | 27.596 (34,8) | 22.756 (27,9) | 21.739 (26,3) | 25.194 (2,8 %) |
| 8. Krankheiten des Nervensystems | 12.547 (15,8) | 14.675 (18,0) | 18.452 (22,4) | 25.754 (2,9 %) |
| 9. Krankheiten der Harn- und Geschlechtsorgane | 11.073 (14,0) | 9876 (12,1) | 13.181 (16,0) | 21.888 (2,4 %) |
| 10. Infektiöse und parasitäre Krankheiten | 7314 (9,2) | 8129 (10,0) | 10.891 (13,2) | 18.475 (2,1 %) |

Sterbefälle = Anzahl (1990–2003; Sterbefälle je 100.000 Einwohner, 2013 in % aller Todesursachen)

| Todesursache | 1990 | 1995 | 2003 | 2013 |
|---|----------------|------------------|----------------|-------------------|
| 11. Psychische- und Verhaltensstörungen | 9941 (12,5) | 11.383 (13,9) | 8535 (10,3) | 36.117 (4,0 %) |
| 12. Krankheiten des Blutes und der blutbildenden Organe | 2352 (3,0) | 1612 (2,0) | 2029 (2,5) | 2916 (0,3 %) |

Gesundheitswesen, Todesursachen in Deutschland; Statistisches Bundesamt 2005: www.destatis.de; Statistisches Jahrbuch 2014

Tabelle 2.5.2 Sterbeziffern nach ausgewählten Todesursachen in Deutschland nach Alter und Geschlecht 2013

90 % aller infolge von Kreislauferkrankungen 2013 verstorbenen Menschen waren älter als 65 Jahre. In den mittleren Lebensjahren waren bösartige Neubildungen die bedeutendste Todesursache, an der 209 329 Personen starben.

Bei Männern waren die bösartigen Neubildungen der Verdauungsorgane (35.936 Gestorbene) und der Atmungsorgane (30.427 Gestorbene) die häufigsten Krebsarten. Bei Frauen waren neben der Gruppe der bösartigen Neubildungen der Verdauungsorgane (32.539 Gestorbene) die bösartigen Neubildungen der Brustdrüsen (17.592 Gestorbene) die häufigsten Krebsarten.

24.689 Personen starben 2013 in Folge eines Unfalls oder einer vorsätzlichen Selbstbeschädigung.

| Anzahl der Sterbefälle 2013 im Alter bis 45 Jahre | | | | | | | | | | |
|---|------|-----|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | < 1 | 1–5 | 5–10 | 10–15 | 15–20 | 20–25 | 25–30 | 30–35 | 35–40 | 40–45 |
| Insgesamt | | | | | | | | | | |
| Männl. | 1268 | 245 | 177 | 155 | 653 | 1078 | 1362 | 1740 | 2235 | 4334 |
| Weibl. | 982 | 189 | 130 | 147 | 332 | 460 | 589 | 851 | 1229 | 2477 |
| Zusam. | 2250 | 434 | 307 | 302 | 985 | 1538 | 1951 | 2591 | 3464 | 6811 |
| 1. Krankheiten des Kreislaufsystems | | | | | | | | | | |
| Männl. | 11 | 11 | 12 | 9 | 29 | 59 | 100 | 172 | 317 | 799 |
| Weibl. | 9 | 18 | 9 | 14 | 21 | 42 | 71 | 102 | 152 | 344 |
| Zusam. | 20 | 29 | 21 | 23 | 50 | 101 | 171 | 274 | 469 | 1143 |
| 2. Bösartige Neubildungen | | | | | | | | | | |
| Männl. | 8 | 29 | 53 | 35 | 60 | 95 | 142 | 203 | 350 | 873 |
| Weibl. | 4 | 29 | 40 | 34 | 60 | 72 | 125 | 270 | 486 | 1101 |
| Zusam. | 12 | 58 | 93 | 69 | 120 | 167 | 267 | 473 | 836 | 1974 |
| 3. Krankheiten des Atmungssystems | | | | | | | | | | |
| Männl. | 14 | 22 | 12 | 7 | 10 | 29 | 18 | 36 | 51 | 116 |
| Weibl. | 5 | 20 | 5 | 5 | 5 | 18 | 16 | 23 | 27 | 64 |
| Zusam. | 19 | 42 | 17 | 12 | 15 | 47 | 34 | 59 | 78 | 180 |
| 4. Krankheiten des Verdauungssystems | | | | | | | | | | |
| Männl. | 7 | 3 | 1 | 2 | 1 | 15 | 32 | 91 | 154 | 432 |
| Weibl. | 3 | 3 | 2 | – | 4 | 4 | 25 | 37 | 81 | 172 |
| Zusam. | 10 | 6 | 3 | 2 | 5 | 19 | 57 | 128 | 235 | 604 |

5. Äußere Ursachen von Morbidität und Mortalität (z.B. Verletzungen und Vergiftungen)

| | | | | | | | | | | |
|--------|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| Männl. | 35 | 50 | 40 | 39 | 414 | 652 | 753 | 759 | 737 | 934 |
| Weibl. | 20 | 24 | 26 | 43 | 153 | 184 | 178 | 206 | 200 | 296 |
| Zusam. | 55 | 74 | 66 | 82 | 567 | 836 | 931 | 965 | 937 | 1230 |

6. Drüsen-, Ernährungs- und Stoffwechselkrankheiten

| | | | | | | | | | | |
|--------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| Männl. | 23 | 14 | 4 | 9 | 11 | 22 | 30 | 44 | 53 | 148 |
| Weibl. | 7 | 10 | 8 | 5 | 12 | 16 | 23 | 23 | 29 | 79 |
| Zusam. | 30 | 24 | 12 | 14 | 23 | 38 | 53 | 67 | 82 | 227 |

7. Symptome und nicht zu klassifizierende Befunde

| | | | | | | | | | | |
|--------|-----|----|---|----|----|----|-----|-----|-----|-----|
| Männl. | 143 | 15 | 5 | 12 | 27 | 55 | 94 | 129 | 204 | 375 |
| Weibl. | 108 | 8 | 2 | 11 | 16 | 39 | 39 | 42 | 75 | 111 |
| Zusam. | 251 | 23 | 7 | 23 | 43 | 94 | 133 | 171 | 279 | 486 |

8. Krankheiten des Nervensystems

| | | | | | | | | | | |
|--------|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Männl. | 38 | 23 | 23 | 17 | 42 | 72 | 70 | 68 | 74 | 119 |
| Weibl. | 14 | 33 | 17 | 13 | 20 | 41 | 42 | 39 | 57 | 94 |
| Zusam. | 52 | 56 | 40 | 30 | 62 | 113 | 112 | 107 | 131 | 213 |

9. Krankheiten der Harn- und Geschlechtsorgane

| | | | | | | | | | |
|--------|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
| Männl. | — | 2 | — | — | 2 | 3 | 5 | 8 | 17 |
| Weibl. | 1 | 1 | 1 | — | 1 | 2 | 6 | 9 | 13 |
| Zusam. | 1 | 3 | 1 | — | 3 | 5 | 11 | 17 | 30 |

10. Infektiöse und parasitäre Krankheiten

| | | | | | | | | | | |
|--------|----|----|----|---|----|----|-----|-----|-----|-----|
| Männl. | 11 | 11 | 12 | 9 | 29 | 59 | 100 | 172 | 317 | 799 |
|--------|----|----|----|---|----|----|-----|-----|-----|-----|

| | | | | | | | | | | |
|---|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|------|
| Weibl. | 9 | 18 | 9 | 14 | 21 | 42 | 71 | 102 | 152 | 344 |
| Zusam. | 20 | 29 | 21 | 23 | 50 | 101 | 171 | 274 | 469 | 1143 |
| 11. Psychische und Verhaltensstörungen | | | | | | | | | | |
| Männl. | — | 2 | — | 1 | 5 | 34 | 73 | 152 | 187 | 310 |

11. Psychische und Verhaltensstörungen

| | | | | | | | | | | |
|--------|---|---|---|---|----|----|----|-----|-----|-----|
| Männl. | — | 2 | — | 1 | 5 | 34 | 73 | 152 | 187 | 310 |
| Weibl. | — | — | 1 | — | 8 | 16 | 23 | 36 | 45 | 91 |
| Zusam. | — | 2 | 1 | 1 | 13 | 50 | 96 | 188 | 232 | 401 |

12. Krankheiten des Blutes

| | | | | | | | | | | |
|--------|----|----|---|---|---|---|---|----|----|----|
| Männl. | 6 | 6 | — | 2 | 1 | 5 | 4 | 8 | 4 | 12 |
| Weibl. | 5 | 5 | 1 | 1 | 5 | 3 | 3 | 5 | 8 | 9 |
| Zusam. | 11 | 11 | 1 | 3 | 6 | 8 | 7 | 13 | 12 | 21 |

zahlen der Statistischen Bundesamt für 2012 im Alter von 15–60 Jahren

| Anzahl der Sterbedaten 2013 im Alter von 45–90 Jahren | | | | | | | Insgesamt | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|
| | 45–50 | 50–55 | 55–60 | 60–65 | 65–70 | 70–75 | 75–80 | 80–85 | 85–90 | >90 |
| Männer | 9403 | 15826 | 22125 | 29847 | 34297 | 60178 | 73277 | 74702 | 60489 | 36259 |

| | | |
|--------|--------|--------|
| Weibl. | 5147 | 8574 |
| Zusam. | 14.550 | 24.400 |

| 1. Krankheiten des Kreislaufsystems | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|------|------|------|------|------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Männl. | 2072 | 3618 | 5546 | 7759 | 9570 | 18.653 | 26.604 | 31.074 | 27.884 | 19.010 |
| Weibl. | 717 | 1217 | 1766 | 2965 | 4235 | 10.436 | 20.654 | 35.757 | 55.290 | 67.365 |

Zusam. 2/89 48

| z. Bosaruge Neubautungen | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|------|------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|--|
| Männl. | 2430 | 5119 | 8108 | 11.940 | 13.814 | 22.387 | 22.591 | 17.954 | 11.127 | 4430 | |

| | | | | | | | | | | |
|--|------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Weibl. | 2481 | 4441 | 6042 | 8161 | 9195 | 14.949 | 16.506 | 15.605 | 13.727 | 8766 |
| Zusam. | 4911 | 9560 | 14.150 | 20.101 | 23.009 | 37.336 | 39.097 | 33.559 | 24.854 | 13.196 |
| 3. Krankheiten des Atmungssystems | | | | | | | | | | |
| Männl. | 2430 | 5119 | 8108 | 11.940 | 13.814 | 22.387 | 22.591 | 17.954 | 11.127 | 4430 |
| Weibl. | 2481 | 4441 | 6042 | 8161 | 9195 | 14.949 | 16.506 | 15.605 | 13.727 | 8766 |
| Zusam. | 4911 | 9560 | 14.150 | 20.101 | 23.009 | 37.336 | 39.097 | 33.559 | 24.854 | 13.196 |
| 4. Krankheiten des Verdauungssystems | | | | | | | | | | |
| Männl. | 983 | 1590 | 1893 | 2150 | 1896 | 2772 | 2888 | 2735 | 1874 | 1045 |
| Weibl. | 376 | 669 | 859 | 1043 | 1126 | 1776 | 2443 | 3219 | 4032 | 3674 |
| Zusam. | 1359 | 2259 | 2752 | 3193 | 3022 | 4548 | 5331 | 5954 | 5906 | 4719 |
| 5. Äußere Ursachen von Morbidität und Mortalität (z.B. Verletzungen und Vergiftungen) | | | | | | | | | | |
| Männl. | 1426 | 1563 | 1402 | 1309 | 1186 | 1878 | 2158 | 2109 | 1893 | 1086 |
| Weibl. | 455 | 516 | 470 | 503 | 559 | 987 | 1461 | 1928 | 2744 | 2757 |
| Zusam. | 1881 | 2079 | 1872 | 1812 | 1745 | 2865 | 3619 | 4037 | 4637 | 3843 |
| 6. Driisen-, Ernährungs- und Stoffwechselkrankheiten | | | | | | | | | | |
| Männl. | 296 | 437 | 703 | 938 | 1012 | 1871 | 2372 | 2431 | 1860 | 1069 |
| Weibl. | 123 | 222 | 308 | 451 | 579 | 1238 | 2297 | 3363 | 4487 | 4570 |
| Zusam. | 419 | 659 | 1011 | 1389 | 1591 | 3109 | 4669 | 5794 | 6347 | 5639 |
| 7. Symptome und nicht zu klassifizierende Befunde | | | | | | | | | | |
| Männl. | 728 | 1133 | 1348 | 1442 | 1357 | 1820 | 1607 | 1248 | 983 | 796 |
| Weibl. | 277 | 344 | 461 | 574 | 652 | 992 | 1271 | 1503 | 2054 | 3094 |
| Zusam. | 1005 | 1477 | 1809 | 2016 | 2009 | 2812 | 2878 | 2751 | 3037 | 3890 |

8. Krankheiten des Nervensystems

| | | | | | | | | | | |
|--------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|
| Männl. | 257 | 409 | 479 | 576 | 794 | 1738 | 2464 | 2532 | 1840 | 835 |
| Weibl. | 179 | 267 | 372 | 456 | 613 | 1241 | 1941 | 2478 | 2997 | 2370 |
| Zusam. | 436 | 676 | 851 | 1032 | 1407 | 2979 | 4405 | 5010 | 4837 | 3205 |

9. Krankheiten der Harn- und Geschlechtsorgane

| | | | | | | | | | | |
|--------|----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|
| Männl. | 39 | 98 | 158 | 293 | 459 | 996 | 1663 | 2062 | 2220 | 1438 |
| Weibl. | 32 | 49 | 113 | 189 | 292 | 690 | 1477 | 2524 | 3595 | 3430 |
| Zusam. | 71 | 147 | 271 | 482 | 751 | 1686 | 3140 | 4586 | 5815 | 4868 |

10. Infektiöse und parasitäre Krankheiten

| | | | | | | | | | | |
|--------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|
| Männl. | 190 | 293 | 373 | 464 | 545 | 1078 | 1479 | 1598 | 1286 | 738 |
| Weibl. | 72 | 144 | 214 | 297 | 354 | 778 | 1424 | 1984 | 2502 | 2202 |
| Zusam. | 262 | 437 | 587 | 761 | 899 | 1856 | 2903 | 3582 | 3788 | 2940 |

11. Psychische und Verhaltensstörungen

| | | | | | | | | | | |
|--------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|
| Männl. | 566 | 824 | 810 | 792 | 674 | 1134 | 1690 | 2473 | 2599 | 1915 |
| Weibl. | 149 | 178 | 203 | 290 | 344 | 713 | 1671 | 3322 | 6402 | 8384 |
| Zusam. | 715 | 1002 | 1013 | 1082 | 1018 | 1847 | 3361 | 5795 | 9001 | 10.299 |

12. Krankheiten des Blutes

| | | | | | | | | | | |
|--------|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Männl. | 22 | 34 | 45 | 63 | 77 | 132 | 216 | 231 | 206 | 131 |
| Weibl. | 11 | 30 | 26 | 47 | 61 | 136 | 236 | 312 | 415 | 392 |
| Zusam. | 33 | 64 | 71 | 110 | 138 | 268 | 452 | 543 | 621 | 523 |

Tabelle 2.5.3 Unfälle als Todesursache in Deutschland nach Alter und Geschlecht 2013

Unfälle nach Alter und Unfallkategorien

| Alter | <1 | 1–5 | 5–15 | 15–25 | 25–35 | 35–45 | 45–55 | 55–65 | 65–75 | 75–85 | >85 |
|-------------------------------|----|-----|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| Insge- samt | 26 | 60 | 108 | 817 | 821 | 840 | 1602 | 1706 | 2784 | 5810 | 7356 |
| Arbeits-/ Schulun- fall | – | – | – | 24 | 38 | 62 | 118 | 91 | 40 | 15 | 3 |
| Ver- kehrsun- fall | 2 | 11 | 47 | 613 | 470 | 352 | 548 | 409 | 453 | 527 | 182 |
| Häus- licher Unfall | 5 | 28 | 16 | 26 | 59 | 97 | 278 | 468 | 978 | 2640 | 4080 |
| Sport-/ Spielun- fall | – | 3 | 16 | 17 | 18 | 22 | 36 | 32 | 38 | 26 | 5 |
| Sonstiger Unfall | 19 | 18 | 29 | 137 | 236 | 307 | 622 | 706 | 1275 | 2602 | 3086 |

Gesundheitswesen, Todesursachen in Deutschland, Statistisches Bundesamt 2013:
www.destatis.de

Tabelle 2.5.4 Sterbefälle durch vorsätzliche Selbstbeschädigung in Deutschland 1998–2013

| Jahr | | Sterbefälle durch Suizid | | | | |
|------|---|--------------------------|----------|-------|-------|-------------|
| | | insgesamt | unter 25 | 25–60 | 60–75 | 75 u. älter |
| 1998 | männlich | 8575 | 622 | 5133 | 1694 | 1126 |
| | weiblich | 3069 | 171 | 1449 | 749 | 700 |
| | zusammen | 11.644 | 793 | 6582 | 2443 | 1826 |
| 2003 | männlich | 8179 | 554 | 4604 | 1834 | 1187 |
| | weiblich | 2971 | 161 | 1324 | 711 | 775 |
| | zusammen | 11.150 | 715 | 5928 | 2545 | 1962 |
| 2008 | männlich | 7039 | 467 | 3842 | 1581 | 1149 |
| | weiblich | 2412 | 136 | 1112 | 573 | 591 |
| | zusammen | 9451 | 603 | 4954 | 2154 | 1740 |
| 2013 | männlich | 7449 | 397 | 3851 | 1683 | 1518 |
| | weiblich | 2627 | 123 | 1218 | 647 | 639 |
| | zusammen | 10.076 | 520 | 5069 | 2330 | 2157 |
| | Prozentualer Anteil der Sterbefälle durch vorsätzliche Selbstbeschädigung an allen Sterbefällen (893.825) | | | | | 1,1 % |

Gesundheitswesen, Todesursachen in Deutschland, Statistisches Bundesamt 2013:
www.destatis.de

Tabelle 2.5.6 Verunglückte im Straßenverkehr nach Verkehrsbeteiligung, Alter und Geschlecht 2014

Erhebungspapiere für die Statistik sind die bundeseinheitlichen Durchdrucke, die von den aufnehmenden Polizeibeamten ausgefüllt werden.

Als Verunglückte zählen Personen (auch Mitfahrer), die beim Unfall verletzt oder getötet wurden. Als Getötete gelten Personen, die innerhalb von 30 Tagen an den Folgen des Unfalls starben. Schwerverletzte sind Personen, die unmittelbar für mindestens 24 Stunden zur stationären Behandlung eingewiesen wurden. Leichtverletzte sind alle übrigen Verletzten.

2014 wurden bei Verkehrsunfällen 3614 Personen getötet. Bei häuslichen Unfällen starben 8675 Personen, bei Arbeits- und Schulunfällen 391 Personen, bei Sport- und Spielunfällen 213 Personen (vergleiche Tab. 2.5.5). Verkehrsunfälle sind also nicht die bedeutendste Unfallkategorie.

Zu-/Abn. (=Zunahme/Abnahme) betrifft Veränderungen gegenüber dem Jahr 2012.

| Verunglückte Fahrer und Mitfahrer insgesamt Januar bis Juli 2014 | | | | | |
|---|------------------|---------------------------|-------------------|------------------|------------------|
| Altersgruppe | Insgesamt | Personenkraftwagen | Motorräder | Fahrräder | Fußgänger |
| Unter 15 Jahre Zu-/Abnahme | 17.147+5,2 | 6133+5,4 | 89+4,7 | 5925+8,3 | 4051+2,5 |
| Männlich Zu-/Abnahme | 9552+4,0 | 2874+3,8 | 47-11,3 | 3854+7,8 | 2309-0,9 |
| Weiblich Zu-/Abnahme | 7592+6,7 | 3258+6,9 | 42+31,3 | 2070+9,2 | 1742+7,3 |
| 15–18 Jahre Zu-/Abnahme | 11.241+15,5 | 2730+3,2 | 2355+53,7 | 2738+17,3 | 913+4,1 |
| Männlich Zu-/Abnahme | 6787+20,3 | 1051-0,9 | 1931+52,4 | 1692+25,8 | 402+6,9 |
| Weiblich Zu-/Abnahme | 4452+8,9 | 1677+5,8 | 424+60 | 1046+5,7 | 511+2,0 |
| 18–21 Jahre Zu-/Abnahme | 17.466+2,4 | 12.360-0,3 | 1416+19,7 | 1743+19,8 | 742-9,0 |
| Männlich Zu-/Abnahme | 9477+4,8 | 6117+1,8 | 1232+22,1 | 1004+22,1 | 347-17,0 |
| Weiblich Zu-/Abnahme | 7988-0,2 | 6243-2,3 | 184+5,7 | 739+16,7 | 395-0,5 |
| 21–25 Jahre Zu-/Abnahme | 20.794+2,4 | 13.928-0,5 | 1856+11,0 | 2578+14,0 | 980+5,5 |
| Männlich Zu-/Abnahme | 11.340+2,8 | 6744-0,8 | 1643+11,9 | 1441+15,7 | 512+2,6 |

| | Verunglückte Fahrer und Mitfahrer insgesamt Januar bis Juli 2014 | | | | |
|---|---|---------------------------------|-------------------|------------------|------------------|
| Alters- gruppe | Insgesamt | Personen- kraftwagen | Motorräder | Fahrräder | Fußgänger |
| Weiblich Zu-/Ab- nahme | 9451+2,0 | 7181-0,3 | 213+4,4 | 1137+11,9 | 468+8,8 |
| 25– 35 Jahre Zu-/Ab- nahme | 38.248+5,8 | 24.051+1,9 | 3014+13,2 | 6383+19,2 | 1784+3,2 |
| Männlich Zu-/Ab- nahme | 21.089+5,2 | 11.291-0,2 | 2631+12,5 | 3865+16,1 | 1002+8,2 |
| Weiblich Zu-/Ab- nahme | 17.159+6,5 | 12.760+3,8 | 383+18,6 | 2518+24,3 | 782-2,6 |
| 35– 45 Jahre Zu-Abn.% | 30.705+3,7 | 18.540+1,2 | 2396+8,2 | 5370+11,7 | 1488+1,2 |
| Männlich Zu-/Ab- nahme | 17.253+3,5 | 8.619-0,5 | 2057+9,1 | 3474+10,6 | 830+3,6 |
| Weiblich Zu-/Ab- nahme | 13.449+4,0 | 9919+2,7 | 339+3,0 | 1895+13,7 | 658-1,6 |
| 45– 55 Jahre Zu-Abn.% | 38.066+7,8 | 20.103+4,1 | 4337+15,7 | 7931+18,1 | 1900-0,9 |
| Männlich Zu-/Ab- nahme | 21.624+7,9 | 9253+4,3 | 3665+14,8 | 4919+16,0 | 980-1,2 |
| Weiblich Zu-/Ab- nahme | 16.382+7,6 | 10.850+4,0 | 672+20,6 | 3012+21,7 | 920-0,5 |
| 55– 65 Jahre Zu-Abn.% | 24.475+12,7 | 12.190+7,3 | 2553+36,4 | 5690+19,9 | 1662+7,6 |
| Männlich Zu-/Ab- nahme | 13.804+13,6 | 5689+6,1 | 2291+35,2 | 3291+17,9 | 7679,9 |

| | Verunglückte Fahrer und Mitfahrer insgesamt Januar bis Juli 2014 | | | | |
|---|--|--------------------|---------------|---------------|--------------|
| Altersgruppe | Insgesamt | Personenkraftwagen | Motorräder | Fahrräder | Fußgänger |
| Weiblich Zu-/Abnahm | 10.669 + 11,6 | 6499 + 8,2 | 262 + 47,2 | 2399 + 22,9 | 895 + 5,7 |
| 65 u. mehr Jahre Zu-Ab- nahme% | 26.752 + 11,2 | 12.329 + 9,0 | 962 + 27,2 | 7783 + 18,6 | 3593 + 1,9 |
| Männlich Zu-/Abnahm | 13.916 + 12,2 | 6021 + 9,0 | 918 + 27,3 | 4500 + 18,6 | 1323 + 2,7 |
| Weiblich Zu-/Abnahm | 12.835 + 10,0 | 6307 + 9,0 | 44 + 25,7 | 3283 + 18,5 | 2270 + 1,5 |
| Zusam- men Zu-Abn.% | 224.834 + 7,0 | 122.364 + 3,0 | 18.978 + 20,7 | 46.141 + 16,2 | 17.113 + 2,1 |
| Männlich Zu-/Abnahm | 124.842 + 7,4 | 57.659 + 2,3 | 16.415 + 20,4 | 28.040 + 15,5 | 8472 + 1,7 |
| Weiblich Zu-/Abnahm | 99.977 + 6,4 | 64.694 + 3,7 | 2563 + 22,2 | 18.099 + 17,4 | 8641 + 2,5 |
| Insgesamt (inkl. ohne Angaben) | 225.197 + 7,0 | 122.436 + 3,0 | 18.991 + 20,7 | 46.326 + 16,3 | 17.168 + 2,1 |

Verkehrsunfälle, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden 2014: www.destatis.de

Tabelle 2.5.7 Verunglückte im Straßenverkehr nach Straßenart 2013 und 2014

Abkürzung Pers. = Personen; Zu-/Abn. = Zu-/Abnahme als Veränderungen gegenüber 2013.

| Verkehrswege | Unfälle mit Personenschaden | Getötete | Schwer-verletzte | Leichtverletzte |
|---------------------------|-----------------------------|----------|------------------|-----------------|
| Januar – Juli 2013 | | | | |
| Autobahn | 10.325 | 246 | 2894 | 13.275 |
| Bundesstraßen | 29.305 | 481 | 7343 | 33.963 |
| innerorts | 15.894 | 84 | 2717 | 18.104 |
| außerorts | 13.411 | 397 | 4626 | 15.859 |
| Landesstraßen | 34.238 | 505 | 8973 | 36.315 |
| innerorts | 18.731 | 102 | 3499 | 20.069 |
| außerorts | 15.507 | 403 | 5474 | 16.246 |
| Kreisstraßen | 17.164 | 238 | 4434 | 17.530 |
| innerorts | 9107 | 47 | 1761 | 9537 |
| außerorts | 8057 | 191 | 2673 | 7993 |
| Andere Straßen | 71.330 | 343 | 12.266 | 71.681 |
| innerorts | 66.871 | 269 | 10.756 | 67.623 |
| außerorts | 4459 | 74 | 1510 | 4058 |
| Insgesamt | 162.362 | 1813 | 35.910 | 172.764 |
| innerorts | 110.603 | 502 | 18.733 | 115.333 |
| außerorts | 51.759 | 1311 | 17.177 | 57.431 |
| Januar – Juli 2014 | | | | |
| Autobahn | 10.614 | 212 | 3385 | 13.721 |
| Zu-/Abnahme | +2,8 | -13,8 | +17,0 | +3,4 |
| Bundesstraßen | 30.617 | 495 | 7690 | 35.461 |
| Zu-/Abnahme | +4,5 | +2,9 | +4,7 | +4,4 |
| <i>innerorts</i> | 17.170 | 88 | 2966 | 19.592 |
| Zu-/Abnahme | +8,0 | +4,8 | +9,2 | +8,2 |
| <i>außerorts</i> | 13.447 | 407 | 4724 | 15.869 |
| Zu-/Abnahme | +0,3 | +2,5 | +2,1 | +0,1 |
| Landesstraßen | 36.572 | 528 | 9738 | 38.915 |
| Zu-/Abnahme | +6,8 | +4,6 | +8,5 | +7,2 |
| <i>innerorts</i> | 20.579 | 95 | 3902 | 22.040 |
| Zu-/Abnahme | +9,9 | -6,9 | +11,5 | +9,8 |
| <i>außerorts</i> | 15.993 | 433 | 5836 | 16.875 |

| Verkehrswege | Unfälle mit Personenschaden | Getötete | Schwer-verletzte | Leichtverletzte |
|-----------------------|-----------------------------|----------|------------------|-----------------|
| Zu-/Abnahme | +3,1 | +7,4 | +6,6 | +3,9 |
| Kreisstraßen | 18.032 | 279 | 4857 | 18.130 |
| Zu-/Abnahme | +5,1 | +17,2 | +9,5 | +3,4 |
| <i>innerorts</i> | 9823 | 51 | 1944 | 10.153 |
| Zu-/Abnahme | +7,9 | +8,5 | +10,4 | +6,5 |
| <i>außerorts</i> | 8209 | 228 | 2913 | 7977 |
| Zu-/Abnahme | +1,9 | +19,4 | +9,0 | -0,2 |
| Andere Straßen | 78.088 | 389 | 13.673 | 77.724 |
| Zu-/Abnahme | +9,5 | +13,4 | +11,5 | +8,4 |
| <i>innerorts</i> | 73.520 | 292 | 12.128 | 73.570 |
| Zu-/Abnahme | +9,9 | +8,6 | +12,8 | +8,8 |
| <i>außerorts</i> | 4568 | 97 | 1545 | 4154 |
| Zu-/Abnahme | +2,4 | +31,1 | +2,3 | +2,4 |
| Insgesamt | 173.923 | 1903 | 39.343 | 183.951 |
| Zu-/Abnahme | +7,1 | +5,0 | +9,6 | +6,5 |
| <i>innerorts</i> | 121.092 | 526 | 20.940 | 125.355 |
| Zu-/Abnahme | +9,5 | +4,8 | +11,8 | +8,7 |
| <i>außerorts</i> | 52.831 | 1377 | 18.403 | 58.596 |
| Zu-/Abnahme | +2,1 | +5,0 | +7,1 | +2,0 |

Verkehrsunfälle, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden 2014: www.destatis.de

3.1 Die Evolution des Menschen

Tabelle 3.1.1 Unsere Vergangenheit – ein Überblick

Der Mensch gehört systematisch zur Klasse der Säugetiere, der Ordnung der Primaten und der Familie der Hominiden (*Hominidae*). Wenn die Menschenaffen zu den Hominiden gerechnet werden, dann wird die menschliche Linie als Unterfamilie Homininen (*Homininae*) bezeichnet.

Abkürzungen: H = Hirnvolumen in cm^3 , K = Körpergröße in cm, G = Gewicht in kg.

Die Gattung *Homo*, Funde und Alter

| | |
|--|--------------------------|
| <i>Homo rudolfensis</i> erster Mensch, Kenia, Ost-Afrika; H: 775–788 cm^3 , K: 155 cm, G: ~45 kg | 2,5–1,8 Millionen Jahre |
| <i>Homo habilis</i> (Geschickter Mensch), Tansania, Ost-Afrika; K: 100–145 cm, G: 25–45 kg | 1,9 Millionen Jahre |
| <i>Homo ergaster/erectus</i> , von Afrika nach Asien und in den nahen Osten; H: 900–1100 cm^3 , K: 165–185 cm, G: bis 65 kg | 1,8–0,04 Millionen Jahre |
| <i>Homo antecessor</i> (Erster „Europäer“), H: 1100 cm^3 , K: 170 cm | >0,78 Millionen Jahre |
| Früheste Hinweise zum Gebrauch von Feuer | 1,5 Millionen Jahre |
| Früheste Hinweise zum Gebrauch von Steinwerkzeugen | 2,5 Millionen Jahre |

| | |
|---|---------------------------------|
| <i>Homo heidelbergensis</i> Mauer bei Heidelberg, z.B. Griechenland, England, Äthiopien, Ungarn, Marokko; H: 1200 cm ³ , K: bis 170 cm | 0,6–0,2 Millionen Jahre |
| <i>Homo neanderthalensis</i> Neandertal bei Düsseldorf; H: 1750 cm ³ , K: 166 cm, G: 80 kg | 0,2–0,027 Millionen Jahre |
| <i>Homo floresiensis</i> (Zwergmensch) Insel Flores, Indonesien; H: 420 cm ³ , K: 100 cm | 0,095–0,013 Millionen Jahre |
| <i>Homo sapiens</i> (Moderner Mensch) ganze Welt; H: 1400 cm ³ | 0,195 Millionen Jahre bis heute |
| Domestizieren von Pflanzen und Tieren | Seit 10.000 Jahren |
| Alter des ältesten Toten aus dem Eis (Özi), der 1991 im Ötztal entdeckt wurde | 5300 Jahre |
| Alter der ältesten weiblichen Mumie, die 1989 in der Cheopspyramide entdeckt wurde | 2600 Jahre |
| Alter der am besten erhaltenen Mumie, die 1944 in Sakkara (Ägypten) entdeckt wurde | 2400 Jahre |
| Henke und Roth 1994; GEO kompakt 4/2005; Johanson und Edgar 2006; Roberts 2011; Scally und Durbin 2012 | |

Tabelle 3.1.2 Zeittafel zur Evolution des Menschen

Mehr als 30 Millionen Jahre hat die Evolution gebraucht um den heutigen Menschen, den *Homo sapiens*, in der systematischen Ordnung der Herrentiere (Primate) entstehen zu lassen. Der Mensch stammt also nicht nur vom Affen ab – er ist einer.

Die Entwicklung der Primaten begann vor 80 Millionen Jahren mit einem den heutigen Spitzhörnchen (*Tupaia*) ähnlichen Säugetier, das am Boden und in den Bäumen Insekten jagte. Die immer bessere Anpassung an das Leben in den Ästen der Bäume führte bei den ersten Primatenvorfahren zur Entwicklung der Greifhand mit abgespreiztem Daumen und Fingernägeln statt Krallen. Vor 58–37 Millionen Jahren hatten sich die Primaten in die Altweltaffen (Afrika) und die Neuweltaffen (Asien) aufgespalten. Vor 24–20 Millionen Jahren hatten sich die Vorfahren der heutigen Menschenaffen (Orang-Utan, Gorilla, Schimpanse) in viele Gruppen aufgeteilt. *Pierolapithecus catalaunicus* der 2004 in Barcelona gefunden wurde und vor 13 Millionen Jahren lebte, könnte ein solcher Vorfahre sein.

Vor 7 Millionen Jahren entwickelte sich der aufrechte Gang bereits im Lebensraum Baum. Erst nach einer gewissen Perfektionierung konnten die ersten Vormenschen die Waldrandgebiete verlassen und die offene Savanne erobern. Der aufrechte Gang ist mit einer Reihe von anatomischen Veränderungen verbunden: Doppelt S-förmige Wirbelsäule, breites kurzes Becken mit Oberschenkelknochen, die die Knie zusammenrücken lassen, und an das Laufen angepasste Füße, mit parallel gestellter großer Zehe und ausgeprägter Fußwölbung. Das Gewicht des säulenförmigen Körpers wurde so von oben nach unten auf die Füße geleitet.

| Jahre | Bezeichnung | Vorkommen | Beschreibung |
|--|---------------------------------------|-----------------------------|---|
| 7–2,5 Millionen Jahre: Epoche der Menschenartigen in Afrika | | | |
| 7 Mio. | <i>Sabelanthropus tchadensis</i> | Zentralafrika (Tschad) | Wahrscheinlich aufrecht gehend, Savanne, Allesfresser |
| 6 Mio. | <i>Orrorin tugenensis</i> | Kenia | Savanne, Allesfresser |
| 5,5 Mio. | <i>Ardipithecus ramidus kadabba</i> | Äthiopien | Bewaldete Gebiete, faserreiche Kost |
| 4,4 Mio. | <i>Ardipithecus ramidus</i> | Äthiopien | Bewaldete Gebiete, faserreiche Kost |
| 4,2–3,9 Mio. | <i>Australopithecus anamensis</i> | Turkanasee, Ostafrika | Savanne, Wälder, guter Kletterer |
| 3,9–3 Mio. | <i>Australopithecus afarensis</i> | Äthiopien, Kenia, Tansania | Bewaldete Graslandschaften, nachts in Bäumen („Lucy“) |
| 3,3 Mio. | <i>Australopithecus bahrelghazali</i> | Zentralafrika (Tschad) | Sehr ähnlich <i>A.afarensis</i> |
| 3,3 Mio. | <i>Kenyanthropus platyops</i> | Kenia, Ostafrika | Wald- und Graslandschaften, Seerandgebiete |
| 3,0–2,3 Mio. | <i>Australopithecus africanus</i> | Südafrika | Lichte Wälder, Grasland |
| 2,6–2,3 Mio. | <i>Paranthropus aethiopicus</i> | Kenia, Äthiopien, Ostafrika | Riesiges Gebiss lässt auf Pflanzenfresser schließen |
| 2,5–1 Millionen Jahre: Die Gattung „Mensch“ verlässt Afrika | | | |
| 2,5–1,8 Mio. | <i>Homo rudolfensis</i> | Kenia, Ostafrika | Offene Grassavannen, primitive Steinwerkzeuge |
| 2,1–1,6 Mio. | <i>Homo habilis</i> | Tansania, Ostafrika | Offene Grassavannen, primitive Steinwerkzeuge |
| 2,1–1,1 Mio. | <i>Paranthropus boisei</i> | Ostafrika | Gras- und Buschland, riesige Zähne, kleines Gehirn, Pflanzenfresser |
| 2,0–1,5 Mio. | <i>Paranthropus robustus</i> | Südafrika | Busch- und Grasland, großes Gebiss, kleines Gehirn, Pflanzenfresser |
| 1,8–40.000 | <i>Homo ergaster/ Homo erectus</i> | Von Afrika nach Asien | Erfand Faustkeil, benutzte Feuer, zuerst Aasfresser, dann Jagd |

1 Million bis 200.000 Jahre: *Homo erectus* und seine Nachfahren leben in Europa

| | | | |
|-----------------|-----------------------------|-----------------------------------|---|
| >780.000 | <i>Homo antecessor</i> | Europa | Erster Nachfahre von <i>Homo erectus</i> |
| 600.000–200.000 | <i>Homo heidelbergensis</i> | Ganz Europa und vereinzelt Afrika | Aus <i>Homo erectus</i> und <i>Homo antecessor</i> entstanden |

200.000 bis 100.000: *Homo neanderthalensis* und *Homo sapiens* stoßen im Nahen Osten aufeinander

| | | | |
|-----------------|------------------------------|------------------------|---|
| 200.000–270.000 | <i>Homo neanderthalensis</i> | Europa und Vorderasien | Weiterentwicklung von <i>Homo heidelbergensis</i> , Jäger |
|-----------------|------------------------------|------------------------|---|

195.000 Jahre bis heute: *Homo sapiens* erobert die Erde

| | | | |
|-------------------|--------------------------|---|---|
| 95.000–13.000 | <i>Homo floresiensis</i> | Insel Flores, Indonesien | Zwergform eines Menschen, wahrscheinlich aus <i>Homo erectus</i> entstanden |
| 195.000 bis heute | <i>Homo sapiens</i> | Von Afrika aus wird die ganze Welt besiedelt. | Aus afrikanischen Formen von <i>Homo erectus</i> (oder <i>Homo heidelbergensis</i>) entstanden, verdrängte alle älteren Menschenformen |

GEO kompakt 4/2005; Johanson und Edgar 2006

Tabelle 3.1.3 Bedeutende Funde zur Evolution des Menschen

In der Tabelle sind die Funde nach dem Datum ihrer Entdeckung geordnet.

| Jahr | Fundort | Fund, Beschreibung | Heutige Zuordnung | Auftreten vor Mio. Jahren |
|------|---|--|--|---------------------------|
| 1856 | Neandertal bei Düsseldorf (D) | Skelettreste, Schäeldach | Neandertaler <i>Homo neanderthalensis</i> | 0,2–0,027 |
| 1868 | Cro-Magnon, Dordogne bei Les Eyzies (F) | 5 Skelette „Der alte Mann von Cro-Magnon“ | Cro-Magnon-Mensch, <i>Homo sapiens</i> | 0,195–heute |
| 1886 | Spy (Belgien) | Fossile Reste | Neandertaler | 0,2–0,027 |
| 1891 | Trinil (Java) | Unterkiefer Fragment <i>Pithecanthropus erectus</i> | Java-Mensch <i>Homo erectus</i> | ca. 1,0 |

| Jahr | Fundort | Fund, Beschreibung | Heutige Zuordnung | Auftreten vor Mio. Jahren |
|------|---------------------------------------|--|---|---------------------------|
| 1907 | Mauer, bei Heidelberg (D) | Fossiler Unterkiefer, <i>Homo heidelbergensis</i> | <i>Homo erectus</i> (unsicher) | 1,8–0,04 |
| 1908 | Le Moustier (F) | Skelettreste, Gebrauchsgegenstände | Neandertaler <i>Homo neanderthalensis</i> | 0,2–0,027 |
| 1924 | Taung (Südafrika) | „Kind von Taung“, <i>Australopithecus africanus</i> („Südaffe aus Afrika“) | <i>Australopithecus africanus</i> | 3,0–2,3 |
| 1927 | Höhle von Zhoukoudian (China) | Backenzahn, <i>Sinanthropus pekinensis</i> (Pekingmensch) | <i>Homo erectus</i> | 1,8–0,04 |
| 1933 | Steinheim (D) | Schädel ohne Unterkiefer, <i>Homo steinheimensis</i> | <i>Homo erectus</i> | 1,8–0,04 |
| 1938 | Kromdraai (Südafrika) | Vormenschenschädel mit riesigen Backenzähnen | <i>Paranthropus robustus</i> | 2,0–1,5 |
| 1959 | Olduvai-Schlucht (Tansanien) | „Zinj“, Schädel, <i>Zinjanthropus boisei</i> | <i>Paranthropus boisei</i> | 2,1–1,1 |
| 1960 | Olduvai-Schlucht (Tansanien) | Relikte einer unbekannten Hominidenart | <i>Homo habilis</i> | 2,1–1,6 |
| 1972 | Turkanasee (Kenia) | Schädel, <i>Homo habilis</i> | <i>Homo rudolfensis</i> | 2,5–1,8 |
| 1974 | Hadar (Äthiopien) | „Lucy“, Teilskelett | <i>Australopithecus afarensis</i> | 3,9–3,0 |
| 1978 | Laetoli (Tansania) | Fußspuren aufrecht gehender Vormenschen | <i>Australopithecus afarensis</i> | 3,9–3,0 |
| 1985 | Turkanasee (Nord-Kenia) | Schädel | <i>Australopithecus aethiopicus</i> | 2,6–2,3 |
| 1991 | Uraha (Malawi Südostafrika) | Robuster Unterkiefer | <i>Homo rudolfensis</i> | 2,5–1,8 |
| 1992 | Aramis (Äthiopien) | 17 Teilskelette | <i>Ardipithecus ramidus</i> | 4,4 |
| 1994 | Turkanasee (Nord-Kenia) | Skelettteile | <i>Australopithecus anamensis</i> | 4,2–3,9 |
| 1995 | Bahr el Ghazal (Tschad Zentralafrika) | Relikte | <i>Australopithecus bahrelghazali</i> | 3,3 |

| Jahr | Fundort | Fund, Beschreibung | Heutige Zuordnung | Auftreten vor Mio. Jahren |
|------|---|---|--|---------------------------|
| 1997 | Bouri (Äthiopien) | Neue Vormenschenart | <i>Australopithecus garhi</i> | 2,5 |
| 1999 | Lomekwi (Nord-Kenia) | Neue Vormenschenart | <i>Kenyanthropus platyops</i> | ~3,3 |
| 2001 | Djurab Wüste (Tschad nördl. Zentralafrika) | Schädel | <i>Sahelanthropus tchadensis</i> | ~7 |
| 2003 | Höhle auf der Insel Flores (Indonesien) | Zwergform des asiatischen <i>Homo erectus</i> | <i>Homo floresiensis</i> | 0,095–0,013 |
| 2010 | Südafrika | Schädel urspr. Art der Gattung <i>Australopithecus</i> | <i>Australopithecus sediba</i> | ~2 |
| 2010 | Denisova-Höhle (Russland) | Backenzahn, Finger-glied, Zehengliedknochen, dritte Gemeinschaft Verwandter des modernen Menschen | <i>Denisova-Hominine</i> (Unterart noch nicht taxonimisch eingeordnet) | ~0,04 |

GEO kompakt 4/2005; Johanson und Edgar 2006; Berger et al. 2010; Krause et al. 2010

Tabelle 3.1.4 Zum Vergleich – Anatomische Daten der Menschenaffen

| Bezeichnung | Alter | Hirnvolumen | Körpergröße | Körpergewicht |
|-------------|------------------|--------------------------|-------------|---------------|
| | in Jahren | in cm³ | in m | in kg |
| Gorilla | heute lebend | 340–685 | bis 1,75 | 150–300 |
| Orang-Utan | heute lebend | 295–575 | ca. 1,50 | 40–100 |
| Schimpanse | heute lebend | 320–480 | 1,30–1,70 | 40–45 |

Steitz 1993; Henke und Roth 1994; GEO 1/1995; Johanson und Edgar 2006

Tabelle 3.1.5 Anatomische Daten zu den Funden

Die Evolution des Menschen ist noch nicht vollständig aufgedeckt. So kann diese Zusammenstellung nur den derzeitigen Stand der Anthropologie wiedergeben.

| Alter | Bezeichnung | Hirnvolu- men | Körper- größe | Körper- gewicht |
|---------------------|---------------------------------------|--------------------|------------------|--------------------|
| in Jahren | der Funde | in cm ³ | in cm | in kg |
| 7 Mio. | <i>Sabelanthropus tchadensis</i> | 380 | 150 | — |
| 6 Mio. | <i>Orrorin tugenensis</i> | — | 130 | — |
| 5,5 Mio. | <i>Ardipithecus ramidus kadabba</i> | — | 150 | — |
| 4,4 Mio. | <i>Ardipithecus ramidus</i> | — | 120 | 40 |
| 4,2–3,9 Mio. | <i>Australopithecus anamensis</i> | — | 120 | 35–55 |
| 3,9–3,0 Mio. | <i>Australopithecus afarensis</i> | 375–550 | 100–150 | 30–70 |
| 3,3 Mio. | <i>Australopithecus bahrelghazali</i> | 375–550 | 100–150 | 30–70 |
| 3,3 Mio. | <i>Kenyanthropus platyops</i> | bis 550 | — | — |
| 3,0–2,3 Mio. | <i>Australopithecus africanus</i> | bis 550 | bis 140 | 30–60 |
| 2,0 Mio | <i>Australopithecus sediba</i> | 420 | 130 | — |
| 2,6–2,3 Mio. | <i>Paranthropus aethiopicus</i> | 420 | — | — |
| 2,5–1,8 Mio. | <i>Homo rudolfensis</i> | 775 | 155 | 45 |
| 2,1–1,5 Mio. | <i>Homo habilis</i> | 500–650 | 130–145 | 25–45 |
| 2,1–1,1 Mio. | <i>Paranthropus boisei</i> | 450–545 | 140 | 35–50 |
| 2,0–1,5 Mio. | <i>Parathropus robustus</i> | 475–530 | 110–130 | 30–65 |
| 1,8–1,4 Mio | <i>Homo ergaster</i> | 900 | 185 | — |
| 1,8 Mio.–40.000 (?) | <i>Homo erectus</i> | 1100 | 165 | 65 |
| >780.000 | <i>Homo antecessor</i> | 1100 | 170 | — |
| 600.000–200.000 | <i>Homo heidelbergensis</i> | 1200 | — | — |
| 230.000–30.000 | <i>Homo neanderthalensis</i> | 1750 | 166 | 80 |
| 195.000–heute | <i>Homo sapiens</i> | 1400 | — | — |
| 95.000–13.000 | <i>Homo floresiensis</i> | 420 | 106 | — |

Steitz 1993; Henke und Roth 1994; GEO kompakt 4/2005; Johanson und Edgar 2006; Hublin 2009; Roberts 2011

Tabelle 3.1.6 Die Evolution des Menschen in einer 24-Stunden-Projektion

Um die schwer vorstellbaren Zeiträume der menschlichen Entwicklung anschaulich darzustellen, wurde die oft verwendete Projektion der Erdgeschichte auf 24 Stunden von A. Sieger auf die Entwicklung des Menschen angewendet. 24 Stunden entsprechen dabei dem Zeitraum von vor 4,5 Millionen Jahren bis heute.

| Vorstufe des heutigen Menschen | Auftreten in einer 24-Stunden-Projektion | Dauer des Auftritts in der 24-Stunden-Projektion |
|---------------------------------------|---|---|
| <i>Australopithecus ramidus</i> | 00.32–01.36 Uhr | 1 Std. 04 Min. |
| <i>Australopithecus afarensis</i> | 02.40–08.00 Uhr | 5 Std. 20 Min. |
| <i>Australopithecus africanus</i> | 08.00–13.20 Uhr | 5 Std. 20 Min. |
| <i>Australopithecus aethiopicus</i> | 10.08–12.16 Uhr | 2 Std. 08 Min. |
| <i>Australopithecus boisei</i> | 12.16–18.40 Uhr | 6 Std. 24 Min. |
| <i>Australopithecus robustus</i> | 13.20–18.40 Uhr | 5 Std. 20 Min. |
| <i>Homo rudolfensis</i> | 11.12–14.24 Uhr | 3 Std. 12 Min. |
| <i>Homo habilis</i> | 11.44–15.28 Uhr | 3 Std. 44 Min. |
| <i>Homo erectus</i> | 14.24–22.56 Uhr | 8 Std. 32 Min. |
| Archaischer <i>Homo sapiens</i> | 21.52–23.28 Uhr | 1 Std. 36 Min. |
| <i>Homo neanderthalensis</i> | 22.56–23.50 Uhr | 54 Min. |
| <i>Homo sapiens</i> | 23.28–24.00 Uhr | 32 Min. |

GEO 1/1995; GEO kompakt 4/2005

Tabelle 3.1.7 Vergleich der Zahl der Aminosäuren zwischen dem Menschen und anderen Organismen am Beispiel des Cytochrom c

Cytochrome (auch: Zytochrom) sind farbige Hämoproteine, die bei Zellatmung, Photosynthese und anderen biochemischen Vorgängen als Redoxkatalysatoren wirken. Verantwortlich für diese Funktion ist die Häm-Gruppe, in deren Mitte ein Eisen-Atom liegt. Cytochrome kommen in allen lebenden Zellen, in Organellen wie Mitochondrien, Mikrosomen und Chloroplasten vor.

Das Cytochrom c ist das am besten untersuchte Cytochrom und besteht aus etwa 100 Aminosäuren. Es ist evolutionsgeschichtlich eines der ältesten Proteine. Die Unter-

schiede in den Aminosäuresequenzen verschiedener Organismen lassen daher auf den Verwandtschaftsgrad bzw. die Zeit der Auseinanderentwicklung der sie tragenden Organismen schließen.

In der Tabelle wird der Mensch nach der Zahl der unterschiedlichen Aminosäuren im Cytochrom c mit anderen Organismen verglichen.

| Vergleich zwischen Mensch und anderen Organismen | Zahl der unterschiedlichen Aminosäuren im Cytochrom c |
|--|---|
| Mensch – Rhesusaffe | 1 |
| Mensch – Kaninchen | 9 |
| Mensch – Grauwal | 10 |
| Mensch – Kuh, Schaf, Schwein | 10 |
| Mensch – Känguruh | 10 |
| Mensch – Esel | 11 |
| Mensch – Hund | 11 |
| Mensch – Pekingente | 11 |
| Mensch – Pferd | 12 |
| Mensch – Huhn, Truthahn | 13 |
| Mensch – Pinguin | 13 |
| Mensch – Klapperschlange | 14 |
| Mensch – Schnappschildkröte | 15 |
| Mensch – Ochsenfrosch | 18 |
| Mensch – Thunfisch | 21 |
| Mensch – Fliege (<i>Chrysomia spec.</i>) | 27 |
| Mensch – Seidenspinner | 31 |
| Mensch – Weizen | 43 |
| Mensch – Bäckerhefe | 45 |
| Mensch – Schlauchpilz (<i>Neurospora crassa</i>) | 48 |
| Mensch – Hefe (<i>Candida krusei</i>) | 51 |

Flindt 2003 nach Dickersen und Geis 1971

Tabelle 3.1.8 Entwicklung der Bevölkerungsdichte und der Größe der Bevölkerung von der Altsteinzeit bis zur Neuzeit

Das erste sprunghafte Ansteigen der Bevölkerungszahlen erfolgte in der Jungsteinzeit, als Nutzpflanzen und Nutztiere die Ernährungsgrundlage der Bevölkerung erhöhten. Die hohen Zuwachsrraten nach 1920 erklären sich durch den Rückgang der Sterbeziffern auf Grund des verbesserten Gesundheitswesens und der besseren Lebensbedingungen.

| Epoche und Wirtschaftsweise | Jahre vor Chr. Geburt | Einwohner pro km² | Bevölkerung in Millionen |
|--|------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|
| Altsteinzeit: | | | |
| Sammeln und Jagen | 1.000.000 | 0,0042 | 0,125 |
| | 300.000 | 0,012 | 1 |
| | 25.000 | 0,040 | 3,34 |
| Mittelsteinzeit: | | | |
| Sammeln und Jagen mit verbesserten Geräten | 10.000 | 0,04 | 5,32 |
| Jungsteinzeit: | | | |
| Kulturpflanzenbau, Haustierhaltung, Bewässerungstechnik, Handwerk | 6000 | 0,04 | 86,5 |
| Epoche und Wirtschaftsweise | Jahre nach Christus | Einwohner pro km² | Bevölkerung in Millionen |
| Altertum, Mittelalter: | | | |
| Landwirtschaft und Handwerk | | 1 | 133 |
| Neuzeit: | | | |
| Landwirtschaft und Handwerk | 1650 | 3,7 | 545 |
| | 1750 | 4,9 | 728 |
| Landwirtschaft und Maschinenindustrie | 1800 | 6,2 | 906 |
| Zusätzlich chemische Industrie | 1900 | 11 | 1610 |
| | 1950 | 16,4 | 2400 |
| Zusätzlich intensivierte Landwirtschaft und Anfänge gentechnischer Industrie | 1985 | 32,7 | 4800 |
| | 2000 | 45 | 6085 |

Kattmann und Strauß 1980

4.1 Die Bevölkerungsentwicklung der Welt

Tabelle 4.1.1 Demographische Entwicklungen und Trends im Zeitvergleich 1950–2010

Drei Faktoren werden die zukünftige Entwicklung der Weltbevölkerung beeinflussen.

1. Ungewollte Schwangerschaften: Etwa 80 Millionen von den jährlich 210 Millionen Schwangerschaften weltweit sind ungewollt.
2. Der Wunsch nach mehr als zwei Kindern als unverzichtbare Sicherung der Alltagsarbeit und Alterssicherung.
3. Die „junge“ Altersstruktur: Heute leben in den weniger entwickelten Regionen der Erde zwei Milliarden Menschen, die jünger als 20 Jahre alt sind und sich für eine schwer abzuschätzende Zahl von Kindern entscheiden werden.

| Jahr | Weltbevölkerung in Millionen | Bevölkerung Deutschlands* | Weltbevölkerungsanteil der Altersgruppen in Millionen | | | | |
|-----------|------------------------------|---------------------------|---|---|-----------------|------|------|
| | | | 0–14 Jahre | 15–24 Jahre | 25–59 Jahre | 60+ | 80+ |
| 1950 | 2526 | 70.094 | 867 | 460 | 996 | 201 | 14 |
| 1960 | 3026 | 73.336 | 1123 | 506 | 1158 | 239 | 18 |
| 1970 | 3691 | 79.287 | 1387 | 664 | 1334 | 305 | 26 |
| 1980 | 4449 | 79.169 | 1567 | 845 | 1651 | 384 | 38 |
| 1990 | 5321 | 80.487 | 1750 | 1003 | 2077 | 490 | 57 |
| 2000 | 6128 | 83.512 | 1847 | 1087 | 2584 | 610 | 73 |
| 2010 | 6916 | 83.017 | 1842 | 1223 | 3086 | 765 | 108 |
| 2013 | 7162 | 82.727 | 1878 | 1205 | 3238 | 841 | 120 |
| 2015 | 7324 | 82.562 | 1904 | 1190 | 3335 | 895 | 124 |
| 2020 | 7717 | 81.881 | 1958 | 1185 | 3539 | 1035 | 143 |
| 2030 | 8425 | 79.552 | 1981 | 1277 | 3792 | 1375 | 192 |
| 2040 | 9038 | 76.354 | 1998 | 1306 | 4049 | 1684 | 285 |
| 2050 | 9551 | 72.566 | 2034 | 1312 | 4184 | 2020 | 392 |
| 2100 | 10.854 | 56.902 | 1944 | 1325 | 4600 | 2984 | 830 |
| Periode | Wachstumsrate % | Geburtenrate | Durchschnitts- alter bei Geburt | Kindersterblich- keit/1000 Geburten | Lebenserwartung | | |
| 1950–1955 | 1,79 | 4,97 | 29,06 | 134,7 | 46,9 | 45,9 | 47,9 |
| 1955–1960 | 1,83 | 4,91 | 29,00 | 122,4 | 49,6 | 48,1 | 50,7 |
| 1960–1965 | 1,91 | 5,02 | 28,99 | 114,5 | 51,1 | 49,2 | 53,0 |
| 1965–1970 | 2,07 | 4,85 | 28,93 | 94,2 | 56,5 | 55,1 | 57,9 |
| 1970–1975 | 1,96 | 4,44 | 28,72 | 86,2 | 58,8 | 56,9 | 60,7 |
| 1975–1980 | 1,78 | 3,85 | 28,32 | 80,2 | 60,7 | 58,6 | 62,8 |
| 1980–1985 | 1,78 | 3,60 | 27,86 | 70,9 | 62,4 | 60,2 | 64,7 |

| | | | | | | | |
|---------------|------|------|-------|-------------|------|------|------|
| 1985– 1990 | 1,80 | 3,45 | 27,61 | 62,6 | 64,0 | 61,8 | 66,2 |
| 1990– 1995 | 1,52 | 3,04 | 27,50 | 59,1 | 64,8 | 62,5 | 67,1 |
| 1995– 2000 | 1,30 | 2,73 | 27,43 | 54,8 | 65,6 | 63,4 | 68,0 |
| 2000– 2005 | 1,22 | 2,60 | 27,44 | 48,3 | 67,1 | 64,9 | 69,3 |
| 2005– 2010 | 1,20 | 2,53 | 27,53 | 42,3 | 68,7 | 66,5 | 71,0 |
| 2010– 2015 | 1,15 | | | 36,8 | 70,0 | 67,8 | 72,3 |
| 2020– 2025 | 0,93 | | | 30,2 | 71,9 | 69,7 | 74,2 |
| 2030– 2035 | 0,74 | | | 24,8 | 73,7 | 71,4 | 75,9 |
| 2040– 2045 | 0,59 | | | 20,2 | 75,2 | 73,0 | 77,5 |
| 2045– 2050 | 0,51 | | | 18,3 | 75,9 | 73,7 | 78,2 |

*vor 1990 Ost- und Westdeutschland summiert

Population Division of the department of Economic and Social Affairs of the United Nations: www.esa.un.org/unpp

Tabelle 4.1.2 Das Wachstum der Weltbevölkerung

Die Prognosen bis 2050 beruhen auf der Bewertung der momentanen und zukünftigen Fruchtbarkeit, Sterblichkeit und Migration.

| Zeitraum | Menschen | Zeitraum | Menschen | Zeitraum | Menschen |
|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 10000 v. Chr. | 5 Mio. | 1750 | 770 Mio. | 1960 | 3,0 Mrd. |
| 8000 v. Chr. | 6 Mio. | 1800 | 954 Mio. | 1970 | 3,7 Mrd. |
| 7000 v. Chr. | 10 Mio. | 1820 | 1,0 Mrd. | 1980 | 4,4 Mrd. |
| 4500 v. Chr. | 20 Mio. | 1840 | 1,1 Mrd. | 1990 | 5,3 Mrd. |
| 2500 v. Chr. | 40 Mio. | 1860 | 1,2 Mrd. | 2000 | 6,0 Mrd. |
| 1000 v. Chr. | 80 Mio. | 1880 | 1,4 Mrd. | 2005 | 6,4 Mrd. |
| Chr. Geburt | 160 Mio. | 1890 | 1,5 Mrd. | 2011 | 7,0 Mrd. |
| 1000 | 254 Mio. | 1900 | 1,6 Mrd. | 2013 | 7,2 Mrd. |

| | | | | Prognosen für die Jahre | |
|--|----------|------|----------|-------------------------|----------|
| 1250 | 416 Mio. | 1910 | 1,7 Mrd. | | |
| 1500 | 460 Mio. | 1920 | 1,8 Mrd. | | |
| 1600 | 579 Mio. | 1930 | 2,0 Mrd. | 2030 | 8,4 Mrd. |
| 1650 | 545 Mio. | 1940 | 2,2 Mrd. | 2050 | 9,7 Mrd. |
| 1700 | 679 Mio. | 1950 | 2,5 Mrd. | | |
| Wachstumsrate der Weltbevölkerung 2013: | | | | 1,3 % | |
| Verdopplungsrationen der Weltbevölkerung: | | | | | |
| von 500 Millionen auf 1 Milliarde Menschen | | | | 820 Jahre | |
| von 1 Milliarde auf 2 Milliarden | | | | 110 Jahre | |
| von 5 Milliarden auf 10 Milliarden (geschätzt) | | | | 56 Jahre | |

Population Reference Bureau, Washington 2011, 2014: www.prb.org;
www.weltdeswissens.com

Tabelle 4.1.3 Weltbevölkerungsuhr für 2014 im Vergleich der Industrieländer und der Entwicklungsländer

Industrieländer sind nach den Vereinten Nationen ganz Europa, Nordamerika, Australien, Japan und Neuseeland. Die anderen sind Entwicklungsländer. Ein Vergleich der Industrie- und Entwicklungsländer zeigt einen Verlauf der Bevölkerungsentwicklung: Bei den Industrieländern ist dieser charakterisiert durch eine sehr niedrige Geburtenrate; verbunden mit einer sehr niedrigen (Kinder-)Sterblichkeit und hohen Lebenserwartung. Demgegenüber zeigen insbesondere Länder mit einem niedrigen Entwicklungsstand eine sehr hohe Geburtenrate, allerdings auch eine hohe (Kinder-)Sterblichkeit.

| | Weltbevölkerung 7.238.184.000 | Industrieländer 1.248.958.000 | Entwicklungsländer 5.989.225.000 |
|--------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| Geburten | | | |
| Pro Jahr | 143.341.000 | 13.794.000 | 129.547.000 |
| Pro Tag | 392.714 | 37.792 | 354.923 |
| Pro Minute | 273 | 26 | 246 |
| Sterbefälle | | | |
| Pro Jahr | 56.759.000 | 12.328.000 | 44.432.000 |
| Pro Tag | 155.505 | 33.775 | 121.730 |
| Pro Minute | 108 | 23 | 85 |

| | | | |
|----------------------------|------------|-----------|------------|
| Bevölkerungszunahme | | | |
| Pro Jahr | 86.581.000 | 1.466.000 | 85.115.000 |
| Pro Tag | 237.209 | 4017 | 233.193 |
| Pro Minute | 165 | 3 | 162 |
| Kindersterblichkeit | | | |
| Pro Jahr | 5.507.000 | 72.000 | 5.435.000 |
| Pro Tag | 15.087 | 197 | 14.890 |
| Pro Minute | 10 | 0,1 | 10 |

Population Reference Bureau, Washington 2014: www.prb.org

Tabelle 4.1.4 Verteilung der Weltbevölkerung in verschiedenen Regionen der Erde sowie Prognosen für 2025 und 2050

Während in Europa der Anteil an der Weltbevölkerung zurückgeht, wird sich in Afrika die Bevölkerung bis 2050 fast verdoppeln. Asien wird die bevölkerungsreichste Region der Erde bleiben, wobei Indien bald China ablösen wird. 98 Prozent des Wachstums der Weltbevölkerung findet in den Entwicklungsländern statt.

Allgemein wird von einem Rückgang der Gesamtfruchtbarkeitsrate mit zwei Kindern pro Frau (sogenanntes „Ersatzniveau der Fertilität“) ausgegangen. Stellt sich diese Annahme als falsch heraus, wird das Anwachsen der Weltbevölkerung noch stärker ausfallen.

| | 1950 | 2014 | | Prognose 2025 | | Prognose 2050 | |
|------------------------|------|------|-------------|---------------|-------------|---------------|-------------|
| Region | Mio. | Mio. | % seit 1950 | Mio. | % seit 2014 | Mio. | % seit 2014 |
| Welt | 2522 | 7238 | 376 | 8444 | 6,7 | 9683 | 33,8 |
| Afrika | 224 | 1136 | 407 | 1637 | 44,1 | 2428 | 113,7 |
| Asien | 1402 | 4351 | 210 | 4905 | 12,7 | 5252 | 20,7 |
| Europa | 547 | 741 | 36 | 746 | 0,7 | 726 | -2,0 |
| Lateiname-rika/Karibik | 166 | 618 | 272 | 710 | 14,9 | 773 | 25,1 |
| Nord-amerika | 171 | 353 | 106 | 396 | 12,2 | 444 | 25,8 |
| Ozeanien | 12 | 39 | 225 | 48 | 23,1 | 60 | 53,8 |

Population Reference Bureau, Washington 2014: www.prb.org

Tabelle 4.1.5 Die 10 bevölkerungsreichsten Länder 2014 und Prognosen für 2050

| Länder mit höchster Bevölkerungszahl 2014 | | Einwohner in Mio. | Prognosen für höchste Bevölkerungszahlen 2050 | | Einwohner in Mio. |
|---|-------------|-------------------|---|------------------|-------------------|
| 1 | China | 1364 | 1 | Indien | 1657 |
| 2 | Indien | 1296 | 2 | China | 1312 |
| 3 | USA | 318 | 3 | Nigeria | 396 |
| 4 | Indonesien | 251 | 4 | USA | 395 |
| 5 | Brasilien | 203 | 5 | Indonesia | 365 |
| 6 | Pakistan | 194 | 6 | Pakistan | 348 |
| 7 | Nigeria | 177 | 7 | Brasilien | 226 |
| 8 | Bangladesch | 158 | 8 | Bangladesch | 202 |
| 9 | Russland | 144 | 9 | Kongo, Dem. Rep. | 194 |
| 10 | Japan | 127 | 10 | Äthiopien | 165 |

Population Reference Bureau, Washington 2014: www.prb.org

Tabelle 4.1.6 Länder der Erde mit Extremwerten der Fruchtbarkeitsrate

Gesamtfruchtbarkeitsrate: durchschnittliche Anzahl von Kindern, die eine Frau gebärt, wenn die heutigen altersspezifischen Geburtenraten während ihrer fruchtbaren Jahre (15. bis 49. Lebensjahr) konstant bleiben.

| Länder mit höchster Fruchtbarkeitsrate | | 2013 | 1970 | Länder mit niedrigster Fruchtbarkeitsrate | | 2013 | 1970 |
|--|------------------|------|------|---|-----------|------|------|
| 1 | Niger | 7,6 | 7,4 | 1 | Taiwan | 1,1 | 3,9 |
| 2 | Südsudan | 7,0 | 6,9 | 2 | Portugal | 1,2 | 3,0 |
| 3 | Somalia | 6,6 | 7,2 | 3 | Singapur | 1,2 | 3,2 |
| 4 | Tschad | 6,6 | 6,5 | 4 | Südkorea | 1,2 | 4,5 |
| 5 | Kongo, Dem. Rep. | 6,6 | 6,2 | 5 | Moldavien | 1,2 | 2,6 |

| | | | | | | | |
|----|------------------------------|-----|-----|----|---------------------|-----|-----|
| 6 | Zentralafrikanische Republik | 6,2 | 6,0 | 6 | Polen | 1,2 | 2,3 |
| 7 | Angola | 6,2 | 7,3 | 7 | Bosnien-Herzegowina | 1,3 | 2,7 |
| 8 | Mali | 6,1 | 6,9 | 8 | Spanien | 1,3 | 2,9 |
| 9 | Burundi | 6,1 | 7,3 | 9 | Griechenland | 1,3 | 2,4 |
| 10 | Zambia | 6,0 | 7,4 | 10 | Ungarn | 1,3 | 2,0 |

Population Reference Bureau, Washington 2005, 2014: www.prb.org/

Tabelle 4.1.7 Länder der Erde mit Extremwerten der Lebenserwartung

Unter der durchschnittlichen Lebenserwartung versteht man das durchschnittlich erreichte Lebensalter eines Neugeborenen nach den heutigen Sterberaten.

| Länder mit höchster Lebenserwartung | | in Jahren | Länder mit niedrigster Lebenserwartung | | in Jahren |
|-------------------------------------|------------|-----------|--|--------------------|-----------|
| 1 | Hongkong | 84 | 1 | Lesotho | 44 |
| 2 | San Marino | 84 | 2 | Sierra Leone | 45 |
| 3 | Japan | 83 | 3 | Botswana | 47 |
| 4 | Singapur | 83 | 4 | Swaziland | 49 |
| 5 | Schweiz | 83 | 5 | Zentralafrik. Rep. | 50 |
| 6 | Frankreich | 82 | 6 | Kongo, Dem. Rep. | 50 |
| 7 | Italien | 82 | 7 | Tschad | 51 |
| 8 | Norwegen | 82 | 8 | Angola | 52 |
| 9 | Spanien | 82 | 9 | Aquatorialguinea | 53 |
| 10 | Schweiz | 82 | 10 | Mosambik | 53 |

Population Reference Bureau, Washington 2014: www.prb.org

Tabelle 4.1.8 Durchschnittliche Lebenserwartung der Bevölkerung in verschiedenen Regionen der Erde sowie im Vergleich von Industrieländern und von Entwicklungsländern

Die durchschnittliche Lebenserwartung in Jahren stieg in den Industriestaaten von 1900–1950 um 0,41/Jahr, von 1950–1994 um 0,16/Jahr. Definition der Industriestaaten siehe Tab. 4.1.3.

| Regionen | Lebenserwartung in Jahren | | |
|-------------------------------|---------------------------|----------|----------|
| | gesamt | männlich | weiblich |
| Welt | 71 | 69 | 73 |
| Industrieländer | 79 | 75 | 82 |
| Entwicklungsländer | 69 | 67 | 71 |
| Entwicklungsländer ohne China | 67 | 65 | 69 |
| Afrika | 59 | 58 | 60 |
| Asien | 71 | 69 | 73 |
| Europa | 78 | 74 | 81 |
| Lateinamerika/Karibik | 75 | 71 | 78 |
| Nordamerika | 79 | 77 | 81 |
| Ozeanien | 77 | 75 | 79 |

Population Reference Bureau, Washington 2014: www.prb.org

Tabelle 4.1.9 Mittlere Lebensdauer der Bevölkerung in verschiedenen Kulturperioden

Vergleiche auch Tabellen unter 3.1. Abk.: w = weiblich, m = männlich

| Kulturperiode | Ort (Autor) | Jahre |
|---|---|------------------|
| 200.000–100.000 vor heute (Neandertaler) | Deutschland (n. Vallois) | 21,6 |
| 40.000 Jahre vor heute (Jungpaläolithiker) | Deutschland (n. Vallois) | 20,1 |
| 3. bis 1. Jahrtausend vor Christus (Bronzezeit) | Niederösterreich (n. Franz und Winkler) | 20,0 w 21,8 m |

| | | |
|-------------------------------------|---------------------------|------------------|
| 1100–700 vor Chr. (Frühe Eisenzeit) | Griechenland (n. Angel) | 18,0 |
| Um Christi Geburt | Rom (n. Pearson) | 22,0 |
| 400–1500 (Mittelalter) | England (n. Russel) | 33,0 |
| 1687–1691 | Breslau (n. Halley) | 33,5 |
| 1870 | Deutschland (n. Schenk) | 38,0 w 35,2 m |
| 1900 | Deutschland (n. Schenk) | 47,2 w 45,0 m |
| 1925 | Deutschland (n. Schenk) | 58,6 w 56,0 m |
| 1931–1940 | Niederlande (Freudenberg) | 66,5 |

Handbuch der Biologie 1965

Tabelle 4.1.10 Bevölkerungsdichte, Bruttonsozialprodukt, Stadtbesiedlung, Kontrazeptivaanwendung, Bewegungsmangel und Trinkwasserversorgung in den Regionen der Welt für das Jahr 2013

Das Bruttonsozialprodukt bezeichnet das Ergebnis der Wirtschaftsprozesse eines Staates pro Jahr. Es wird als Kaufkraftparitätswechselkurs in internationale Dollar umgerechnet.

| Region | Bevölkerungsdichte pro km ² | Bruttonsozialprodukt bei Kaufkraftparität pro Einwohner US \$ | Anteil der Bevölkerung, die in Städten lebt | Anteil der Frauen zwischen 15 und 49; die Kontrazeptiva (alle Methoden) verwenden |
|--------------------|--|---|---|---|
| Welt | 53 | 14.210 | 53 % | 63 % |
| Mehr entwickelt | 23 | 37.470 | 77 % | 70 % |
| Weniger entwickelt | 72 | 8920 | 48 % | 61 % |
| Afrika | 37 | 4470 | 40 % | 34 % |
| Nordafrika | 28 | 9600 | 71 % | 53 % |
| Westafrika | 55 | 3930 | 45 % | 17 % |
| Ostafrika | 54 | 1570 | 24 % | 39 % |

| | | | | |
|-----------------------|-----|--------|------|------|
| Zentralafrika | 21 | 2540 | 42 % | 18 % |
| Südliches Afrika | 23 | 11.840 | 60 % | 59 % |
| Asien | 136 | 12.620 | 46 % | 66 % |
| Asien ohne China | 34 | 9700 | 43 % | 57 % |
| Westasien | 53 | 22.920 | 70 % | 54 % |
| Zentralasien | 174 | 5600 | 47 % | 53 % |
| Südasien | 266 | 5460 | 54 % | 54 % |
| Südostasien | 138 | 9130 | 48 % | 62 % |
| Ostasien | 136 | 14.440 | 58 % | 82 % |
| Europa | 32 | 30.010 | 72 % | 70 % |
| Nordeuropa | 79 | 37.860 | 79 % | 80 % |
| Westeuropa | 172 | 42.220 | 69 % | 75 % |
| Osteuropa | 16 | 19.930 | 69 % | 67 % |
| Südeuropa | 68 | 28.960 | 68 % | 66 % |
| Nordamerika | 16 | 52.810 | 81 % | 77 % |
| Lateinamerika Karibik | 30 | 12.900 | 78 % | 73 % |
| Südamerika | 23 | 12.620 | 82 % | 75 % |
| Ozeanien | 5 | 30.100 | 70 % | 62 % |
| Australien | 3 | 42.540 | 89 % | 72 % |

Anteil der Menschen ab 15 Jahren, die an Bewegungsmangel leiden (in %)

| | | | |
|-------------|----|--------------------|----|
| Bangladesch | 5 | Australien | 38 |
| Estland | 17 | USA | 41 |
| Deutschland | 28 | Verein. Königreich | 63 |

Zugang zu sauberem Trinkwasser (in % der Bevölkerung)

| | | | |
|------------------|-----|-------------|----|
| Europa | 100 | Bangladesch | 85 |
| Kongo, Dem. Rep. | 46 | Kolumbien | 91 |

Population Reference Bureau, Washington 2014: www.prb.org; Statistisches Jahrbuch 2014: www.destatis.de

Tabelle 4.1.11 Schwangerschaften und Schwangerschaftsabbrüche weltweit

Ein wesentlicher Faktor für die Entwicklung der Weltbevölkerung sind ungewollte Schwangerschaften, etwa 80 Millionen von 213 Millionen Schwangerschaften weltweit. Über 200 Millionen Frauen haben keinen Zugang zu einer adäquaten Familienplanung, die ungewollte Schwangerschaften vermeiden könnte.

Die Welt-Gesundheits-Organisation WHO definiert einen unsicheren Schwangerschaftsabbruch als „die Beendigung einer ungewollten Schwangerschaft durch Personen, die nicht über entsprechende Fähigkeiten verfügen oder unter Bedingungen, die dem medizinischen Standard nicht entsprechen“.

Die Angaben zu den Regionen beziehen sich auf die Jahre 2012/13.

Schätzung im Jahr 2012/13

| | |
|--|------------|
| Schwangerschaften | 213,4 Mio. |
| davon ungewünschte Schwangerschaften | 84,9 Mio. |
| davon enden mit einem Schwangerschaftsabbruch | 50% |
| unsichere Schwangerschaftsabbrüche (gerundet) | 26,6 Mio. |
| Entwickelte Länder | 360.000 |
| Entwicklungsländer | 21,2 Mio |
| Schwangerschaften mit Todesfolge der Mutter | 289.000 |
| Todesfälle durch unsichere Schwangerschaftsabbrüche | 47.000 |
| Entwickelte Länder | 90 |
| Entwicklungsländer | 47.000 |
| Gründe für Todesfolgen bei Schwangerschaften: | |
| Schwere Blutungen | |
| Infektionen | |
| Bluthochdruck (hypertensive Störungen) | |
| ausbleibende Wehen | |
| andere Gründe | |

WHO Sexual and reproductive health 2012/13: www.who.int; Guttmacher Institute: www.guttmacher.org

Tabelle 4.1.12 Angehörige ausgewählter Weltreligionen 2012

| Christliche Religionsangehörige | Anzahl in Millionen | % der Bevölkerung |
|--|----------------------------|--------------------------|
| Europa | 558,260 | 75,2 |
| Lateinamerika/Karibik | 531,280 | 90,0 |
| Südliches Afrika | 517,340 | 62,9 |
| Asia-Pazifik | 286,950 | 7,1 |
| Nordamerika | 266,630 | 77,4 |
| Mittlerer Osten/Nordafrika | 12,710 | 3,7 |
| Weltweit | 2.173,180 | 31,5 |
| Muslime | | |
| Europa | 43,490 | 5,9 |
| Lateinamerika/Karibik | 0,840 | 0,1 |
| Südliches Afrika | 248,110 | 30,2 |
| Asia-Pazifik | 985,530 | 4,3 |
| Nordamerika | 3,480 | 1,0 |
| Naher Osten/Nordafrika | 317,070 | 93,0 |
| Weltweit | 1.598,510 | 23,2 |
| Hindus | | |
| Europa | 1,290 | 0,2 |
| Lateinamerika/Karibik | 0,660 | 0,1 |
| Südliches Afrika | 1,670 | 0,2 |
| Asia-Pazifik | 1.025,470 | 25,3 |
| Nordamerika | 2,250 | 0,7 |
| Mittlerer Osten/Nordafrika | 1,720 | 0,5 |
| Weltweit | 1.033,080 | 15,0 |
| Buddhisten | | |
| Europa | 1,330 | 0,2 |
| Lateinamerika/Karibik | 0,410 | <0,1 |
| Südliches Afrika | 0,150 | <0,1 |
| Asia-Pazifik | 481,290 | 11,9 |
| Nordamerika | 3,860 | 1,1 |
| Mittlerer Osten/Nordafrika | 0,500 | 0,1 |

| | | |
|---|-----------|------|
| Weltweit | 487,540 | 7,1 |
| Jüdische Religionsangehörige | | |
| Europa | 1,410 | 0,2 |
| Lateinamerika/Karibik | 0,470 | <0,1 |
| Südliches Afrika | 0,100 | <0,1 |
| Asia-Pazifik | 0,200 | <0,1 |
| Nord-Amerika | 6,040 | 1,8 |
| Mittlerer Osten/Nordafrika | 5,630 | 1,6 |
| Weltweit | 13,850 | 0,2 |
| Menschen ohne Religionsangehörigkeit | | |
| Europa | 134,820 | 18,2 |
| Lateinamerika/Karibik | 45,39 | 7,7 |
| Südliches Afrika | 26,580 | 3,2 |
| Asia-Pazifik | 858,580 | 21,2 |
| Nord-Amerika | 59,040 | 17,1 |
| Mittlerer Osten/Nordafrika | 2,100 | 0,6 |
| Weltweit | 1.126,500 | 16,3 |

Global Religious Landscape 2012: www.pewforum.org

4.2 Die Bevölkerungsentwicklung in Deutschland

Tabelle 4.2.1 Kennzahlen für Deutschland im Zeitvergleich

Die Tabelle gibt eine erste Übersicht. Erläuterungen siehe folgende Tabellen.

Abkürzung JS = Jahressumme

| | 1995 | 2000 | 2002 | 2004 | 2012 |
|-----------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Fläche km ² | 357.022 | 357.022 | 357.027 | 357.027 | 357.168 |
| Bevölkerung (× 1000) | 81.817 | 82.260 | 82.537 | 82.501 | 80.524 |
| männlich (× 1000) | 39.825 | 40.157 | 40.345 | 40.354 | 39.376 |
| weiblich (× 1000) | 41.993 | 42.103 | 42.192 | 42.147 | 41.148 |
| Bevölkerung je km ² | 229 | 230 | 231 | 231 | 225 |
| Ausländische Bevölkerung (× 1000) | 7343 | 7268 | 7348 | 7288 | 6640 |

| | | | | | |
|--|----------|---------|----------|----------|----------|
| Privathaushalte ($\times 1000$) | 36.938 | 38.124 | 38.720 | 39.122 | 40.656 |
| Einpersonenhaushalte ($\times 1000$) | 12.891 | 13.750 | 14.225 | 14.566 | 13.660 |
| Mehrpersonenhaushalte ($\times 1000$) | 24.047 | 24.374 | 24.495 | 24.556 | 26.996 |
| Eheschließungen (JS) | 430.534 | 418.550 | 391.963 | 396.007 | 387.423 |
| Gerichtliche Ehelösungen (JS) | 170.000 | 194.630 | 204.606 | 214.062 | 179.348 |
| Lebendgeborene (JS) | 765.221 | 766.999 | 719.250 | 705.631 | 673.544 |
| Gestorbene (JS) | 884.588 | 838.797 | 841.686 | 818.263 | 869.582 |
| Überschuss (–) der Gestorbenen (JS) | –119.367 | –71.798 | –122.436 | –112.632 | –196.038 |
| Zuzüge gesamt (JS) ($\times 1000$) | 2165 | 1978 | 1996 | 1875 | 2178 |
| darunter aus dem Aus- land (JS) ($\times 1000$) | 1096 | 841 | 843 | 780 | 1080 |
| Fortzüge gesamt (JS) ($\times 1000$) | 1767 | 1816 | 1777 | 1792 | 1809 |
| darunter in das Ausland (JS) ($\times 1000$) | 698 | 674 | 623 | 698 | 712 |
| Überschuss (+) der Zuzüge (JS) ($\times 1000$) | +398 | +167 | +219 | +83 | +369 |
| Einbürgerungen (JS) | 313.606 | 186.688 | 154.547 | 127.153 | 112.348 |
| Erwerbspersonen Stand 2013 ($\times 1000$) | 40.416 | 41.918 | 42.224 | 42.707 | 44.053 |
| Erwerbslose ($\times 1000$) Stand 2013 | 2870 | 2880 | 3230 | 3930 | 2270 |
| Erwerbslosenquote (%) | 7,1 % | 6,9 % | 7,6 % | 9,2 % | 5,2 % |
| Geringfügig Entlohnte ($\times 1000$) | – | 4052 | 4169 | 4803 | |
| Offene Stellen, Stand 2014 ($\times 1000$) | 321 | 515 | 452 | 286 | 490 |
| Kurzarbeiter/-innen, Jahresmittel ($\times 1000$) | 199 | 86 | 207 | 151 | 124 |
| Verlorene Arbeitstage durch Streik Stand 2013 | 247.000 | 11.000 | 310.000 | 51.000 | 551.000 |

| | |
|--|--------|
| Kinder in Kindertageseinrichtungen, Stand 2013 (× 1000) | 3333 |
| davon durchgehend mehr als 7 Stunden pro Betreuungstag | 39,1 % |
| Zunahme gegenüber 2007 | 9,5 % |
| Betreuungsquote 1 Jahr bis unter 2 Jahre | 31 % |
| Betreuungsquote 0 Jahre bis unter 3 Jahre | 29 % |
| Betreuungsquote 2 Jahre bis unter 3 Jahre | 29 % |

Statistisches Jahrbuch 2005, 2014; www.destatis.de

Tabelle 4.2.2 Bevölkerungsentwicklung und Bevölkerungsdichte in Deutschland vor 1945 und in der früheren Bundesrepublik

In den letzten 130 Jahren waren in Deutschland zwei große Geburtenrückgänge zu beobachten, die die demographische Lage nachhaltig beeinflusst haben. Der erste Geburtenrückgang fand um die Wende vom 19. zum 20. Jahrhundert statt, der zweite begann um 1965.

Ab dem Geburtenjahrgang 1880 war der Ersatz der Elterngeneration nicht mehr gewährleistet, was langfristig zum Altern der Bevölkerung führte.

Die Angaben zur Fläche des früheren Bundesgebietes entsprechen dem Stand vom 1.11.1997. Auf diese Fläche beziehen sich auch alle Angaben nach dem Beitritt der ehemaligen DDR zur Bundesrepublik Deutschland am 03. Oktober 1990.

| Jahr | Insgesamt × 1000 | Männlich × 1000 | Weiblich × 1000 | Einwohner je km² |
|--|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|--|
| Bevölkerung von Deutschland vor 1945 | | | | |
| Fläche 470.440 km² | | | | |
| 1871 | 41.059 | 20.152 | 20.907 | 76 |
| 1910 | 64.926 | 32.040 | 32.886 | 120 |
| 1939 | 69.314 | 33.911 | 35.403 | 147 |
| Bevölkerung der früheren Bundesrepublik von 1947 bis 1998 | | | | |
| Fläche 248.945 km² | | | | |
| 1947 | 47.645 | 21.594 | 26.052 | 192 |
| 1950 | 50.336 | 23.405 | 26.931 | 202 |
| 1955 | 52.698 | 24.594 | 28.105 | 212 |
| 1960 | 55.785 | 26.173 | 29.611 | 224 |

| | Insgesamt × 1000 | Männlich × 1000 | Weiblich × 1000 | Einwohner je km ² |
|------|---------------------|--------------------|--------------------|---------------------------------|
| 1965 | 59.297 | 28.171 | 31.126 | 239 |
| 1970 | 61.001 | 29.072 | 31.930 | 245 |
| 1975 | 61.645 | 29.382 | 32.263 | 248 |
| 1980 | 61.658 | 29.481 | 32.177 | 248 |
| 1985 | 61.020 | 29.190 | 31.380 | 245 |
| 1986 | 61.140 | 29.285 | 31.855 | 246 |
| 1987 | 61.238 | 29.419 | 31.819 | 246 |
| 1988 | 61.715 | 29.693 | 32.022 | 248 |
| 1989 | 62.679 | 30.236 | 32.442 | 252 |
| 1990 | 63.726 | 30.851 | 32.875 | 256 |
| 1991 | 64.485 | 31.282 | 33.203 | 259 |
| 1992 | 65.289 | 31.756 | 33.534 | 263 |
| 1993 | 65.740 | 31.991 | 33.749 | 264 |
| 1994 | 66.007 | 32.124 | 33.883 | 265 |
| 1995 | 66.342 | 32.306 | 34.036 | 266 |
| 1996 | 66.583 | 32.440 | 34.144 | 268 |
| 1997 | 66.688 | 32.496 | 34.192 | 268 |
| 1998 | 66.747 | 32.539 | 34.208 | 268 |

Statistisches Jahrbuch 1999, 2005; www.destatis.de; www.bib-demographie.de

Tabelle 4.2.3 Bevölkerungsentwicklung und Bevölkerungsdichte in der ehemaligen DDR und in der Bundesrepublik Deutschland ab 1990

Die Angaben zur Fläche der ehemaligen DDR beziehen sich auf den Stand vom 1.11.1997. Auf diese Fläche beziehen sich auch alle Angaben nach dem Beitritt der ehemaligen DDR zur Bundesrepublik Deutschland am 3. Oktober 1990.

| Jahr | Insgesamt × 1000 | Männlich × 1000 | Weiblich × 1000 | Einwohner je km ² |
|--|---------------------|--------------------|--------------------|---------------------------------|
| Bevölkerung der ehemaligen DDR bis 1998 Fläche 108.084 km² | | | | |
| 1947 | 19.102 | 8263 | 10.838 | 176 |
| 1950 | 18.360 | 8150 | 10.210 | 169 |

| Jahr | Insgesamt × 1000 | Männlich × 1000 | Weiblich × 1000 | Einwohner je km ² |
|--|---------------------|--------------------|--------------------|---------------------------------|
| 1955 | 17.832 | 7969 | 9864 | 165 |
| 1960 | 17.188 | 7745 | 9443 | 159 |
| 1965 | 17.040 | 7780 | 9260 | 157 |
| 1970 | 17.068 | 7865 | 9203 | 158 |
| 1975 | 16.820 | 7817 | 9003 | 155 |
| 1980 | 16.740 | 7857 | 8882 | 155 |
| 1985 | 16.640 | 7877 | 8762 | 154 |
| 1986 | 16.640 | 7904 | 8736 | 154 |
| 1987 | 16.661 | 7935 | 8726 | 154 |
| 1988 | 16.675 | 7973 | 8702 | 154 |
| 1989 | 16.434 | 7873 | 8561 | 152 |
| 1990 | 16.028 | 7649 | 8378 | 148 |
| 1991 | 15.790w | 7557 | 8233 | 146 |
| 1992 | 15.685 | 7544 | 8141 | 145 |
| 1993 | 15.598 | 7527 | 8071 | 144 |
| 1994 | 15.531 | 7521 | 8010 | 144 |
| 1995 | 15.476 | 7519 | 7957 | 143 |
| 1996 | 15.429 | 7515 | 7914 | 143 |
| 1997 | 15.369 | 7496 | 7873 | 142 |
| 1998 | 15.290 | 7465 | 7825 | 141 |
| Bevölkerung von Deutschland ab 1990 Fläche 357.030 km² | | | | |
| 1990 | 79.753 | 38.500 | 41.253 | 223 |
| 1995 | 81.817 | 39.825 | 41.993 | 229 |
| 2000 | 82.260 | 40.157 | 42.103 | 230 |
| 2001 | 82.440 | 40.275 | 42.166 | 231 |
| 2002 | 82.537 | 40.345 | 42.192 | 231 |
| 2003 | 82.532 | 40.356 | 42.176 | 231 |
| 2004 | 82.501 | 40.354 | 42.147 | 231 |
| 2013 | 80.524 | 39.376 | 41.148 | 225 |

Tabelle 4.2.4 Entwicklung der Bevölkerung Deutschlands nach Altersgruppen bis 2060: Variante 1

Die Variante 1-W1 (von 13 des Statistischen Bundesamtes) geht von einer niedrigen Lebenserwartung und einem niedrigen Wanderungssaldo von mindestens 100.000 aus.

Die Werte ab 2010 sind Schätzwerte der 12. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung.

Jugendquotient: „unter 20-Jährige“, die auf einhundert „20- bis unter 60-Jährige“ kommen.

Altenquotient: „60-Jährige und Ältere“, die auf einhundert „20- bis unter 60-Jährige“ kommen.

Gesamtquotient: Anzahl aller, die auf einhundert „20- bis unter 60-Jährige“ kommen.

| | 2008 | 2010 | 2020 | 2040 | 2050 | 2060 |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Bevölkerung (×1000): Altenquotient mit Altersgrenze 60 Jahre | | | | | | |
| Bevölkerungsstand | 82.002 | 79.914 | 77.350 | 73.829 | 69.412 | 64.651 |
| 2008 = 100 | 100 | 97,5 | 94,3 | 90,0 | 84,6 | 78,8 |
| Unter 20 Jahren | 15.619 | 13.624 | 12.927 | 11.791 | 10.701 | 10.085 |
| Anteil in % | 19,0 | 17,0 | 16,7 | 16,0 | 15,4 | 15,6 |
| 2008 = 100 | 100 | 87,2 | 82,8 | 75,5 | 68,5 | 64,6 |
| 20– unter 60 Jahre | 45.426 | 41.743 | 35.955 | 33.746 | 30.787 | 28.378 |
| Anteil in % | 55,4 | 52,2 | 46,5 | 45,7 | 44,4 | 43,9 |
| 2008 = 100 | 100 | 91,9 | 79,2 | 74,3 | 67,8 | 62,5 |
| 60 Jahre und älter | 20.958 | 24.547 | 28.469 | 28.292 | 27.924 | 26.188 |
| Anteil in % | 25,6 | 30,7 | 36,8 | 38,3 | 40,2 | 40,5 |
| 2008 = 100 | 100 | 117,1 | 135,8 | 135,0 | 133,2 | 125,0 |
| Jugendquotient | 34,4 | 32,6 | 36,0 | 34,9 | 34,8 | 35,5 |
| Altenquotient | 46,1 | 58,8 | 79,2 | 83,8 | 90,7 | 92,3 |
| Gesamtquotient | 80,5 | 91,4 | 115,1 | 118,8 | 125,5 | 127,8 |
| Bevölkerung (×1000): Altenquotient mit Altersgrenze 65 Jahre | | | | | | |
| Bevölkerungsstand | 82.002 | 79.914 | 77.350 | 73.829 | 69.412 | 64.651 |
| 2008 = 100 | 100 | 97,5 | 94,3 | 90,0 | 84,6 | 78,8 |
| Unter 20 Jahren | 15.619 | 13.624 | 12.927 | 11.791 | 10.701 | 10.085 |
| Anteil in % | 19,0 | 17,0 | 16,7 | 16,0 | 15,4 | 15,6 |
| 2008 = 100 | 100 | 87,2 | 82,8 | 75,5 | 68,5 | 64,6 |

| | | | | | | |
|---------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 20– unter 65 Jahre | 49.655 | 47.636 | 42.149 | 38.329 | 35.722 | 32.591 |
| Anteil in % | 60,6 | 59,6 | 54,5 | 51,9 | 51,5 | 50,4 |
| 2008 = 100 | 100 | 95,9 | 84,9 | 77,2 | 71,9 | 65,6 |
| 65 Jahre und älter | 16.729 | 18.654 | 22.275 | 23.709 | 22.989 | 21.975 |
| Anteil in % | 20,4 | 23,3 | 28,8 | 32,1 | 33,1 | 34,0 |
| 2008 = 100 | 100 | 111,5 | 133,2 | 141,7 | 137,4 | 131,4 |
| Jugendquotient | 31,5 | 28,6 | 30,7 | 30,8 | 30,0 | 30,9 |
| Altenquotient | 33,7 | 39,2 | 52,8 | 61,9 | 64,4 | 67,4 |
| Gesamtquotient | 65,1 | 67,8 | 83,5 | 92,6 | 94,3 | 98,4 |

Bevölkerung Deutschlands bis 2060, Statistisches Bundesamt 2014: www.destatis.de

Tabelle 4.2.5 Entwicklung der Bevölkerung Deutschlands nach Altersgruppen bis 2060: Variante 5

Die Variante 5-W1 (von 12 des Statistischen Bundesamtes) geht von einer mittleren Lebenserwartung und einem mittleren Wanderungssaldo von mindestens 200.000 aus.

Die Werte ab 2010 sind Schätzwerte der 12. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung.

Jugendquotient: „unter 20-Jährige“, die auf einhundert „20- bis unter 60-Jährige“ kommen.

Altenquotient: „60-Jährige und Ältere“, die auf einhundert „20- bis unter 60-Jährige“ kommen.

Gesamtquotient: Anzahl aller, die auf einhundert „20- bis unter 60-Jährige“ kommen.

| | 2001 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Bevölkerung (×1000): Altenquotient mit Altersgrenze 60 Jahre | | | | | | |
| Bevölkerungsstand | 82.440,3 | 83.066,2 | 82.822,1 | 81.220,3 | 78.539,4 | 75.117,3 |
| 2001 = 100 | 100,0 | 100,8 | 100,5 | 98,5 | 95,3 | 91,1 |
| Unter 20 Jahren | 17.259,5 | 15.524,3 | 14.552,3 | 13.926,7 | 12.873,7 | 12.093,7 |
| Anteil in % | 20,9 | 18,7 | 17,6 | 17,1 | 16,4 | 16,1 |
| 2001 = 100 | 100,0 | 89,9 | 84,3 | 80,7 | 74,6 | 70,1 |
| 20– unter 60 Jahre | 45.309,5 | 46.277,2 | 44.115,9 | 39.383,7 | 38.010,7 | 35.436,5 |
| Anteil in % | 55,0 | 55,7 | 53,3 | 48,5 | 48,4 | 47,2 |
| 2001 = 100 | 100,0 | 102,1 | 97,4 | 86,9 | 83,9 | 78,2 |

| | | | | | | |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 60 Jahre und älter | 19.871,3 | 21.264,8 | 24.153,9 | 27.909,9 | 27.655,0 | 27.587,0 |
| Anteil in % | 24,1 | 25,6 | 29,2 | 34,4 | 35,2 | 36,7 |
| 2001 = 100 | 100,0 | 107,0 | 121,6 | 140,5 | 139,2 | 138,8 |
| Jugendquotient | 38,1 | 33,5 | 33,0 | 35,4 | 33,9 | 34,1 |
| Altenquotient | 43,9 | 46,0 | 54,8 | 70,9 | 72,8 | 77,8 |
| Gesamtquotient | 81,9 | 79,5 | 87,7 | 106,2 | 106,6 | 112,0 |
| Bevölkerung (× 1000): Altenquo- tient mit Alters- grenze 65 Jahre | | | | | | |
| Bevölkerungsstand | 82.440,3 | 83.066,2 | 82.822,1 | 81.220,3 | 78.539,4 | 75.117,3 |
| 2001 = 100 | 100,0 | 100,8 | 100,5 | 98,5 | 95,3 | 91,1 |
| Unter 20 Jahren | 17.259,5 | 15.524,3 | 14.552,3 | 13.926,7 | 12.873,7 | 12.093,7 |
| Anteil in % | 20,9 | 18,7 | 17,6 | 17,1 | 16,4 | 16,1 |
| 2001 = 100 | 100,0 | 89,9 | 84,3 | 80,7 | 74,6 | 70,1 |
| 20– unter 60 Jahre | 51.115,1 | 80.953,3 | 50.050,8 | 45.678,2 | 42.880,1 | 10.783,3 |
| Anteil in % | 62,0 | 61,3 | 60,4 | 56,2 | 54,6 | 54,3 |
| 2001 = 100 | 100,0 | 99,7 | 97,9 | 89,4 | 83,9 | 79,8 |
| 60 Jahre und älter | 14.065,7 | 16.588,7 | 18.219,0 | 21.615,4 | 22.785,6 | 22.240,2 |
| Anteil in % | 17,1 | 20,0 | 22,0 | 26,6 | 29,0 | 29,6 |
| 2001 = 100 | 100,0 | 117,9 | 129,5 | 153,7 | 162,0 | 158,1 |
| Jugendquotient | 33,8 | 30,5 | 29,1 | 30,5 | 30,0 | 29,7 |
| Altenquotient | 27,5 | 32,6 | 36,4 | 47,3 | 53,1 | 54,5 |
| Gesamtquotient | 61,3 | 63,0 | 65,5 | 77,8 | 83,2 | 84,2 |

Bevölkerung Deutschlands bis 2060, Statistisches Bundesamt 2014; www.destatis.de

Tabelle 4.2.6 Entwicklung der Lebenserwartung Neugeborener seit 1901 sowie Prognosen bis 2050 in Deutschland

Nach dem rasanten Anstieg der Lebenserwartung bei der Geburt (bei Jungen um 13 Jahre, bei Mädchen um 12 Jahre) zwischen den Jahren 1910 und 1932, verlangsamte sich der Anstieg in den Jahren von 1950–1970 deutlich (bei Jungen um 3 Jahre, bei Mädchen um 5 Jahre). Seither ist ein relativ stetiger geringerer Anstieg der Lebenserwartung zu beobachten.

Im Vergleich mit dem Ausland zeigt sich, dass Jungen in Island, Japan, Schweden und der Schweiz eine um 2 Jahre höhere Lebenserwartung haben. Bei Mädchen liegt die Le-

benserwartung in Japan um 3,4 Jahre, in Frankreich um 2,2 Jahre, in Italien und Spanien um 2,1 Jahre und in der Schweiz um 2,0 Jahre höher als in Deutschland.

In der 10. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung wurden drei Annahmen für die Entwicklung der Lebenserwartung getroffen:

Annahme L1: Für jedes Altersjahr werden die international erreichten niedrigsten Sterbewahrscheinlichkeiten zu Grunde gelegt.

Annahme L2: Die Sterblichkeitsabnahme je Altersjahr seit 1970 wird zu Grunde gelegt. Es wird mit einer stärkeren Abschwächung des Anstiegs der Lebenserwartung gerechnet.

Annahme L3: Die Sterblichkeitsabnahme je Altersjahr seit 1970 wird zu Grunde gelegt. Es wird mit einer geringeren Abschwächung des Anstiegs der Lebenserwartung gerechnet.

| Zeitraum | Lebensjahre | | Lebensjahre | | |
|-------------------------------------|------------------------|----------|------------------------|----------|------------------------|
| | männlich | weiblich | Zeitraum | männlich | weiblich |
| Lebenserwartung Neugeborener | | | | | |
| 1901–1910 | 44,8 | 48,3 | 1975–1977 | 68,6 | 75,2 |
| 1924–1926 | 56,0 | 58,8 | 1980–1982 | 70,2 | 76,9 |
| 1932–1934 | 59,9 | 62,8 | 1985–1987 | 71,8 | 78,4 |
| 1949–1951 | 64,6 | 68,5 | 1991–1993 | 72,5 | 79,0 |
| 1960–1962 | 66,9 | 72,4 | 1996–1998 | 74,0 | 80,3 |
| 1965–1968 | 67,6 | 73,6 | 1998–2000 | 74,8 | 80,8 |
| 1970–1972 | 67,4 | 73,8 | | | |
| | Lebensjahre Annahme L1 | | Lebensjahre Annahme L2 | | Lebensjahre Annahme L3 |
| Zeitraum | männlich | weiblich | männlich | weiblich | männlich |
| Prognosen | | | | | |
| 2020 | 76,7 | 83,0 | 78,1 | 83,8 | 78,4 |
| 2035 | 78,0 | 84,7 | 79,7 | 85,4 | 80,6 |
| 2050 | 78,9 | 85,7 | 81,1 | 86,6 | 82,6 |
| | | | | | 88,1 |

Bevölkerung Deutschlands bis 2050, Statistisches Bundesamt 2003: www.destatis.de

Tabelle 4.2.7 Lebenserwartung in Jahren im Alter x von 1901–2003 sowie Prognosen für 60-Jährige bis 2050

Fortschritte im Gesundheitswesen, in der Hygiene, der Ernährung, der Wohnsituation und den Arbeitsbedingungen sowie der gestiegene materielle Wohlstand haben das Sterblichkeitsniveau in Deutschland in den letzten 100 Jahren spürbar abnehmen lassen. Von 1000 lebend geborenen Kindern sterben heute im ersten Lebensjahr 4, vor 100 Jahren waren es 200.

Heute 60-jährige Männer werden noch 19 Jahre leben, 60-jährige Frauen noch 23 Jahre. Vor 100 Jahren waren es beim Mann etwa 6 Jahre bei der Frau etwa 14 Jahre.

Da die heutige ältere Generation zahlenmäßig größer ist als früher, gibt es potenziell mehr Rentenbezieher und der Ruhestand dauert länger. Die Rentenbezugsdauer in der früheren Bundesrepublik dauerte 1965 knapp 11 Jahre, 2001 waren es über 16 Jahre.

| Alter | Geburtsjahr 1901–1910 | | Geburtsjahr 1932–1934 | | Geburtsjahr 2009–2011 | |
|---|--------------------------|----------|--------------------------|----------|--------------------------|----------|
| | männlich | weiblich | männlich | weiblich | männlich | weiblich |
| Lebenserwartung in Jahren im Alter von | | | | | | |
| 0 Jahre | 44,82 | 48,33 | 59,86 | 62,81 | 77,72 | 82,73 |
| 1 Jahre | 55,12 | 57,20 | 64,43 | 66,41 | 77,02 | 81,99 |
| 2 Jahre | 56,39 | 58,47 | 64,03 | 65,96 | 76,04 | 81,01 |
| 5 Jahre | 55,15 | 57,27 | 61,70 | 63,56 | 73,08 | 81,01 |
| 10 Jahre | 51,16 | 53,35 | 57,28 | 59,09 | 68,11 | 73,07 |
| 15 Jahre | 46,71 | 49,00 | 52,62 | 54,39 | 63,15 | 68,10 |
| 20 Jahre | 42,56 | 44,84 | 48,16 | 49,84 | 58,25 | 63,16 |
| 25 Jahre | 38,59 | 40,84 | 43,83 | 45,43 | 53,40 | 58,22 |
| 30 Jahre | 34,55 | 36,94 | 39,47 | 41,05 | 48,56 | 53,29 |
| 35 Jahre | 30,53 | 33,04 | 35,13 | 36,67 | 43,72 | 48,38 |
| 40 Jahre | 26,64 | 29,16 | 30,83 | 32,33 | 38,93 | 43,50 |
| 45 Jahre | 22,94 | 25,25 | 26,61 | 28,02 | 34,22 | 38,69 |
| 50 Jahre | 19,43 | 21,35 | 22,54 | 23,85 | 29,67 | 33,98 |
| 55 Jahre | 16,16 | 17,64 | 18,69 | 19,85 | 25,37 | 29,41 |
| 60 Jahre | 13,14 | 14,17 | 15,11 | 16,07 | 21,31 | 24,96 |
| 65 Jahre | 10,40 | 11,09 | 11,87 | 12,60 | 17,48 | 20,68 |
| 70 Jahre | 7,99 | 8,45 | 9,05 | 9,58 | 13,89 | 16,53 |

| | | | | | | |
|---|------|-------------------------|------|-------------------------|-------|-------|
| 75 Jahre | 5,97 | 6,30 | 6,68 | 7,09 | 10,58 | 12,60 |
| 80 Jahre | 4,38 | 4,65 | 4,84 | 5,15 | 7,77 | 9,13 |
| 85 Jahre | 3,18 | 3,40 | 3,52 | 3,70 | 5,52 | 6,29 |
| 90 Jahre | 2,35 | 2,59 | 2,63 | 2,72 | 3,84 | 4,25 |
| Geburtsjahr 2002–2004 | | Geburtsjahr 2040 | | Geburtsjahr 2050 | | |
| Lebenserwar- tung in Jahren im Alter von | | | | | | |
| 60 Jahre | 20,0 | 24,1 | 24,6 | 28,1 | 26,6 | 30,1 |

Statistisches Jahrbuch 2005, 2014: Bevölkerung Deutschlands bis 2060: www.destatis.de

Tabelle 4.2.8 Grundzahlen für Eheschließungen, Geborene und Gestorbene in Deutschland von 1950–2004

Bei Eheschließungen werden die standesamtlichen Trauungen gezählt, auch die von Ausländern und Ausländerinnen. Die Angaben für die Neuen Länder und Berlin-Ost bis 1990 basieren auf den Statistiken der ehemaligen DDR.

Als Lebendgeborene zählen Kinder, bei denen nach der Trennung vom Mutterleib entweder das Herz geschlagen, die Nabelschnur pulsiert oder die natürliche Lungenatmung eingesetzt hat.

Als Totgeborene zählen seit dem 1.4.1994 Kinder, deren Geburtsgewicht 500 g beträgt. Liegt das Geburtsgewicht darunter, sind es Fehlgeburten.

Bei Gestorbenen werden Totgeborene, Kriegssterbefälle und gerichtliche Todeserklärungen nicht mitgezählt.

| Jahr/Bundes- länder | Eheschlie- ßungen | Lebendge- borene | Totgebo- rene | Gestor- bene | Über- schuss |
|---------------------------------------|----------------------|---------------------|------------------|-----------------|-----------------|
| Bundesrepublik Deutschland | | | | | |
| 1950 | 750.452 | 1.116.701 | 24.857 | 748.329 | +368.372 |
| 1960 | 689.028 | 1.261.614 | 19.814 | 876.721 | +384.893 |
| 1970 | 575.233 | 1.047.737 | 10.853 | 975.664 | -72.073 |
| 1980 | 496.603 | 865.789 | 4954 | 952.371 | -86.582 |
| 1990 | 516.388 | 905.675 | 3202 | 921.445 | -15.770 |
| 2000 | 418.550 | 766.999 | 3084 | 838.797 | -71.798 |

| Jahr/Bundesländer | Eheschließungen | Lebendgeborene | Totgebo-rene | Gestor-bene | Über-schuss |
|--------------------------|------------------------|-----------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| 2002 | 391.963 | 719.250 | 2700 | 841.686 | -122.436 |
| 2004 | 395.992 | 705.622 | 2728 | 818.271 | -112.649 |
| 2010 | 377.816 | 677.947 | 2466 | 858.768 | -180.821 |
| 2012 | 387.423 | 673.544 | 2400 | 869.582 | -196.038 |
| Bundesländer 2012 | | | | | |
| Baden-Württemberg | 50.693 | 89.477 | 305 | 100.584 | -11.107 |
| Bayern | 59.009 | 107.039 | 303 | 125.448 | -18.409 |
| Berlin | 12.390 | 34.678 | 156 | 32.218 | +2460 |
| Brandenburg | 9974 | 18.482 | 93 | 28.403 | -9921 |
| Bremen | 3094 | 5639 | 18 | 7487 | -1848 |
| Hamburg | 6959 | 17.706 | 59 | 17.012 | +694 |
| Hessen | 29.613 | 51.607 | 198 | 61.857 | -10.250 |
| Mecklenburg-Vorpommern | 7872 | 12.715 | 57 | 18.912 | -6197 |
| Niedersachsen | 40.827 | 61.478 | 208 | 87.040 | -25.562 |
| Nordrhein-Westfalen | 87.768 | 145.755 | 551 | 193.707 | -47.952 |
| Rheinland-Pfalz | 20.123 | 31.169 | 115 | 44.404 | -13.235 |
| Saarland | 5141 | 6878 | 21 | 12.290 | -5412 |
| Sachsen | 14.778 | 34.686 | 111 | 51.315 | -16.629 |
| Sachsen-Anhalt | 9314 | 16.888 | 63 | 30.321 | -13.433 |
| Schleswig-Holstein | 16.984 | 22.005 | 88 | 31.443 | -9438 |
| Thüringen | 8372 | 17.342 | 54 | 27.141 | -9799 |

Statistisches Jahrbuch 2005, 2014; Bevölkerung Deutschlands bis 2060: www.destatis.de

Tabelle 4.2.9 Bevölkerung nach Altersgruppen und Familienstand in Deutschland im Mai 2011

Personen, deren Ehepartner vermisst ist, gelten als verheiratet, Personen deren Ehepartner für tot erklärt worden ist, als verwitwet. Zu Geschiedenen gehören Personen, deren Ehe durch gerichtliches Urteil gelöst wurde. In der Tabelle sind die Daten von Mai 2011 wiedergegeben.

| | Ledig männlich | Ledig weiblich | Verheiratet männlich | Verheiratet weiblich |
|--------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Alter | × 1000 | × 1000 | × 1000 | × 1000 |
| unter 15 | 5544,4 | 5259,3 | – | – |
| 15–20 | 2055,5 | 1949,5 | 0,9 | 6,7 |
| 20–25 | 2403,5 | 2198,6 | 56,0 | 164,4 |
| 25–30 | 2022,5 | 1643,6 | 402,0 | 710,4 |
| 30–35 | 1398,7 | 987,6 | 909,2 | 1239,6 |
| 35–40 | 926,3 | 607,1 | 1301,7 | 1522,4 |
| 40–45 | 929,3 | 584,4 | 1960,7 | 2106,5 |
| 45–50 | 756,3 | 454,5 | 2310,4 | 2370,9 |
| 50–55 | 474,9 | 285,8 | 2167,0 | 2196,2 |
| 55–60 | 288,1 | 181,1 | 1986,5 | 1984,0 |
| 60–65 | 170,2 | 108,1 | 1811,8 | 1709,9 |
| 65–70 | 120,2 | 85,3 | 1600,5 | 1442,6 |
| 70–75 | 114,1 | 108,7 | 1808,0 | 1517,5 |
| 75–80 | 52,9 | 91,2 | 1112,8 | 811,9 |
| 80–85 | 23,7 | 92,3 | 631,6 | 398,1 |
| 85–90 | 7,5 | 78,3 | 225,7 | 130,7 |
| 90 und mehr | 2,2 | 33,3 | 52,5 | 20,4 |
| Insgesamt | 17.290,4 | 14.748,7 | 18.337,5 | 18.332,4 |

| | Geschieden männlich | Geschieden weiblich | Verwitwet männlich | Verwitwet weiblich |
|-------------|------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Alter | × 1000 | × 1000 | × 1000 | × 1000 |
| 15–20 | 0,0 | 0,1 | 0,0 | 0,0 |
| 20–25 | 2,2 | 7,1 | 0,0 | 0,3 |
| 25–30 | 26,2 | 57,4 | 0,3 | 2,1 |
| 30–35 | 69,6 | 128,4 | 1,2 | 6,0 |
| 35–40 | 139,7 | 216,1 | 3,2 | 14,1 |
| 40–45 | 301,9 | 412,7 | 8,1 | 31,8 |
| 45–50 | 452,6 | 550,7 | 18,7 | 70,3 |
| 50–55 | 436,5 | 480,7 | 28,8 | 125,9 |
| 55–60 | 345,8 | 384,7 | 44,5 | 198,1 |
| 60–65 | 248,1 | 292,7 | 65,6 | 291,3 |
| 65–70 | 174,7 | 231,2 | 101,1 | 413,6 |
| 70–75 | 142,8 | 218,4 | 180,6 | 768,7 |
| 75–80 | 62,1 | 116,2 | 185,4 | 836,7 |
| 80–85 | 25,4 | 74,9 | 197,9 | 883,7 |
| 85–90 | 7,9 | 47,8 | 127,8 | 709,0 |
| 90 und mehr | 2,2 | 20,9 | 57,3 | 361,3 |
| Insgesamt | 2437,6 | 3240,1 | 1020,4 | 4713,0 |

Statistisches Jahrbuch 2014, Statistisches Bundesamt 2014: www.destatis.de

Tabelle 4.2.10 Schwangerschaftsabbrüche in Deutschland

2013 hat sich die Gesamtzahl der Schwangerschaftsabbrüche gegenüber 2013 um 4013 auf 102.802 verringert. Der Anteil mit medizinischer Indikation erhöhte sich 2013 um 387 auf 3703, der Anteil mit kriminologischer Indikation um 7 auf 20.

Nach der Begründung des Abbruchs für die Jahre 2012 und 2013

| Alter der Schwangeren | Insgesamt 2012 | Insgesamt 2013 | Alter der Schwangeren | Insgesamt 2012 | Insgesamt 2013 |
|--------------------------|-------------------|-------------------|--------------------------|-------------------|-------------------|
| unter 15 | 373 | 322 | 30–35 | 22.199 | 21.785 |
| 15–18 | 3462 | 3297 | 35–40 | 15.469 | 15.452 |

| | | | | | |
|---|------------|------------|-----------------------------------|--------------|--------------------------|
| 18–25 | 32.279 | 29.692 | 40–45 | 7440 | 7137 |
| 25–30 | 24.888 | 24.407 | 45 u. mehr | 705 | 710 |
| Nach Indikation | | | | | |
| Medizinische Indikation | | | Kriminologische Indikation | | Beratungsregelung |
| 3703 | | | 20 | | 99.079 |
| Nach Dauer der abgebrochenen Schwangerschaft in Wochen für die Jahre 2012/2013 | | | | | |
| unter 5 | 5–6 | 7–8 | 9–11 | 12–15 | 16–18 |
| 7357 | 30.405 | 36.702 | 25.538 | 1201 | 612 |
| | | | | 425 | 562 |
| nach Anzahl der vorangegangenen Lebendgeborenen | | | | | |
| keine | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 und mehr |
| 40.506 | 26.718 | 23.711 | 8260 | 2431 | 1176 |

Statistisches Jahrbuch 2014; www.destatis.de

Tabelle 4.2.11 Lebendgeborene, Geburtenziffern, Totgeborene nach dem Alter der Mutter 2012

Die Familienbildung mit dem ersten Kind beginnt in Deutschland heute etwa 5 Jahre später als in den 70er Jahren. Das Muster der frühen Geburt ist in der ehemaligen DDR bis in die 80er Jahre erhalten geblieben, weil dort das Konzept der Vereinbarkeit von Erwerbstätigkeit und Elternschaft durch den Ausbau der gesellschaftlichen Kinderbetreuung verfolgt wurde.

Seit dem Ende der DDR verhalten sich die heute 15- bis 25-Jährigen in beiden Regionen Deutschlands sehr ähnlich.

| Alter der | Lebendgeborene 2012 | | Geburtenziffern | |
|------------------|---------------------|---------|-----------------|----------------|
| Mutter in Jahren | insgesamt | ehelich | nicht ehelich | je 1000 Frauen |
| unter 15 | 52 | – | 52 | – |
| 15 | 253 | 1 | 252 | 0,6 |
| 16 | 797 | 14 | 783 | 2,0 |
| 17 | 1818 | 50 | 1768 | 4,7 |
| 18 | 3294 | 242 | 3052 | 8,5 |
| 19 | 5973 | 965 | 5008 | 14,6 |
| 20 | 9204 | 2324 | 6880 | 21,6 |

| Alter der Mutter in Jahren | Lebendgeborene 2012 | | Geburtenziffern | |
|----------------------------------|---------------------|---------|-----------------|----------------|
| | insgesamt | ehelich | nicht ehelich | je 1000 Frauen |
| 21 | 11.976 | 3755 | 8221 | 26,8 |
| 22 | 15.697 | 5711 | 9986 | 31,8 |
| 23 | 18.710 | 8105 | 10.605 | 37,9 |
| 24 | 23.363 | 11.814 | 11.549 | 45,7 |
| 25 | 27.678 | 14.974 | 12.704 | 55,1 |
| 26 | 33.059 | 19.372 | 13.687 | 66,3 |
| 27 | 36.334 | 22.670 | 13.664 | 74,8 |
| 28 | 40.723 | 26.925 | 13.798 | 83,9 |
| 29 | 44.226 | 30.360 | 13.866 | 90,1 |
| 30 | 49.427 | 34.848 | 14.579 | 98,0 |
| 31 | 50.623 | 36.744 | 13.879 | 100,3 |
| 32 | 49.793 | 36.418 | 13.375 | 97,8 |
| 33 | 45.069 | 33.654 | 11.415 | 93,0 |
| 34 | 41.191 | 30.775 | 10.416 | 86,1 |
| 35 | 36.655 | 27.427 | 9228 | 77,2 |
| 36 | 31.652 | 23.686 | 7966 | 67,6 |
| 37 | 25.248 | 18.920 | 6328 | 55,4 |
| 38 | 20.330 | 15.094 | 5236 | 43,8 |
| 39 | 15.758 | 11.655 | 4103 | 33,6 |
| 40 | 12.593 | 9099 | 3494 | 24,5 |
| 41 | 8901 | 6407 | 2494 | 15,7 |
| 42 | 5761 | 4012 | 1749 | 9,8 |
| 43 | 3473 | 2403 | 1070 | 5,5 |
| 44 | 1901 | 1314 | 587 | 2,9 |
| 45 u. älter | 2011 | 1423 | 588 | 0,5 |
| unter 45 | 671.532 | 439.738 | 231.794 | 1375,7 |
| insgesamt | 673.544 | 441.161 | 232.383 | 46,2 |

Tabelle 4.2.12 Durchschnittliches Heiratsalter nach dem bisherigen Familienstand der Ehepartner 1985–2012

| | Durchschnittliches Heiratsalter in Jahren | | | | | | | | |
|------|--|-------|----------------|-----------------|--|-------|----------------|-----------------|--|
| | Familienstand der Männer vor der Eheschließung | | | | Familienstand der Frauen vor der Eheschließung | | | | |
| Jahr | insge- samt | ledig | verwit- wet | geschie- den | insge- samt | ledig | verwit- wet | geschie- den | |
| 1985 | 29,8 | 26,6 | 56,9 | 38,9 | 26,7 | 24,1 | 48,3 | 35,6 | |
| 1990 | 31,1 | 27,9 | 56,9 | 40,5 | 28,2 | 25,5 | 47,3 | 37,1 | |
| 1995 | 33,2 | 29,7 | 59,3 | 43,0 | 30,3 | 27,3 | 48,9 | 39,3 | |
| 1999 | 34,7 | 31,0 | 60,7 | 44,1 | 31,7 | 28,3 | 50,2 | 40,4 | |
| 2000 | 35,0 | 31,2 | 60,8 | 44,4 | 31,9 | 28,4 | 50,2 | 40,8 | |
| 2005 | 36,5 | 32,6 | 61,3 | 45,8 | 33,3 | 29,6 | 50,9 | 42,4 | |
| 2010 | 37,3 | 33,2 | 62,6 | 48,0 | 34,1 | 30,3 | 52,9 | 44,7 | |
| 2012 | 37,7 | 33,5 | 63,3 | 48,9 | 34,6 | 30,7 | 53,9 | 45,6 | |

Statistisches Jahrbuch 2014: www.destatis.de**Tabelle 4.2.13 Frauen nach der Zahl der geborenen Kinder und nach dem Alter der Mütter bei der Geburt ihrer ehelich lebend geborenen Kinder in Deutschland**

| Anteil der Frauen ohne und mit Kindern nach Geburtsjahrgängen in % | | | | | |
|--|-----------------|----------|-------------|-------------|-------------------------|
| Geburts- Jahrgang | Keine Kinder | Ein Kind | Zwei Kinder | Drei Kinder | Vier Kinder und mehr |
| 1988–92 | 92 | 80 | 17 | – | – |
| 1983–87 | 72 | 64 | 29 | 6 | 2 |
| 1978–82 | 46 | 49 | 39 | 10 | 3 |
| 1973–77 | 28 | 36 | 46 | 13 | 5 |
| 1968–72 | 22 | 32 | 47 | 15 | 6 |
| 1963–67 | 20 | 31 | 48 | 15 | 6 |

Anteil der Frauen ohne und mit Kindern nach Geburtsjahrgängen in %

| Geburts-Jahrgang | Keine Kinder | Ein Kind | Zwei Kinder | Drei Kinder | Vier Kinder und mehr |
|------------------|--------------|----------|-------------|-------------|----------------------|
| 1958–62 | 18 | 29 | 49 | 16 | 6 |
| 1953–61 | 16 | 30 | 48 | 15 | 6 |
| 1948–52 | 14 | 32 | 47 | 16 | 6 |
| 1943–47 | 12 | 30 | 46 | 17 | 7 |
| 1937–42 | 11 | 26 | 42 | 20 | 12 |

Statistisches Jahrbuch 2014: www.destatis.de

Literatur

- AIDS-Zentrum des Bundesgesundheitsamts (1993). AIDS-Nachrichten aus Forschung und Wissenschaft, 4/93.
- Alexandrov, L.B., Nik-Zainal, S., Wedge, D.C., Aparicio, S.A., Behjati, S., Biankin, A.V., Bignell, G.R., Bolli, N., Borg, A., Børresen-Dale, A.L, et al. (2013). Signatures of mutational processes in human cancer. *Nature* 500, 415–421.
- Allolio, B. & Schulte, H. (2010). Praktische Endokrinologie. Heidelberg: Urban und Fischer/Elsevier.
- Altman, P.L. & Dittmer, D.S. (Hrsg.). (1972–1974). Biology Data Book (Bd.I-III, 2. Aufl.). Bethesda: Federation of America Societies for Experimental Biology.
- Bachl, N., Löllgen, H., Tschan, H., Wackerhage, H., Wessner, B. (2015). Molekulare Sport- und Leistungsphysiologie. Molekulare, zellbiologische und genetische Aspekte der körperlichen Leistungsfähigkeit. Heidelberg: Springer.
- Balasubramanian, S. et al. (2011). Gene inactivation and its implications for annotation in the era of personal genomics. *Genes & Development*, 25, 1–10.
- Banchereau, J., Steinman, R.M. (1998). Dendritic cells and the control of immunity. *Nature* 392(6673), 245–252.
- Barmer GEK (2012). Gesundheitsreport 2012. Wuppertal: Barmer GEK.
- Behrends, J., Bischofsberger, J., Deutzmann, R. et al. (2012). Duale Reihe: Physiologie (2. Aufl.). Stuttgart: Thieme Verlag.
- Berger, L. et al. (2010). *Australopithecus sediba*. A New Species of Homo-Like Australopith from South Africa. *Science*, 328(5975), 195–204.
- Bersell, K., Arab, S., Haring, B., Kühn, B. (2009). Neuregulin1/ErbB4 Signaling Induces Cardiomyocyte Proliferation and Repair of Heart Injury. In: *Cell*, 138(2), 257–270.
- Biesalski, H., Bischoff, S., Puchstein, C. (2010). Ernährungsmedizin: Nach dem Curriculum Ernährungsmedizin der Bundesärztekammer und der DGE (4. Aufl.). Stuttgart: Thieme Verlag.
- Bundesgesundheitsblatt (2013). Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland – Ergebnisse der 1. Erhebungswelle. *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz*, 5/6(56).
- Bundesgesundheitsministerium (2013) Daten des Gesundheitswesens. Berlin: BGM.
- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2013). Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag.

- Bundesministerium für Gesundheit und soziale Sicherung (2005). Statistisches Taschenbuch Gesundheit. Berlin: BMGS.
- Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung (2012). Die Drogenaffinität Jugendlicher in der Bundesrepublik Deutschland 2011. Verbreitung des Alkoholkonsums bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen. Köln: BZgA.
- Bundschuh, G., Schneeweiss, B. & Bräuer, H. (1992). Lexikon der Immunologie (2. Aufl.). München: Medical Service.
- Campbell, N.A. (2009). Biologie (8. Aufl.). Heidelberg: Pearson Verlag.
- Campenhausen, C.v. (1993). Die Sinne des Menschen. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Classen, M., Diehl, V., & Kochsiek, K. (2003). Innere Medizin (5. Aufl.). München: Urban + Fischer Verlag.
- Crews, F. T. & Nixon, K. (2009). Mechanisms of Neurodegeneration and Regeneration in Alcoholism. In: Alcohol and Alcoholism (2009) 44 (2), 115–127.
- Daten des Gesundheitswesens (1999). Sonderheft 2 – Schwerpunkttheft zum Bundesgesundheitssurvey 1998. 61. Jhg.
- Destatis (2011). Wirtschaftsrechnungen – Einkommens- und Verbrauchsstichprobe, Aufwendungen für Nahrungsmittel, Getränke und Tabakwaren. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- DGE (Deutsche Gesellschaft für Ernährung) (2015). D-A-CH Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. Bonn: Umschau.
- Dickerson, R.E. & Geis, I. (1971). Struktur und Funktion der Proteine. Weinheim: Verlag Chemie.
- Diem, K. & Lentner, C. (1977). Wissenschaftliche Tabellen. Documenta Geigy, Basel.
- Drogen- und Suchtbericht (2014). www.drogenbeauftragte.de [07.07.2015].
- Elmafda, I., Aign, W. Muskat, E. & Fritzsche, D. (2014). Die große GU Nährwert-Kalorien-Tabelle. München: GU.
- Eurobarometer (2006). Gesundheit und Ernährung. Europäische Kommission, http://ec.europa.eu/health/ph_publication/eb_food_de.pdf [23.11.2014].
- European Centre for Disease Prevention and Control/WHO Regional Office for Europe (2009,2011,2013). HIV/AIDS surveillance in Europe 2008/2010/2012. Stockholm: European Centre for Disease Prevention and Control.
- European Food Safety Authority (2011). Concise Database summary statistics – Total population., <http://www.efsa.europa.eu/en/datexfoodcldb/datexfooddb.htm> [23.11.2014].
- Faller, A. & Schünke, M. (2012). Der Körper des Menschen (16. Aufl.). Stuttgart. Georg Thieme Verlag.
- Finch, C.E. (1990). Longevity, Senescence and the Genome. Chicago, London.
- Fink, G., Levine, J., Pfaff, D. (2011). Handbook of Neuroendocrinology. London: Elsevier Verlag.
- Fire, A., Xu, S.Q., Montgomery, M. K., Kostas, S. A., Driver, S. E., Mello, C. C. (1998). "Potent and specific genetic interference by double-stranded RNA in *Caenorhabditis elegans*". *Nature* 391 (6669): 806–811.
- Fletcher, D.A. Mullins, D. (2010). "Cell mechanics and the cytoskeleton". *Nature* 463 (7280), 485–92.
- Flindt, R. (2003). Biologie in Zahlen (6. Aufl.). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.

- Flügel, B., Greil, H. & Sommer, K. (1986). Anthropologischer Atlas. Berlin: Tribüne Verlag.
- Focus-Magazin (1995). Heft 38. München.
- Francois, J. & Hollwich, F. (1977). Augenheilkunde in Klinik und Praxis. Stuttgart: Thieme Verlag.
- Frisén, J. et al. (2013). Dynamics of Hippocampal Neurogenesis in Adult Humans. In: *Cell*, 153.
- Garneau, N., Nuessle, T., Sloan, M., Santorico, S., Coughlin, B., Hayes, J. (2014). Crowdsourcing taste research: genetic and phenotypic predictors of bitter taste perception as a model. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 8, 1–8.
- Gauer, O.H., Kramer, K. & Jung, R. (Hrsg.).(1972). Physiologie des Menschen (11.Band). München: Urban und Schwarzenberg.
- GEO kompakt: Der Mensch und seine Gene (7/2006). Hamburg: Gruner + Jahr.
- GEO kompakt: Die Evolution des Menschen (4/2005). Hamburg: Gruner + Jahr.
- Gerok, W., Huber, Ch., Meinertz, M., Zeitler, H. (2007). Die Innere Medizin: Referenzwerk für den Facharzt (11. Aufl.). Stuttgart: Schattauer Verlag.
- Gessner, F. (1965). Handbuch der Biologie. Konstanz: Athenaion.
- Gorman, D., Drewry, A., Huang, YL., Sames, C. (2003). The clinical toxicology of carbon monoxide. *Toxicology*, 187(1), 25–38.
- Görne, T. (2011). Tontechnik: Schwingungen und Wellen, Hören, Schallwandler, [...] (5. Aufl.). München: Carl Hanser Verlag.
- Gotthard, W. (1993). Hormone - Chemische Botenstoffe. Stuttgart: Fischer Verlag.
- Gregory, S. et al. (2006). The DNA sequence and biological annotation of human chromosome 1. *Nature* 441, 315–321.
- Hautmann, R. & Huland, H. (2006). Urologie (3. Aufl.). Berlin: Springer Verlag.
- HBSC-Team Deutschland (2011). Studie Health Behaviour in School-aged Children – Faktenblatt „Rauchverhalten von Kindern und Jugendlichen“. Bielefeld: WHO Collaborating.
- HBSC-Team Deutschland (2012). Studie Health Behaviour in School-aged Children – Faktenblatt „Alkoholkonsum von Kindern und Jugendlichen“. Bielefeld: WHO Collaborating.
- Heidermanns, C. (1957). Grundzüge der Tierphysiologie (2. Aufl.). Stuttgart: Fischer Verlag.
- Henke, W. & Roth, H. (1994). Paläoanthropologie. Berlin: Springer Verlag.
- Heseker, H. & Heseker, B. (2013). Nährstoffe in Lebensmitteln. Sulzbach i.T.: Umschau Zeitschriftenverlag.
- Heseker, H. & Heseker, B. (2014). Die Nährwerttabelle. Neustadt a. d. W.: Neuer Umschau Buchverlag.
- Hick, C. & Hick, A. (2006). Intensivkurs Physiologie (5. Aufl.). Heidelberg: Urban und Fischer/ Elsevier Verlag.
- Hirsch-Kauffmann, M. & Schweiger, M. (2004). Biologie für Mediziner und Naturwissenschaftler (5. Aufl.). Stuttgart: Thieme Verlag.
- Hoffmann, C. & Rockstroh, J. (2014). HIV 2014/2015. Hamburg: Medizin Fokus Verlag.
- Holtmeier, H.J. (1986). Diät bei Übergewicht und gesunde Ernährung. Stuttgart: Thieme Verlag.
- Hublin, J. (2009). The origin of Neandertals. *PNAS*, 106(38), 16022–16027.

- Hurrelmann, K. & Laaser, U. (1993). Gesundheitswissenschaften. Ein Lehrbuch für Lehre, For- schung und Praxis. Weinheim: Beltz Verlag.
- Hurrelmann, K., Klocke A., Melzer W., & Ravens-Sieberer U. (2003). Jugendgesundheitssurvey. Weinheim: Beltz Juventa Verlag.
- Immuno (1984, 1995). Endemie-Atlas FSME. Heidelberg: Immuno.
- Jahrbuch Sucht 2014. Deutsche Hauptstelle für Suchtfragen e. V. Geesthacht: Neuland Verlag.
- Johanson, D. & Edgar, B. (2006). Lucy und ihre Kinder (2. Aufl.). München: Spektrum Akademischer Verlag.
- Junqueira, L.C., Carneiro, J. & Gratzl, M. (Hrsg.), (2004). Histologie (6. Aufl.). Berlin: Springer Verlag.
- Kaboth, W. & Begemann, H. (1977). Blut (2. Aufl.). In H.O. Gauer, K. Kramer u. R. Jung (Hrsg): Physiologie des Menschen (Bd. 5). München: Urban und Schwarenberg Verlag.
- Karam, J. (2009). Apoptosis in Carcinogenesis and Chemotherapy. Netherlands: Springer.
- Kattmann, U. & Strauß, W. (1980). Naturvölker in biologischer und ethnologischer Sicht. Unterricht Biologie, 4 (44), 2–12.
- Keidel, W. (1985). Kurzgefaßtes Lehrbuch der Physiologie. Stuttgart: Thieme Verlag.
- Kleiber, M. (1967). Der Energiehaushalt von Mensch und Haustier. Hamburg: Parey Verlag.
- Kleine, B. & Rossmannith, W. (2014). Hormone und Hormonsystem. Lehrbuch der Endokrinologie. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Kleinig, H. u. Sitte, P. (1999). Zellbiologie. Ein Lehrbuch (3. Aufl.). Stuttgart: Urban und Fischer Verlag.
- Klima, J. (1967). Cytologie. Stuttgart: Fischer Verlag.
- Klimt, F. (1992). Sportmedizin im Kindes- und Jugendalter. Stuttgart: Thieme Verlag.
- Klingmann, C. & Tetzlaff, K. (2012). Moderne Tauchmedizin: Handbuch für Tauchlehrer, Taucher und Ärzte (2. Aufl.). Stuttgart: AW Gentner Verlag.
- Knußmann, R. (1996). Vergleichende Biologie des Menschen (2. Aufl.). Stuttgart: Spektrum Akademischer Verlag.
- Koletzko, B. (2003). Kinderheilkunde und Jugendmedizin (12. Aufl.). Heidelberg: Springer Verlag.
- Kraus, L., Pabst, A., Gomes de Matos, E. & Piontek, D. (2014). Kurzbericht Epidemiologischer Suchtsurvey. Tabellenband: Trends der Prävalenz des Konsums illegaler Drogen nach Alter 1980–2012. <http://www.ift.de/index.php?id=410>.
- Krause, J. et al. (2010). The complete mitochondrial DNA genome of an unknown hominin from southern Siberia. *Nature*, 464(7290), 894–897.
- Kruse-Jarres, J. D. (1993). Charts der Labordiagnostik. Stuttgart: Thieme Verlag.
- Kurth, B.-M., Schaffrath Rosario, A. (2007). Die Verbreitung von Übergewicht und Adipositas bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland. *Bundesgesundheitsbl - Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz*, 50(5/6), 736–743.
- Kuzawa, C., Chugani, H., Grossman, L., Lipovich, L., Muzik, O., Hof, P., Wildman, D., Sherwood, C., Leonard, W., Lange, N. (2014). Metabolic costs and evolutionary implications of human brain development. *PNAS*, 111(36), 13010–13015.

- L'age-Stehr, J., Kunze, R., Koch, M.A. (1983). AIDS in West Germany. *The Lancet*, Volume 322, Issue 8363, 1370–1371.
- Lampert, T., Lippe, v.d.E. & Müters, S. (2013). Verbreitung des Rauchens in der Erwachsenenbevölkerung in Deutschland. *Bundesgesundheitsbl -Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz*, 56(5/6), 802–808.
- Lentze, M., Schaub, J. & Schulte, M. (2003). *Pädiatrie: Grundlagen und Praxis*. Heidelberg: Springer Verlag.
- Leonhardt, H. (1990). *Histologie, Zytologie und Mikroanatomie des Menschen*. Stuttgart: Thieme Verlag.
- Leydhecker, W. (1985). *Augenheilkunde* (22. Aufl.). Berlin: Springer Verlag.
- Löffler, G. & Petriges, A. (1997). *Biochemie und Pathobiochemie* (5. Aufl.). Berlin: Springer Verlag.
- Löser, H. (1995). *Alkoholembryopathie und Alkoholeffekte*. Stuttgart: Fischer Verlag.
- Löwer, J. (2001). BSE, vCJK, MKS und kein Ende in Sicht ... *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz*, 44, 419–420.
- Mahlberg R., Gilles, A., Läsch, A. (2004). *Hämatologie: Theorie und Praxis für medizinische Assistentzberufe* (2. Aufl.). Weinheim: Wiley-VCH Verlag.
- Martinek, V. (2003). Anatomie und Pathophysiologie des hyalinen Knorpels. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 54(6), 166–170.
- May M., Sterne J. et al. (2006). HIV treatment response and prognosis in Europe and North America in the first decade of highly active antiretroviral therapy: a collaborative analysis. *Lancet*, 368(9534), 451–458.
- McCutcheon, M. (1991). *Der Kompaß in der Nase und andere erstaunliche Fakten über uns Menschen*. Hamburg: Kabel Verlag.
- Metz, J. (2001). Makroskopie, Histologie und Zellbiologie des Gelenkknorpels, In C. Erggelet & M. Steinwachs (Ed), *Gelenkknorpeldefekte* (S. 3–14). Darmstadt: Steinkopff Verlag.
- Meyers Handbuch über Menschen, Tiere und Pflanzen (1964). Mannheim: Bibliographisches Institut.
- Mitchell, H.H., Hamilton, T.S., Steggerda, F.R. & Bean, H. W. (1945). Chemical Composition of the Adult Human Body and its Bearing on the Biochemistry of Growth. *J. Biol. Chem.* 158, 625–637.
- Mörike, K., Betz, E. & Mergenthaler, M. (2007). *Biologie des Menschen* (15. Aufl.) Heidelberg: Nikol Verlag.
- Morimoto, T. (1978). Variations of Sweating Activity due to Sex, Age and Race. In Jarret, A. (Ed.). *The Physiology and Pathophysiology of the Skin* (Vol. 5). New York.: Academic Press.
- Nawroth, P. & Ziegler, R. (2001). *Klinische Endokrinologie und Stoffwechsel*. Berlin: Springer Verlag.
- Oppenheimer, C. & Pincussen, L. (1925–1927). *Tabulae biologicae* (Bd. IV). Berlin: Junk Verlag.
- Pabst, A., Kraus, L., Gomes de Matos, E. & Piontek, D. (2013). Substanzkonsum und sub stanzbezogene Störungen in Deutschland im Jahr 2012. *Sucht*, 59(6), 321–331.
- Perry, R., Zhang, X., Zhang, D., Kumashiro, N., Camporez, J., Cline, G., Rothman, D. & Shulman, G. (2014). Leptin reverses diabetes by suppression of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis. *Nature Medicine* 20, 759–763.
- Pertel, T., Hausmann, S., et al. (2011). TRIM5 is an innate immune sensor for the retrovirus capsid lattice *Nature*, 472, 361–365.

- Pitts, R.F. (1972). Physiologie der Nieren und der Körperflüssigkeiten. Stuttgart: Schattauer Verlag.
- Plenert, A., Heine, W. (1967). Normalwerte, Untersuchungsergebnisse beim gesunden Menschen unter besonderer Berücksichtigung des Kindesalters. Berlin: Verlag Volk und Gesundheit.
- Plenert, A., Heine, W. (1984). Normalwerte: Untersuchungsergebnisse beim gesunden Menschen unter besonderer Berücksichtigung des Kindesalters (1984). Freiburg: Karger Verlag.
- Podbregar, N. & Lohmann, D. (2013). Im Fokus: Genetik. Dem Bauplan des Lebens auf der Spur. Naturwissenschaften im Fokus. Berlin: Springer Verlag.
- Polizeiliche Kriminalstatistik – PKS (2013). Jahrbuch 2013. Wiesbaden: BKA.
- Population Reference Bureau (2005). 2005 World Population Sata Sheet. www.prb.org/pdf05/05WorldDataSheet_Eng.pdf
- Portmann, A. (1959). Einführung in die vergleichende Morphologie der Wirbeltiere. Stuttgart: Schwabe Verlag.
- Pray, L. (2008). DNA replication and causes of mutation. *Nature Education* 1(1), 214.
- Prommer, N., Sottas, P.E., Schoch, C., Schuhmacher, Y.O., Schmidt, W. (2008). Total hemoglobin mass – a new parameter to detect blood doping. *Med Sci Sport Exerc.* 40, 2112–2118.
- Pschyrembel, W. (2014). Pschyrembel Klinisches Wörterbuch (266. Aufl.). Berlin: de Gruyter Verlag.
- Rahman, H. (1994). Hirnganglioside und Gedächtnisbildung. *Naturwissenschaften* 81, 7–20, Springer Verlag.
- Rahman, H. & Rahmann, M. (1992). The Neurobiological Basis of Memory and Behavior. New York.
- Rink, L., Kruse, A., Haase, H. (2012). Immunologie für Einsteiger. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Robert-Koch-Institut (2013a). Krebs in Deutschland 2009/10. Berlin: RKI.
- Robert-Koch-Institut (2013b). Referenzperzentile für anthropometrische Maßzahlen und Blutdruck aus der Studie zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland (KiGGS). Berlin: RKI.
- Robert-Koch-Institut (2014). Schätzung der Prävalenz und Inzidenz von HIV-Infektionen in Deutschland. *Epidemiologisches Bulletin*, 44, 429–440.
- Roberts, A. (2011). Evolution. The Human Story. London: Dorling Kindersley.
- Rucker, E. (1967). Der menschliche Körper in Zahlen. München: Pfeiffer Verlag.
- Sajonski, H. & Smollich, A. (1990). Zelle und Gewebe. Eine Einführung für Mediziner und Naturwissenschaftler (7. Aufl.). Leipzig: Hirzel Verlag.
- Scally, A. & Durbin, R. (2012). Revising the human mutation rate: implications for understanding human evolution. *Nature Reviews Genetics*, 13, 745–753.
- Schenck, M. & Kolb, E. (1990). Grundriss der physiologischen Chemie (8. Aufl.). Jena: Fischer Verlag.
- Schiebler, T.H. (2005). Anatomie. Berlin: Springer Verlag.
- Schiebler, T.H., Schmidt, W. & Zilles, K. (Hrsg.) (2005). Anatomie: Histologie, Entwicklungs geschichte, makroskopische und mikroskopische Anatomie, Topographie (9. Aufl.). Berlin: Springer Verlag.
- Schmidt, R., Lang, F. & Heckmann, G. (2010). Physiologie des Menschen mit Pathophysiologie (31. Aufl.). Heidelberg: Springer Verlag.

- Schmidt, R., Schaible, H-G. (2005). Neuro- und Sinnesphysiologie (5. Aufl.). Heidelberg: Springer Verlag.
- Schmidt, R.F. & Thews, G. (Hrsg.) (1995). Physiologie des Menschen (26. Aufl.). Berlin: Springer Verlag.
- Schmidt, W., Prommer, N. (2008). Effects of various training modalities on blood volume. *Scan J Med Sci Sports* 18, Issue Supplement s1, 57–69.
- Schneider, M. (1971). Einführung in die Physiologie des Menschen. Berlin: Springer Verlag.
- Shackelford, T., Pound, N. (2006). Sperm Competition in Humans: Classic and Contemporary Readings. New York: Springer Verlag.
- Shield, K. D. et al. (2008): Global and country specific adult per capita consumption of alcohol. *Sucht*, 57(2), 99–117.
- Silbernagl, S. (2012). Taschenatlas der Physiologie (8. Aufl.). Stuttgart: Thieme Verlag.
- Slijper, J.E. (1967). Riesen und Zwerge im Tierreich. Hamburg: Parey Verlag.
- Spector, W.S. (1956). Handbook of Biological Data. Philadelphia: Saunders.
- Statistisches Jahrbuch (1999). Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- Statistisches Jahrbuch (2005, 2014). Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- Statistisches Jahrbuch für das Ausland (1999). Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- Statistisches Taschenbuch Gesundheit (1994). Bonn: Bundesministerium für Gesundheit.
- Steitz, E. (1993). Die Evolution des Menschen (3. Aufl.). Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung.
- Stüttgen, G. (1965). Die normale und die pathologische Physiologie der Haut. Stuttgart: Fischer Verlag.
- Süss, J. (1995). Durch Zecken übertragbare Krankheiten: FSME und Lyme-Borreliose. Berlin: Weller Verlag.
- Tariverdian, G. & Buselmaier, W. (2004). Humangenetik.. Heidelberg: Springer Verlag.
- Thefeld, W. (2000). Verbreitung der Herz-Kreislauf-Risikofaktoren Hypercholesterinämie, Übergewicht, Hypertonie und Rauchen in der Bevölkerung. *Bundesgesundheitsbl -Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz*, 43(6), 415–423.
- Thews, G., Mutschler, E. & Vaupel, P. (1999). Anatomie, Physiologie, Pathophysiologie des Menschen (5. Aufl.). Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft.
- Thomas, C. (2006). Histopathologie. Stuttgart: Schattauer.
- Thompson, R.F. (1992). Das Gehirn. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Tortora, G., Derrickson, B. (2006). Anatomie und Physiologie (1. Aufl.). Weinheim: Wiley-VCH.
- Villinger, B. (1991). Ausdauer. Stuttgart: Thieme Verlag.
- Vogel, G. & Angermann, H. (1984). DTV-Atlas zur Biologie. München: DTV Verlag.
- Voss, H. & Herrlinger, R. (1985). Taschenbuch der Anatomie (Bd. 1, 18 .Aufl.). Stuttgart: Fischer Verlag.
- Weineck, J. (2009a). Optimales Training (16. Aufl.). Balingen: Spitta Verlag.
- Weineck, J. (2009b). Sportbiologie (10. Aufl.). Balingen: Spitta Verlag.

- Weiner, J.S. (1971). Entstehungsgeschichte des Menschen. Die Enzyklopädie der Natur (Bd. 19). Lausanne: Ed. Recontre.
- Welte, R., König, H., Leidl, R. (2000). The costs of health damage and productivity losses attributable to cigarette smoking in Germany. In: European Journal of Public Health, 10(1), 31–38.
- WHO (2010). WHO laboratory manual for the Examination and processing of human semen. Geneva: WHO.
- WHO (2014). Global status on alcohol and health. Genf: WHO.
- Wieser, W. (1986). Bioenergetik. Stuttgart: Thieme Verlag.
- Wiesmann, E. (1987). Medizinische Mikrobiologie. Stuttgart: Thieme Verlag.
- Wirth, A. (2008). Adipositas: Ätiologie, Folgekrankheiten, Diagnose, Therapie. Heidelberg: Springer Medizin.
- Yi, P., Park, J., Melton, D. (2013). Betatrophin: A hormone that Controls Pancreatic β Cell Proliferation. Cell, 153(4), 747–758.

Stichwortverzeichnis

A

AB0-Systems, 129
abbildende System, 185
Abduktion, 52, 53
Abhängigkeit, 349, 354, 358
Abhangigkeitsdiagnose, 332
Absorptionsbereich, 184
Abstinenz, 241, 331
ACTH, 217, 225, 226, 228, 229
Adaptionszeiten, 180
Adduktion, 52, 53
Adenohypophyse, 224, 225, 226
Adenosintriphosphat, 36, 37
Aderhaut, 180
Aderlasses, 55
ADH, 225, 227, 229
Adipositas, 283, 287
Adrenalin, 218, 229, 232, 233
Adrenokortikotropes Hormon, 217
Affnitt, 114
After, 125
Aids, 359
AIDS-Fälle, 361, 362, 363, 366, 373
Akkommodation, 185
Akkommodationsbreite, 187
Akkommodationsruhe, 185
Akromegalie, 226, 227
Akrosoms, 238
Aktin, 35, 36, 40, 41
Aktionspotential, 200
Aktionspotentialdauer, 84
Aktionspotentials, 36, 40, 41, 83, 84, 201, 205
Aktivitatzustand, 211
Albumin, 66, 70, 76, 139
Aldosteron, 218, 219, 229, 232
Aldosteronproduktion, 219

Alkohol, 331, 332, 333, 334, 336, 338, 341, 342, 344, 349, 353
Alkoholabhängigen, 332
Alkoholabhängigkeit, 332
Alkoholeinfluss, 332, 344
Alkoholeliminationsrate, 333
Alkoholembryopathie, 334
Alkoholgehalt, 341, 342
Alkoholgenuss, 335
Alkoholintoxikation, 333
Alkoholische Getränke, 304, 306, 313
Alkoholkonsum, 331, 332, 334, 336, 337, 342
Alkoholkonsums, 336
Alkoholkrankheit, 334
Alkoholmissbrauch, 332
Alkoholsyndrom, 334
Alkoholunfällen, 345
Alkoholvergiftung, 332
Allele, 260
Altenquotient, 442, 443, 444
Alter, 283, 285, 288, 289, 290, 291, 292, 293
Altersdiabetes, 221, 222
Altersgruppen, 373, 375, 397, 442, 443, 449
Altersweitsichtigkeit, 185
alveokapillre Membran, 108
Alveoläres Luftgemisch, 110
Amboss, 190
Aminogruppe, 121
Aminosäuren, 4, 6, 10, 14, 25, 30, 121, 122, 125, 214, 216, 217, 220, 221
Amphetamin, 349, 350, 353
Amphetamine, 350
Amylase, 129
Anämie, 58
Anatomie, 130, 137, 140, 142, 143
Androgen, 218

- Androgene, 217
 Androstendion, 229
 Angina Pectoris, 79, 85
 Anteversion, 52, 53
 antidiuretisches Hormon, 225
 Antikörper, 63, 71
 antiretroviralen Medikamenten, 361
 Aorta, 78, 82, 85, 86, 88, 89, 90, 99, 100
 Aortenklappe, 85
 Arbeit, 33, 37, 39, 81, 82, 85, 86
 Arbeitsleistung, 81
 Arbeitsumsatz, 115
 Arbeitsunfähigkeit, 332
 Aristoteles, 2
 Armspannweite, 54
 arteriell, 69
 Arterien, 78, 87, 89, 91, 92, 99, 210
 Arteriolen, 89, 90
 arteriosklerotische Plaques, 85
 Arterio-venöse Konzentrationsdifferenz, 86
 Arzneimittel, 354, 355, 356, 357
 Aschegehalt, 145
 Asien, 362, 363, 395
 Atembedingungen, 112, 113
 Atemfrequenz, 104
 Atemgase, 108, 110, 111
 Atemgift, 114
 Atemgrenzwert, 101, 106
 Atemluft, 101, 109, 112
 Atemminutenvolumen, 104, 106
 Atemmuskulatur, 112
 Atemwegsystems, 104
 Atemzug, 37
 Atemzugvolumen, 104, 106
 Äthylalkohol, 331
 Atmung, 101, 105, 113
 ATP, 36, 37, 38, 41, 277
 ATPase, 277
 ATP-Bildung, 101
 Atrioventrikularknoten, 86
 Auffaltungen, 141
 Auffaltungshöhe, 141
 Auflösungsvermögen, 5, 187
 Aufmerksamkeit, 224
 Augapfel, 180, 181
 Augapfels, 181, 186
 Auge, 179, 180, 186, 187
 Augenbewegungen, 187
 Augenfarben, 188, 189
 Augenhaut, 180, 181, 182, 183
 Augenhäuten, 180
 Augenhöhle, 179, 181
 Augeninnendruck, 187
 Augeninnendrucks, 186
 Augenlidschlages, 180
 Augenmuskel, 35, 42
 Augenmuskeln, 32, 181
 Auges, 179, 180, 185, 186, 187
 Ausatmung, 102, 103, 105, 106, 107
 Ausbreitungsgeschwindigkeit, 41
 Ausdauerbelastung, 37, 38
 Ausführgang, 137
 Ausscheidung, 135, 136, 143, 146
 Außenrotation, 52, 53
 Ausstülpungen, 141
 Austauschfläche, 88, 95
 Austreibungsphase, 257
 Auswurfleistung, 77
 Auswurfphase, 83
 Auswurfvolumen, 77
 Automatiezentren, 86, 87
 Automatiezentrum, 87
 autosomal, 259, 261
 Avery, 4, 30
 AV-Fasern, 87
 AV-Knoten, 86
 AV-Knotenfrequenz, 87
 Axon, 200, 202
 Axone, 200, 202, 203, 204
 Axonhügel, 200
 Axonmembran, 201
 Axoplasmas, 200, 201
 A-Zellen, 138, 218, 220
- B**
 Backenzahn, 127
 Backenzähne, 127
 Bakterien, 120, 122, 124, 140, 142, 144, 145
 Bakterienanteil, 145
 Bakterienarten, 142
 Bakterium, 30
 Balken, 198, 203, 204
 Balkenstruktur, 44
 Ballaststoff, 296
 Bandscheibe, 272
 Basen, 4, 19, 25, 30, 31
 Basenpaare, 16, 19, 21, 23, 27, 28, 29, 30

- Basilarmembran, 191
Bauchfell, 235
Bauchschmerzen, 219
Bauchspeicheldrüse, 122, 124, 137, 138, 220, 233, 273, 274, 374, 375, 378, 384
Bauchspeicheldrüsensekret, 279
Bauchspeicheldrüsensekrets, 138, 139
Becken, 46, 47
Befruchtung, 236, 244, 245, 249, 250, 251, 252, 253, 256
Befruchtungsfähigkeit, 236, 238
Belegzellen, 131, 132
Benzodiazepin, 354, 358
Benzoylglycin, 155
Berg, 30
Beruf, 119
Beschleunigungsarbeit, 81
Betreuungsquote, 439
Beugung, 51, 52, 53, 54
Bevölkerung, 437, 439, 440, 441, 442, 443, 444, 445, 447, 448, 449
Bevölkerungsdichte, 433, 439, 440
Bevölkerungsentwicklung, 428, 439, 440
Bevölkerungsgruppe, 374
Bevölkerungszahl, 430
Bewegungsapparat, 201
Bewegungsausmaß, 53
Bewegungsimpulse, 203
Bewegungsweisen, 118
Bewegungswinkel, 51, 53
Bewusstlosigkeit, 114, 198, 207
Bewusstseinseinschränkung, 114
Bewusstseinsschwund, 114
Bier, 331, 338, 341, 342
Bifurkationswinkel, 103
Bikarbonat, 68, 277, 278
Bikarbonatkonzentration, 139
Bilirubin, 135, 136
Bindegewebe, 43, 50, 56, 57
Bindegewebszellen, 50
Binde- und Stützgewebe, 32
biologische Wertigkeit, 122
Biologische Wertigkeit, 122, 123
bit, 208
Bläschendrüsen, 240
Blasengalle, 135, 136
Blasensprung, 257
Blastogenese, 253
Blinddarm, 133, 142
Blinde Fleck, 183
Blinden Flecks, 184
Blut, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 66, 67, 68, 69, 71, 72, 75, 77, 78, 80, 81, 83, 86, 87, 88, 90, 92, 94, 95, 96, 98, 100, 146, 148, 149, 272, 273, 275, 279
Blutalkoholgehalt, 333
Blutalkoholwert, 344
Blutarmut, 58
Blutbildung, 56, 57, 58
Blutdruck, 82, 87, 90, 98, 100
Blutdruckniedrigung, 99
Blutdruckmessung, 90
Blutdruckregulation, 40
Blutdruckwerte, 98, 99
Blutdurchfluss, 147, 151
Blutdurchsatz, 102, 103
Blutfluss, 80
Blutgasanalyse, 69
Blutgefäßen, 77, 88, 89
Blutgefäßsystem, 99
Blutgerinnung, 64, 65, 74
Blutglukose, 221
Blutgruppe, 71
Blutgruppen, 71, 74
Blutgruppenantigene, 71
Blutgruppensysteme, 71
Bluthochdruck, 219, 227, 228, 287
Blutkonserven, 366
Blutkörperchen, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 63, 64, 71, 88, 95, 97
Blutkörperchensenkungsgeschwindigkeit, 60
Blutkreislauf, 87, 88, 100, 101
Blut-Luft-Schranke, 108, 109
Blutmenge, 56, 77
Blutopfer, 55
Blutpfropf, 64
Blutplasma, 57, 58, 66, 70, 117, 118, 155, 160, 272, 278
Blutplasmas, 57, 58, 61, 66, 149, 150
Blutplättchen, 59, 64, 65
Blutsäule, 91, 98
Blutspenden, 56, 74
Bluttransfusionen, 74
Bluttransfusionsempfängern, 366
Blutverlust, 250
Blutverluste, 58
Blutverlustes, 56

- Blutversorgung, 88
 Blutvolumen, 56, 66, 77, 80, 92, 98, 103
 Blutzellen, 57, 58, 59
 Blutzellenflüssigkeit, 160
 Blutzucker, 220
 BMI, 256, 283, 285
 Body-Mass-Index, 283, 284, 285
 Borreliose, 398, 399
 Bowman-Kapsel, 149
 Boyer, 30
 Bram Stroker, 55
 Brechkraft, 181, 182, 185
 Brechungsindex, 183, 186
 Brennweite, 185, 187
 Brennweiten, 187
 Brennwert, 145
 Bronchioli, 104
 Bronchioli respiratorii, 104
 Bronchioli terminales, 104
 Brustdrüse, 374, 375, 378, 386
 Brustkorb, 47
 Brustkorbs, 101
 Brustwirbelsäule, 53, 54
 Bruttosozialprodukt, 433
 Bundesländer, 366, 375
 Bundesrepublik, 439, 440, 446, 447
 Bunsen'sche Löslichkeitskoeffizient, 67, 68
 Bürstensaum, 122
 B-Zellen, 138
- C**
 Ca²⁺, 136
 Ca-Einstrom, 36, 41
 Calcium, 290, 298
 Candela, 183
 Cannabis, 349, 353
 Cannabisprodukten, 353
 Carboxylgruppe, 121
 Centriolen, 3
 Cerebellum, 204
 Cervix, 246, 247, 257
 Chargaff, 4, 30
 Chlor, 271
 Chlorid, 128, 155, 156, 157, 277, 278, 290
 Chloridionenkonzentration, 133
 Chloridkonzentration, 139
 Cholesterin, 75, 125, 137, 275
 Cholesterinneugewinn, 123
- Cholesterolanteil, 136
 Chondrozyten, 50, 51
 Chorea Huntington, 30
 Chrom, 273
 Chromatin, 17, 18, 29
 Chromatins, 4
 Chromosom, 5, 20, 21, 22, 28, 31
 Chromosomen, 2, 4, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 27, 28, 29, 30, 238, 252, 259, 262
 Chromosomenaberrationen, 267
 Chromosomenanomalien, 267
 Chromosomeninstabilitätssyndrome, 261
 Chromosomenpaare, 259
 Chromosomensatz, 238
 Chronik, 360
 Chymotrypsin, 122
 Citrat, 155, 157
 Cl⁻-Anteil, 136
 Clitoris, 248
 CO, 109, 114
 CO₂, 57, 68, 69, 101, 109, 110, 111, 114, 115
 Cobalt, 273, 274
 Cochlea, 190
 CO-Häm-Bindung, 114
 CO-Hämoglobin, 114
 Cohen, 30
 Contraceptivaanwendung, 433
 Corpora cavernosa penis, 240
 Corticoliberin, 224
 Corticosteron, 229
 Corti-Organ, 191
 Cortisol, 218, 229, 232
 Cowper-Drüsen, 240, 242
 C-Peptid, 229
 Crack, 353
 Crick, 4, 19, 30
 Crystal Meth, 349
 Cushing-Syndrom, 228
 C-Zellen, 215, 216
- D**
 Dämmerungssehen, 184
 Darm, 122, 123, 124, 125, 133, 134, 136, 144, 145, 273, 274
 Darmbein, 46, 47, 48
 Darmepithels, 140
 Darmgasbildung, 145
 Darmgase, 145

- Darmgasvolumen, 120
Darmgewebe, 140
Darminhaltes, 120, 133, 140, 142
Darmlumen, 124, 141, 142, 146
Darmmukosa, 272
Darmschleimhaut, 122
Darmzellen, 122, 124, 141
Dauergebiss, 126, 127
Dauerkontraktion, 41, 42
Dauerlärm, 196
Dehydroepiandrosteron, 218, 229
Dendrit, 200, 201
Dendriten, 200, 204
Dentin, 128
Depolarisation, 191
Depotfette, 123
Dermis, 272
der quergestreiften Muskulatur, 40
Desquamationsphase, 249, 250
Dezibel, 192
Diabetes, 213, 221, 222, 223, 227, 283, 287
Diabetes mellitus, 221
diabetische Fußsyndrome, 222, 223
diabetische Makroangiopathie, 222, 223
Diagnosejahrgangs, 374, 377
Diagnosen, 364, 377
Diagnosestellung, 374, 376, 377
Diagnoseverfahren, 378
Diagnostika, 378
Dialyse, 146
Diaphyse, 48, 49
Diastole, 77, 81, 82, 83
diastolischen Wert, 90
Dichte, 58, 67
Dickdarm, 120, 122, 125, 133, 139, 142
Dickdarmmotorik, 142
Dickdarms, 142
Dickenwachstum, 34
Dick- und Mastdarm, 374, 375
Diffusion, 95, 96, 97, 104, 108
Diffusionskapazität, 108, 109
Diffusionswege, 95
Diffusionszeit, 109
Dihydrotestosteron, 229
Dioptrien, 181, 182, 185, 187
DNA, 2, 4, 6, 16, 17, 18, 19, 20, 23, 25, 26, 27, 30
Dopamin, 224, 229, 232
Doping, 59
Doppelhelix, 4, 6, 19
Doppelhelixstruktur, 19, 30
Down-Syndrom, 266, 267
Drillinge, 288
Drogen, 331, 349, 350, 352, 353, 354
Druckbelastbarkeit, 43, 51
Druckerhöhung, 102
Druckfestigkeit, 32
Druckpulswellengeschwindigkeit, 78
Druckverhältnisse, 81, 96
Druck-Volumen-Arbeit, 81
Drüse, 134
Drüsen, 144
Drüsenschläuche, 132
Drüsenzellen, 138
Ductuli efferentes, 239
Ductus arteriosus, 100, 101
Ductus cochlearis, 190
Ductus ejaculatorius, 239, 240
Ductus epididymidis, 239
Ductus venosus, 100, 101
Ductus deferens, 239
Dunkeladaption, 180, 183
Dünndarm, 120, 121, 122, 124, 133, 135, 136, 137, 139, 140, 141, 142
Dünndarmepithel, 120
Dünndarmlumen, 141
Dünndarmlumens, 141
Dünndarmmotorik, 140
Dünndarms, 120, 140, 141
Dünndarmsekretion, 140
Duodenum, 120, 122, 124, 131, 139, 140
Durchblutung, 38, 39, 42, 78, 85, 86, 88, 92, 93, 98, 100, 135, 140, 206, 207
Durchblutungsrate, 247
Durchbruchszeiten, 126, 127
Durchmischung, 132, 140, 142
- E**
Echokardiografie, 92
Eckzahn, 126, 127
Eckzähne, 127
Ecstasy, 350, 352, 353
EEG, 211
Ehelösungen, 438
Eheschließungen, 438, 447
Eierstock, 249
Eierstöcke, 244, 374, 375, 378

- Eierstöcken, 244
Eierstockes, 244
Eileiter, 244, 245, 246, 252, 253
Eileitern, 245
Eileiters, 244, 246
Einatmung, 102, 103, 105, 106
Eindickungsfaktor, 136
Einengung, 333
Einfachzucker, 120
Einfachzuckern, 120, 121
Einzeldiagnose, 375, 376
Eisen, 271, 273, 274, 290
Eisprung, 245, 249, 250, 252
Eiweiß, 122, 125
Eiweiße, 121, 122
Eiweißen, 122, 137
Eiweißmasse, 122
Eiweißstoffwechsel, 116
Eiweißvorräte, 122
Eizelle, 236, 244, 245, 246, 249, 251, 252
Eizellen, 2, 236, 244, 245, 259
Ejakulat, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 252
Ejakulats, 242
Ejektionsfraktion, 80
Elastische Fasern, 50
elektrische Erregungen, 179
elektrische Impulse, 179
elektrischen Impulse, 200
elektrische Signale, 183
Elektroenzephalogramm, 211
Elektrolyte, 75, 139, 276, 277
Elektrolytgehalt, 66
Elektronenmikro-, 4
Elektronenmikroskop, 4, 5
Elektronenmikroskopie, 3
Elevation, 53
Elle, 47, 48, 51, 52
Embryonalentwicklung, 126, 259
embryonales Bindegewebe, 56
Embryonalperiode, 253
Embryonalzeit, 235
Empfindlichkeit, 192
Empfindlichkeitsmaximum, 184
Emulgator, 135
Emulsionströpfchen, 124
Endbronchioli, 103
endokrinen Drüsen, 224
endokrinen Organe, 212
endokrinen Systems, 213
endokrines Organ, 214, 224
Endokrinologie, 76
Endolymphe, 191
Endometriumkarzinom, 287
Endoplasmatischen Retikulums, 2
Endothels, 64
Endothelzellschicht, 97
Energiebedarf, 288, 289
Energiebedarfes, 121, 122, 123
Energiebereitstellung, 37, 38
Energiebilanz, 224
Energiegehalt, 296, 303
Energiegewinnung, 123, 286
Energiequellen, 36, 37, 38
Energiespeicher, 37, 38
Energiestoffwechsel, 101
Energieumsatz, 116
Energieumsatzes, 116
Energieverbrauch, 117, 118
Energieverbrauchs, 116
Energievorrat, 117
Energievorräte, 117
Energiezufuhr, 121
Enthemmung, 333
Entleerungsfrequenz, 143
Entwicklungsalter, 257
Entwicklungsänder, 428, 432, 435
Entwicklungssteuerung, 235
Enzyme, 120, 122, 137, 139
Epidemie, 360, 361, 363, 389
Epidermis, 272
Epigenetik, 4
Epiphyse, 48, 49
Epiphysen, 43
Epiphysenfugen, 48
Epithelgewebe, 32, 219
Epithelkörperchen, 216, 217
Epithelkörperchens, 216, 217
Epithels, 188
Epithelschicht, 132
Erbanlagen, 259
Erbgut, 259
Erbguts, 30, 31
Erbleiden, 259, 260, 262
Erektion, 240
Erinnerungsvermögen, 333
Erkrankungen, 332, 354
Erkrankungsrisiko, 379, 380, 381, 382, 383, 384, 385, 386, 387, 388

- Ernährung, 186, 281, 289, 291, 292, 293, 309, 310, 312, 313
Ernährungsgewohnheiten, 281
Ernährungsverhalten, 281
Eröffnungsperiode, 257
Eröffnungsphase, 256
Erreger, 361, 389, 391, 392, 393, 395, 396, 398, 399
Erregung, 83, 86
Erregungsausbreitung, 86
Erregungsfrequenzen, 201
Erregungsleitung, 34, 86, 87, 199
Erregungsübertragung, 205
Erwachsene, 291, 292, 293
Erwerbslose, 438
Erwerbslosenquote, 438
Erwerbspersonen, 438
Erythrocyten, 32
Erythropoetin, 146, 229
Erythrozyten, 56, 58, 59, 60, 61, 62, 68, 88, 272
Erythrozytenzahl, 60
Essgewohnheiten, 281, 282
Essverhalten, 281
Ester, 123
Europa, 363, 366, 395
EU-Staaten, 336, 338, 339
Eustachische Röhre, 189
Exkreme, 143
Exons, 26, 30
Expirationenluft, 110
exspiratorische, 107
Extrazelluläre Flüssigkeit, 160
extrazellulärer Raum, 134
Extrazellulärmatrix, 50
extreme Gewichte, 54
Extreme Größen, 54
- F**
Fahruntüchtigkeit, 333
Fäkalien, 143
Familienstand, 449, 453
Farbblindheit, 32
Farbdifferenzierungsmöglichkeiten, 180, 184
Farbsehen, 184
Farbsehens, 180, 185
Farbsehstörung, 180
Farbtöne, 180, 184
Faserdurchmesser, 87, 199
Fassungsvermögen, 131, 140
Fehlbildungen, 260, 268, 334, 335
Fehlbildungsmuster, 334
Fehlgeburt, 257
Feinschnitt, 346, 347
Fernakkommodation, 185
fetalen Blut, 111
Fetalmonat, 235, 236, 244
Fetalperiode, 236, 253
Fett, 125, 135, 136, 137, 290, 296, 303, 304, 306
Fettanteil, 123
Fettaufnahme, 123, 136
Fettausscheidung, 123, 124
Fette, 123, 124, 136, 144, 286, 296, 306, 308, 309
Fetten, 37, 123, 124, 137, 286
Fettgewebe, 123, 269, 273
Fettleibigkeit, 283, 286
Fettresorption, 124
Fettsäure, 152
Fettsäuren, 37, 75, 123, 289
Fettpaltprodukte, 124
Fettverdauung, 123, 135
Fettzellen, 217
Fetus, 100, 247, 251, 253, 255, 256
Fibrinogen, 65, 66, 70
Fibroblasten, 50
Filament, 4
Filamente, 6, 10, 35, 36, 40
Filamentproteine, 36, 40
Filtration, 96
Filtrationsdruck, 96
Filtrationsfläche, 147, 149, 150
Fingerknochen, 47, 48
Fixationsperiode, 187
Fixationspunkt, 186
Fläche, 437, 439, 440, 441
Flemming, 4, 29
Fließgeschwindigkeit, 201
Fließgeschwindigkeiten, 200
Fließrate, 129, 132, 135
Flimmerepithel, 103
Flimmsverschmelzungsfrequenz, 184, 185
Fluor, 273, 274
Fluoreszenzmikroskopie, 4
Fluorid, 128
Flüssigkeitsbedarf, 158

- Flüssigkeitsbilanz, 124
Flüssigkeitsgehalt, 160
Flüssigkeitsskompartimenten, 278
Flüssigkeitsräume, 160
Flüssigkeitstransport, 142
Folgeschäden, 332, 334, 341
Follikel, 214, 245, 249
Follikelphase, 229, 230, 231, 232
Follikelreifung, 244
Follikelsprung, 244
Fontanellenschluss, 48, 49
Foramen ovale, 100, 101
Fortleitungsgeschwindigkeit, 36, 40
Fötus, 276
Fovea centralis, 183, 184
Franklin, 4, 19, 30
Freizeitumsatz, 115
Frequenz, 190, 191, 192, 193
Frequenzbereich, 193
Frequenzunterschiedsschwelle, 192
Fruchtbarkeit, 427
Fruchtbarkeitsrate, 430
Fruchtwasser, 279
Fruchtzucker, 120, 121
Früherkennung, 378
Frühgeborenen, 253, 257
Frühgeburt, 257
Fruktose, 120, 121
FSH, 225, 226, 230
FSME, 394, 398, 399, 400
FSME-Virus, 398
Füllmenge, 77
Füllungsphase, 83
Füllvolumen, 80
fünfthäufigste, 161
Fußballfeldes, 56, 61
Fußwurzelknochen, 49
- G**
Galaktose, 120
Galle, 124, 135, 136, 137, 279
Gallenblase, 134, 135, 136, 137
Gallenblasenwand, 137
Gallenflüssigkeit, 135
Gallengangepithel, 135
Gallenproduktion, 135
Gallensäure, 124, 125, 135, 136
Gallensäureanteil, 136
Gallensäurebestand, 136
Gallensäuren, 123, 136
Gallensteine, 135, 137, 287
Gallensteinen, 136
Gallenstoffe, 144
Gallenwegen, 137
Ganglienzelle, 200
Ganglienzellen, 191
Gasaustausch, 101, 105, 106, 108, 109
Gasaustausches, 69
Gasgemisch, 109
Gastrin, 230
Gasvolumen, 145, 146
Gebärmutter, 245, 246, 247, 249, 252, 253
Gebärmutterhals, 246, 256
Gebärmutterhöhle, 246
Gebärmutterkörper, 246, 374, 378, 387
Gebärmuttermund, 246
Gebärmutterschleimhaut, 249, 253
Gebiss, 119, 126
Geburt, 236, 244, 245, 246, 247, 250, 251, 253, 256, 257, 259
Geburtenziffern, 451
Geburtskanal, 248, 256
Geburtsland, 396, 397
Geburtstermin, 257
Geburtsvorgang, 257
Gefäßschäden, 222, 223
Geflügel, 123
Gegenstandsweite, 185
Gehirn, 93, 94, 96, 108, 117, 179, 183, 191, 197, 198, 199, 201, 202, 206, 207, 208, 209, 210, 269, 272, 273, 274, 275, 276, 279
Gehirngewichte, 206
Gehirntod, 198, 207
Gehirn und Rückenmark, 269
Gehörgang, 189
Gehörknöchelchen, 189, 190, 192
Gehörsäden, 197
Gehörschutz, 194, 196
Gehörschutzempfehlungen, 194
Gehörschutzes, 194
geistige Retardierung, 267
geklont, 31
Gelben Fleck, 183
Gelbkörper, 249
Gelbkörpers, 250
Gelbsucht, 136

- Gelenk, 46, 51
Gelenkerkrankung, 287
Gelenkflächen, 50, 53
Gelenkfortsätze, 53
Gelenkknorpel, 95
Gelenkköpfen, 48
Gelenkmechanik, 51, 52, 53
Gendichte, 27
Gene, 4, 16, 21, 26, 27, 28, 29, 30, 32
Genetik, 29
genetischen Fingerabdruck, 30
Genexpression, 30
Genom, 15, 26, 27, 28, 29, 31, 32
Genomsequenz, 28, 29
Gentechnik, 29
Gentherapie, 32
Gentherapieversuch, 31
Geräusche, 83
Gerinnungsfaktoren, 65, 66, 366
Gesamtarbeit, 82
Gesamtblutmenge, 56, 57, 60
Gesamtbrechkraft, 185
Gesamtenergiebedarf, 82
Gesamtenergiemsatz, 206
Gesamtkalzium, 45
Gesamtkörperwasser, 160, 270
Gesamtquerschnitt, 88, 95
Gesamtsauerstoffverbrauch, 86
Gesamtspeichelsekretion, 128
Gesamtstickstoff, 155
Gesamtumsatzes, 288
Gesamtventilation, 101, 106
Gesamtwasser, 292
Gesäßmuskel, 34
Geschieden, 450
Geschlecht, 283, 288, 289, 292, 373, 378, 397
Geschlechtsdrüsen, 240, 241
Geschlechtsmerkmalen, 240
Geschlechtsorgane, 235
Geschlechtsreife, 236, 244
Geschlechtsteile, 235
Geschlechtsverkehr, 236, 252
Geschmacksknospen, 128
Geschmacksstoffe, 128
Gesichtsfeld, 187
gestagene Phase, 250
Gestationstag, 253
Gestorbene, 438, 447
gesundheitliche Auswirkungen, 195
Gesundheitsrisiken, 332
Gesundheitsstatus, 281
Gesundheitszustand, 288
Gewebe, 2, 32, 50, 93, 95, 96, 268, 272, 273, 275, 276
Gewebezellenflüssigkeit, 160
Gewicht, 285, 287, 288
Gewichtsabnahme, 219
Gewichtszunahme, 251, 256
Gilbert, 30
Glandula pituitaria, 224
Glanzstreifen, 34, 39
Glaskörper, 182, 183, 186, 269, 272
Glaskörpers, 183, 268
glatte Muskulatur, 34, 40
Glaukom, 186
Gleichgewichtsorgan, 190
Gleit- und Verschiebeschicht, 50
Gliazellen, 203
Glia-Zellen, 202
Globulin, 139
Globuline, 70
glomeruläre Filtration, 151
Glomerulus, 149
Glomeruluskapillaren, 147, 149, 150, 152
Glucocortikoide, 217
Glucuronat, 155
Glukagon, 137, 138, 220, 230
Glukagons, 213, 234
Glukokortikoidmangel, 219
Glukose, 36, 37, 120, 121, 125, 139, 152, 155, 156, 158
Glukoseaufnahme, 220
Glukoseaustausch, 97
Glukosebedarf, 121
Glutamin, 152
Glycerin, 123
Glykogen, 36, 37, 38, 121
Glykogenvorräte, 121
Glykokalyx, 6, 10
Glykolyse, 38, 60
Golgiapparates, 4
Gonadoliberin, 224
gonosomale, 259
Graaf-Follikel, 244, 245
Granula, 228
Granulozyt, 63
Granulozyten, 59, 63, 64
Greisenalter, 192

- Griffith, 29
 Großhirn, 203
 Großhirnhemisphären, 198, 203, 204
 Großhirnrinde, 198, 202, 203, 204, 207
 Grundfrequenz, 193
 Grundumsatz, 78, 82, 101, 115, 116, 117, 288
- H**
- H_2O , 268, 276
 Haare, 272
 Haarzellen, 179, 191
 Hades, 55
 Hals, 101
 Halswirbeln, 53
 Halswirbelsäule, 53
 Häm, 114
 Hämatokritwert, 57, 59
 Hämatokritwerte, 59
 hämatopoetischen Stammzellen, 43
 Hammers, 190
 Hammerschlag, 197
 Hämoglobin, 30, 60, 61, 62, 67, 68, 76, 114
 Hämoglobins, 114
 Hämoglobinwert, 59
 Hämoglobulin, 156
 Hämolyse, 62
 Hämophilen, 366
 Hämophilie, 65
 Hämostase, 64, 65
 Handwurzelknochen, 47, 48
 Harn, 150, 153, 154, 155, 157, 278, 279
 harnableitenden Organe, 147
 Harnbildung, 146
 Harnblase, 146, 147, 153, 154, 374, 375, 378, 393
 Harndrang, 153
 Harndrangs, 154
 Harninhaltstoffe, 157
 Harnlassen, 240
 Harnleiter, 146, 153
 Harnmenge, 147, 155
 Harnorgane, 146
 harnpflichtige Substanzen, 146
 Harnröhre, 146, 239, 240, 248, 249
 Harns, 153, 154, 155
 Harnsäure, 155, 158
 Harnsediment, 154
 Harnstoff, 155, 156, 158
- Harnwege, 146
 Hauptbronchien, 103, 104
 Hauptbronchus, 103
 Hausmaus, 31
 Haut, 93, 94, 95, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 174, 175, 269, 272, 273, 275
 Hautoberfläche, 161, 162, 167
 Haver'schen Kanal, 43
 Heiratsalter, 453
 Helladaption, 180, 183
 Helligkeitsstufen, 180, 184
 Hemisphären, 203
 Henle-Schleife, 149
 Hepar, 134
 Heroin, 332, 350, 352, 353
 Hertz, 192
 Herz, 77, 78, 80, 81, 82, 83, 85, 86, 87, 88, 90, 92, 94, 98, 99, 101, 117, 272, 273
 Herzaktionen, 39
 Herzerkrankungen, 283
 Herzfehler, 83, 334
 Herzfrequenz, 83, 84, 85, 87, 98, 100
 Herzfrequenzen, 84
 Herzgeräusch, 83
 Herzgeräusche, 84
 Herzgeräuschen, 83
 Herzgewebe, 86
 Herzgewicht, 78, 79
 Herzhälften, 77
 Herzinsuffizienz, 287
 Herzkammer, 79, 80, 82, 86, 92, 93, 100
 Herzkammern, 79
 Herzkammervolumen, 80
 Herzkammerwand, 87
 Herzkatheteruntersuchungen, 92
 Herzklappen, 83, 95
 Herzkrankarterie, 85, 86
 Herzkrankgefäß, 85, 86
 Herz-Kreislauf-bedingten Todesfällen, 77
 Herzminutenvolumen, 77, 80, 81, 92, 98
 Herzmuskel, 39
 Herzmuskelgewebe, 78, 86
 Herzmuskelgewebes, 77
 Herzmuskels, 34, 40, 77, 85
 Herzmuskelzelle, 83
 Herzmuskelzellen, 39, 78, 87
 Herzmuskulatur, 34, 39, 108
 Herzschlag, 77, 84
 Herzschläge, 78, 84

- Herzschlagfrequenz, 84
Herzskeletts, 77
Herzspitze, 39
Herzstillstand, 78, 82
Herztöne, 83, 84
Herztönen, 83
Herztransplantation, 78
Herzzeitvolumen, 92, 93, 100, 134
Herz-Zeit-Volumen, 39
Herzzyklus, 83
Hinterhauptlappen, 204
Hinterlappen, 225, 226, 227
Hirnarealen, 204
Hirnfunktionen, 224
Hirnfunktionsstörung, 257
Hirngewicht, 201, 202
Hirnhäuten, 201, 209
Hirnhautentzündung, 398, 399
Hirnkammern, 209
Hirnnerven, 181, 197, 199
Hirnnerven und den Rückenmarksnerven, 197
Hirnrinde, 207, 211
Hirnschäden, 206
Hirnstamm, 202
Hirntumoren, 375
Hirnvolumina, 206
Hitzebelastung, 93
HIV, 359, 360, 361, 362, 363, 364, 366, 367, 372, 373, 391
HIV-Infektion, 359
HIV-Therapeutikums, 361
Hoden, 235, 236, 237, 238, 239, 255, 272
Hodenhochstand, 236
Hodenläppchen, 236, 237
Hodensack, 235, 236, 237, 238, 255
Hodgkin, 374, 375, 377, 378
Höhentod, 113
Hohlorgan, 78
Hohlvene, 89, 90, 100
Holley, 4, 30
Homovanillinsäure, 232
Hörbereich, 192
Hörbereichs, 192
Hörleistungen, 192
Hormonausschüttung, 224, 225
Hormone, 212, 214, 215, 217, 220, 224, 225, 226, 229, 232, 236
Hormonfreisetzung, 224
Hormonmangel, 219
Hormonuntersuchungen, 229, 232
Hormonvorrat, 213, 214
Hornhaut, 180, 181, 185, 186, 188, 272
Hornhautfläche, 181
Hornhauthinterfläche, 185
Hörorgan, 191
Hörschaden, 196
Hörschäden, 192
Hörschnecke, 190
Hörschwelle, 192, 195
Hörverlust, 192
Hüllzelle, 200
Hüllzellen, 275
Humangenomprojekt, 31
Hund, 193
hyalinen Knorpelgewebes, 50
hydrostatischen Drucks, 98
Hydrostatischer Druck, 96
Hydroxy-Indolessigsäure, 232
Hydrozephalus, 209
Hyperaktivität, 334
Hyperaldosteronismus, 219
Hypersekretion, 227
Hyperthyreose, 214
Hypertonie, 287
Hypertrophie, 78
Hypophyse, 213, 214, 224, 225, 226, 233, 254
Hypophysenadenom, 227
Hypophysenadenome, 226, 228
Hypophysenhormon, 215
Hypophysenhormone, 244
Hypophysenhormons, 217
Hypophysenstiel, 224
Hypothalamus, 224, 225, 226, 234
Hypothyreose, 214
Hypoxie, 108
Hypoxieschwelle, 113
- I**
Ileum, 122, 139, 140
Iliosakralgelenk, 46, 53
Immundefizienz, 375
Immunglobulin, 71, 76
Immunglobuline, 71
Immunität, 71
Immunsystem, 63, 71, 224, 375
Immunsystems, 31
Impfstoffe, 361

Implantation, 253, 254
Indifferenztemperatur, 288
Indoxylsulfat, 155
Industrieländer, 428, 432
Infektion, 359, 362, 366, 389, 390
Infektionserkrankungen, 393
Infektionskrankheit, 395
Infektionskrankheiten, 389, 393
Infektionsraten, 363
Infektionsrisiko, 398, 399
Infektionszahlen, 366
Informationsfluss, 179
Ingram, 30
Inhaltsstoffe, 296, 298, 300
Inkubationsphase, 389
Inkubationszeit, 389, 396, 398, 399
Inkubationszeiten, 389, 398
Innenohr, 189, 190, 191, 192
Innenrotation, 52, 53
inneren Haarzellen, 191
Inspirationsluft, 110
inspiratorische, 107
Insulin, 137, 138, 213, 220, 221, 230, 234
Insulinmangel, 221
Insulins, 213, 221, 234
intellektuelle Entwicklung, 281
Intelligenzminderung, 267
Intensitätsunterschied, 180, 193
Intensitätsunterschiedsschwelle, 192
Interaktion, 179
Interneurone, 204
Internodien, 201
interstitielle Flüssigkeit, 57, 67
Interstitielle Flüssigkeit, 160
Interstitial, 96
Interzellulärsubstanz, 51
Intravasale Flüssigkeit, 160
Intrazelluläre Flüssigkeit, 160
Introns, 26, 30
Inulin, 151, 156
Inzidenz, 334, 374, 376, 377, 395, 396, 397
Ionen, 277, 278
Ionenkonzentration, 278
IQ, 267
Iris, 180, 182
Ischämische Phase, 250
Isoelektrischer, 70

J
Jeffreys, 30
Jejunum, 120, 124, 139, 140
Jod, 271, 273, 274
Jodausscheidung, 215
Jodbedarf, 214
Jodgehalt, 214
Jod-Mangelgebieten, 213, 215
Jodmangelstruma, 215
Jugenddiabetes, 221, 222, 223
Jugendliche, 291, 292, 293

K
Kalium, 155, 156, 158, 271, 277, 278, 290, 298
Kaliumkonzentration, 139
Kalzitonin, 214, 215, 216, 229
Kalzium, 41, 42, 45, 125, 128, 155, 156, 157, 216, 271, 277, 278
Kalziumabbau, 216
Kalziumionen, 45
Kalziumkonzentration, 41
Kalziumsalzen, 137
Kalziumspiegel, 215
Kalziumspiegels, 216
Kalziumstoffwechsel, 215
Kammereigenfrequenz, 87
Kammerschenkel, 87
Kammerwasser, 186, 279
Kammerwassers, 186
K⁺-Anteil, 136
Kapillarbett, 96
Kapillare, 88, 90, 95, 96, 97
Kapillaren, 87, 88, 89, 92, 95, 96, 97, 134
Kapillarwand, 96, 97
Kapillarwände, 87, 97
Karibik, 363
Kartoffel, 123
Karyoanalyse, 266
Karyogramm, 266
Katze, 183, 193
Kaukraft, 120, 127
Kauzeit, 130
Kavernen, 241
kcal, 286, 288, 289, 296, 303, 304, 305, 306, 307
Kehlkopf, 193, 214
Keimblatt, 56
Keimblättern, 56

- Keimdrüsen, 235, 236
Keimepithels, 237
Keimzellen, 259, 262
Kennzahlen, 437
Kerckring-Falten, 141
Kernteilung, 3
Kernverschmelzung, 3
Kieferhälften, 126, 127
Kieferhöhle, 179, 181
KiGGS-Studie, 283
Kinder, 283, 285, 290, 292, 293
Kinder-sterblichkeit, 426
Kindersterblichkeit, 429
kindlichen Entwicklung, 257, 258
Kitzler, 248
kJ, 282, 286, 288, 289, 296, 303, 304, 305, 306, 307
Klang, 192
Kleinhirn, 201, 202, 204
Kleinhirnrinde, 198, 202, 204
Klonierungstechniken, 30
Kniegelenksflüssigkeit, 279
Kniescheibe, 47
Knochen, 32, 33, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 181, 272, 277
knochenabbauenden Riesenzellen, 44
Knochengewebe, 43, 44, 45, 48
Knochengewebes, 32, 43, 45
Knochenkanälchen, 44
Knochenlamellen, 43
Knochensubstanz, 32, 42, 43
Knochenwanddicke, 179, 181
Knochenzellen, 43
Knorpel, 48, 50, 272
Knorpelgewebe, 48
Knorpeln, 42
Knorpelspangen, 103
Kohlendioxid, 60, 66, 114
Kohlenhydratanteil, 121
Kohlenhydrate, 120, 121, 125, 282, 286
Kohlenhydraten, 37, 121, 128, 137, 286, 296, 303, 306
Kohlenhydratstoffwechsel, 75
Kohlenmonoxid, 114
Kohlenstoff, 268, 269, 271
Kohlenstoffdioxid, 68, 69, 101, 110, 111, 114, 146
Kohlenstoffdioxidabgabe, 102, 109
Kohlenstoffdioxidtransport, 68
Koitus, 241
Kokain, 332, 350, 353
Kollagene Fasern, 50
Kollagenfasern, 64
Kollagens, 50
Kolloidosmotischer Druck, 58, 66, 96
Kolonkarzinom, 287
Kombinationstherapie, 361
Kompensationszone, 113
Konsum, 331, 332, 336, 341, 345, 349, 354, 355
Konsumverhalten, 346
Kontraktion, 34, 36, 39, 40, 41
Kontraktionen, 78, 80
Kontraktionsfrequenz, 137
Kontraktionswelle, 140
Konvektion, 104
Konzentrationsgradienten, 277
Konzentrationsstörungen, 195
Koordinationsstörung, 334
Kopfdurchmesser, 256
Kopfschmerzen, 219, 227
Körnerzellen, 204, 205
koronaren Herzerkrankung, 85
Koronargefäße, 86
Körperanomalien, 260
Körperfettgehalt, 283
Körperflüssigkeiten, 102, 113
Körpergewicht, 281, 283, 285
Körpergröße, 283, 285, 288
Körperkalziums, 45
Körperkerntemperatur, 66
Körperkreislauf, 80, 92
körperliche Wachstum, 224
Körpermasse, 268, 269
Körpermaße, 283
Körpermassenindex, 283, 285
Körperoberfläche, 160, 169
Körperphosphats, 45
Körperwasser, 160
Körperwassers, 160
Kortikalis, 43, 44
Kortisolspiegel, 228
Kot, 142, 143, 144
Kotmenge, 143, 144
Kraftverlaufslinien, 44
Krankheit, 361, 374, 389, 390, 392, 394
Krankheitsbild, 219
Krankheitserreger, 389

- Krankheitserregern, 63
Krankheitsgen, 30
Krankheitssymptome, 359, 362, 366, 373, 389, 398
Kreatinin, 155, 157, 158
Kreatinphosphat, 36, 37, 38
Krebs, 374, 375, 376, 377, 378, 379, 381, 383, 384, 386, 388, 389
Krebserkrankungen, 346, 374, 375, 376, 378, 379
Krebsneuerkrankungen, 374, 377, 378
Krebsregister, 374, 377
Krebssterbefälle, 374
Kreisläufe, 77
Kreuzbein, 46, 53
Kropf, 213, 215
Krummdarm, 120, 122, 125, 136, 139, 140
Krummdarms, 140
Krümmungsgrad, 182
Krümmungsradius, 181, 182
Kulturperioden, 432
Kupfer, 271, 273, 274
- L**
Lagewechsel, 99
Laktat, 37, 152
Laktose, 120, 121
Lamellen, 44
Lamellenknochen, 44
Langerhans-Inseln, 137, 138, 220
Längsfurche, 203
Lateinamerika, 363
Latenzphase, 359, 362, 366, 373
Latenzzeit, 36, 41
Laufdistanz, 38
Laufzeitunterschied, 180, 193
Lautstärkepegel, 192
Lebendgeborene, 438, 447, 451
Lebensdauer, 44, 56, 57, 60, 61, 64
Lebenserwartung, 426, 428, 431, 432, 442, 444, 445, 446, 447
Lebensjahre, 445
Lebensstil, 292
Lebenszeit, 281
Leber, 38, 93, 94, 95, 100, 108, 117, 122, 134, 135, 137, 272, 273, 274, 275, 375, 383
Leberarterie, 134
Lebergalle, 135, 136
Lebergewebe, 135
Lebergewicht, 134
Leberläppchen, 134
Leberläppchens, 134
Leberlappen, 134
Leberschäden, 332
Leberstoffwechsels, 135
Leberzelle, 5, 134
Leberzellen, 134, 135
Lederhaut, 180, 181
Ledit, 449
Leerdarm, 124, 125, 139, 140
Leerdarms, 124, 140
Leibeshöhlenmitte, 235
Leistenkanal, 235, 255
Leistungsgewicht, 81, 82
Leistungsumsatz, 288
Leitstruktur, 50
Leitungsgeschwindigkeit, 87, 200
Leitungszeit, 87
Lendenwirbelsäule, 53, 54
Leukämie, 375, 376
Leukämien, 375, 376, 377, 378, 388
Leukozyten, 58, 59, 63, 74
Levan, 30
Lezithinanteil, 136
LH, 224, 225, 227, 230
Lichtmikroskop, 5
Lichtmikroskops, 2
Lichtreize, 183
Lidschlag, 188
Lidschlages, 188
Linse, 182, 185, 186, 187, 272
Linsenfasern, 182
Linsenkapsel, 182
Linsenkern, 186
Lipasen, 123
Lipiden, 275
Lipidschicht, 181
Lipidstoffwechsel, 75
Liquor, 209, 210
Liquorbildung, 209
Liquor cerebrospinalis, 209
Liquormenge, 209
Liquorräumen, 209
Liquorresorption, 209
Liquorzirkulation, 209
Löslichkeitkoeffizient, 67, 68

- LSD, 353
Luftdruck, 102, 105, 107, 113
Luftgemisches, 110
Lufröhre, 102, 103, 104
Luftwege, 109
Lumbalpunktion, 210
Lumen, 85
Lunarmonat, 253, 254, 255
Lunge, 101, 102, 103, 106, 107, 109, 110, 111, 269, 272, 273, 274, 374, 375, 378, 385, 396
Lungenarterie, 99, 100
Lungenbläschen, 101, 102, 103, 104, 105, 113
Lungenbläschen, 103
Lungenflügel, 103
Lungenflügels, 102
Lungenkapillaren, 89, 102, 103
Lungenkreislauf, 80, 92, 93
Lungenlappen, 103
Lungenschlagader, 82, 89
Lungensegmente, 103
Lungentuberkulose, 395
Lungenvolumen, 112
Lungenvolumina, 105
Lutealphase, 229, 230, 231, 232
Luteinisierendes Hormon, 230
Lymphe, 88, 97, 272, 273, 279
Lymphocyten, 210
Lymphome, 374, 375, 376, 377, 378
Lymphozyt, 63
Lymphozyten, 59, 63, 64, 71
Lysozym, 188
- M**
Macula lutea, 183, 184
Magen, 120, 122, 123, 124, 125, 130, 131, 132, 133, 374, 375, 378, 381
Magenausgang, 131, 133, 139
Magenbewegungen, 131, 132
Magendrüsen, 132
Magenlumen, 132
Magensaft, 132, 279
Magensaftes, 121, 132, 133
Magensaftproduktion, 132
Magenschleimhaut, 131
Magenstraße, 131
Magenwand, 131
Magnesium, 128, 155, 157, 271, 277, 278, 290
Mahlzahn, 119, 127
Makrophagen, 43
MAK-Wert, 114
maligne Melanome, 161
Malignes Melanom d. Haut, 374
Malpighi-Körperchen, 149, 150
Mammographie, 378
Mangan, 271, 273, 274
Mangelversorgung, 79
Manometer, 90
Manschette, 90
Marathon, 38
Markscheide, 200
Markscheiden, 200
Markstrahlen, 148
Mastdarm, 125, 133, 142
Mastdarms, 142, 143
Matthaei, 4, 30
Maus, 22, 27, 28, 29, 31
Mauserungszeit, 120, 140
Maxam, 30
Maximale Verkürzung, 33, 36, 40, 41
Medikamente, 332, 354, 357
Medizingeschichte, 55
Medizin-Nobelpreis, 362
Medulla, 218
Mehrlingsgeburten, 259
Melanotropin, 225, 227
Melatonin, 228
Meldepflichtige, 393
Membranen, 141, 277
Membranpotential, 83
Menarche, 249
Mendel, 3, 29
Meningoenzephalitis, 398
Menopause, 249
Menstruationszyklus, 249
Mesenchym, 56
Metanephrin, 232
Metaphase, 5
Meth-Amphetamin, 349
Methan, 146
Methylsulfate, 146
Miescher, 3, 29
Migration, 427
Migrationshintergrund, 343, 348
Mikroskop, 3
Mikroskops, 3
Mikrovilli, 5, 141

- Mikrocephalie, 334
 Milchbackenzahn, 126
 Milchbackenzähne, 126
 Milcheckzähne, 126
 Milchgebiss, 119, 126
 Milchgebissausbildung, 126
 Milchmolare, 126
 Milchschnidezähne, 126
 Milchzähne, 126
 Milchzähnen, 119, 126
 Milchzucker, 120, 121
 Milz, 94, 95, 272, 273
 Minderwuchs, 334
 Mineralanteil, 44
 Mineralische Bestandteile, 270
 Mineralisierungszone, 45
 Mineralocortikoid, 217
 Mineralokortikoidmangel, 220
 Mineralstoff, 298
 Mineralstoffe, 128
 Missbildungen, 259
 Missbrauch, 349, 352
 Mitochondrien, 5, 35, 134
 Mitose, 4
 Mitteleuropa, 363, 365
 Mittelfußknochen, 47, 49
 Mittelhandknochen, 47, 48
 Mittellappen, 225, 227
 Mittelohr, 189
 Mizellen, 124, 135
 Molekular-, 70
 Moleküle, 119
 Molekülradien, 97
 Molkenprotein, 123
 Molybdän, 273
 Monod, 30
 Monogene Erkrankungen, 259
 monogenen Vererbung, 263
 monogenetischen Erbleiden, 260
 Monozyt, 63
 Monozyten, 59, 63, 64
 Morbus Addison, 219
 Morbus Conn, 219
 Morgan, 4, 29
 Mortalität, 352, 374
 Motoneuron, 34, 41
 Motoneurone, 199
 motorische Einheit, 34, 35
 MSM, 366, 367, 368, 369, 370, 371, 372
 Müdigkeit, 219
 Mullis, 30
 multiresistenten Erregern, 395
 Multiresistenz, 396
 Mund, 101, 105, 124, 128
 Mundhöhle und Rachen, 374, 375, 380
 Mundschleimhaut, 128
 Muskel, 34, 35, 38, 40
 Muskelarbeit, 36
 Muskelaufbau, 283
 Muskelbewegungen, 34
 Muskelfaser, 34, 35, 36, 41
 Muskelfasern, 34, 35
 Muskelgewebe, 32, 37, 39
 Muskelhypotonie, 334
 Muskelkontraktion, 4, 35
 Muskelmasse, 288
 Muskeln, 32, 33, 34, 37, 42
 Muskelrohr, 130
 Muskelschicht, 140
 Muskelschmerzen, 219
 Muskelschwäche, 219, 228
 Muskeltätigkeit, 37
 Muskeltonus, 206, 209
 Muskelzelle, 36, 40, 41
 Muskulatur, 269, 273
 Mutanten, 262
 Mutterkuchen, 247, 256
 Muttermund, 252
 Muzinschicht, 181
 Myoblasten, 34
 Myofibrillen, 36, 40
 Myofilamente, 35
 Myoglobin, 35, 156, 157
 Myokard, 93
 Myokardinfarkts, 77
 Myometrium, 246
 Myometriums, 246
 Myosin, 35, 36, 40, 41
 Mysinfilamente, 35
- N**
 N₂-Menge, 146
 Na⁺-Anteil, 136
 Nabelvene, 100
 Nachgeburt, 247, 256
 Nachgeburtsperiode, 257
 NaCl, 62, 66
 Nahakkommodation, 185
 Naher Osten, 362

- Nahpunkt, 187
Nährstoffen, 85, 289
Nahrung, 286, 292
Nahrungsbestandteile, 131
Nahrungsbestandteilen, 144
Nahrungsbrei, 122, 130, 131
Nahrungseiweiße, 122
Nahrungseiweißes, 122
Nahrungsfette, 123, 124
Nahrungsmittel, 296, 298, 300, 303, 312, 313
Nahrungsmittelgruppen, 303, 304, 306
Nahrungspartikel, 132
Nahrungsprotein, 122
Nahrungsproteine, 122
Nahrungsproteins, 122
Nahrungsreste, 144
Na/K-ATPase, 116
Nase, 101
Nasenatmung, 107
Natrium, 155, 156, 157, 271, 277, 278, 290
Natriumkonzentration, 139
Nebenhoden, 239
Nebenhodengang, 239
Nebenhodenpassage, 238
Nebenniere, 148, 217, 218
Nebennieren, 275
Nebennierenadenom, 219
Nebenniereninsuffizienz, 219
Nebennierenmarks, 218
Nebennierenrinde, 217, 218, 219
Nebennierenrindenfunktion, 217
Nebenschilddrüsen, 213, 216, 217
negative Rückkopplung, 214
Nephron, 149
Nephrone, 147, 149, 153
Nephronen, 153
Nephropathie, 222, 223
Nerv, 272
Nervendigungen, 248
Nervenfaser, 183
Nervenfasern, 198, 199, 200, 203, 204, 275
Nervengewebe, 32
Nervenschäden, 222, 223
Nervensystem, 197, 198, 201, 205, 208, 375
Nervenzellen, 2, 4, 197, 198, 199, 200, 202, 203, 204
Nervenzellkörper, 275
Nervus vestibulocochlearis, 191
Netzhaut, 179, 180, 183, 184, 185
Neubildung, 57
Neuerkrankungen, 374, 395, 396, 397
Neugeborene, 334
Neugeborenen, 334
Neugeborener, 444, 445
Neugeborenes, 43
Neuinfektionen, 360, 362, 363, 367, 368, 369, 370, 371, 372
Neumutation, 259
Neumutationen, 262
Neuralplatte, 254
Neuralrohres, 254
Neurohypophyse, 224, 225, 226, 227
Neuron, 205
Neurotransmitter, 205
NH4, 155, 156
Nickel, 273
Niere, 136, 147, 148, 149, 150, 151, 153, 155, 272, 274, 374, 378
Nieren, 93, 94, 96, 117, 123, 146, 147, 148, 150, 151, 152, 153, 155, 273
Nierenbecken, 153
Nierengröße, 148
Nierenkelche, 153
Nierenkörperchen, 149, 150
Nierenmark, 148, 152
Nierenrinde, 148, 152
Nierenschäden, 222, 223
Nierenverpfanzung, 147
Nierenzellen, 5
Nirenberg, 4, 30
Noradrenalin, 218, 230, 232
Nordafrika, 362
Nordamerika, 363
Normalventilation, 115
Nukleinsäure, 25, 29
Nukleinsäuren, 4
numerische Aberrationen, 267
Nystagmus, 209
N-Zellen, 218
- O**
O₂, 62, 67, 69, 86, 101, 109, 110, 111, 112, 113, 114
O₂-Konzentration, 69, 86
O₂-Sättigung, 69
O₂-Verbrauch, 39, 86, 207
O₂-Verbrauchs, 86

- Oberarmknochen, 47, 48
 Oberflächenvergrößerung, 135, 141
 Oberschenkelknochen, 32, 33, 43, 47, 49
 Obertöne, 193
 Odysseus, 55
 Ohnmacht, 115
 Ohr, 179, 189, 196, 197
 Ohrenschmalz, 189
 Ohrfeige, 197
 Ohrmuschel, 189
 Ohrspeicheldrüse, 128
 Ohrtrompete, 189
 Oligopeptide, 122
 Oligophrenie, 267
 Opiate, 353
 Organdurchblutung, 93
 Organe, 92, 93, 94
 Organische Bestandteile, 270
 Osmolalität, 67, 129, 145, 154, 278
 osmotische Druck, 278
 osmotischen Druck, 87
 Osmotischer Druck, 57, 66
 Ösophagusverschlusses, 130
 Ossifikation, 48
 Osteoblasten, 33, 43, 44
 Osteoklast, 33, 44
 Osteon, 43, 44
 Osteons, 44
 Osteuropa, 360, 362, 363, 365
 Östradiol, 230
 Östrogene, 232
 Östrogens, 249
 Östron, 213, 230, 233
 ovale Fenster, 189, 190
 ovalen Fenster, 189, 190
 Ovar, 244
 Ovarien, 244
 Ovulation, 229, 230, 232, 244, 245, 250, 252
 Oxidation, 37, 68
 Oxidationswasser, 158, 159, 292
 Oxyphile Zellen, 217
 Oxytocin, 225, 227, 234
- P**
 PAL-Faktor, 288
 palmarem Greifen, 257
 Pankreas, 137, 138
 Pankreasgewicht, 138
 Pankreasläppchen, 138
 Pankreassaft, 137
 Pankreassafte, 139
 Pankreassafproduktion, 138
 Papillen, 153
 Papillengänge, 153
 parafollikuläre Zellen, 215
 Parathormon, 215, 216, 217, 230
 Partialdruck, 67, 68, 69
 Partialdrücke, 109, 110, 111, 113
 Partialdruckgefäßes, 108
 Pascal, 91
 Passagezeit, 140, 142, 143
 Passagezeiten, 143
 Patella, 47
 Paukengang, 190, 191
 Paukenhöhle, 189, 190
 Pazifischer Raum, 363
 Penis, 235, 240, 241, 248
 Pepsin, 121, 122, 131
 Pepsinogen, 121, 131
 Pepsinsekretion, 133
 Peptidasen, 122
 peripheres Nervensystem, 197
 Peristaltik, 40
 peristaltische Kontraktionswellen, 130
 peristaltischen Welle, 130
 peristaltischen Wellen, 130
 Peroxisomen, 134
 Personenschäden, 344, 350
 Perzentilen, 285
 Pestizide, 375
 Peyer'schen Plaque, 63
 Pfeifentabak, 346, 347
 Pfeilerzellen, 191
 Pflanzenzelle, 3
 Pfortader, 122, 134, 135
 Phenolsulfat, 155
 Phon, 192
 Phonation, 193
 Phosphat, 155, 156, 157
 Phosphationen, 45
 Phosphor, 42, 128, 271, 277, 290
 Phosphorsäureestern, 45
 Photonen, 180, 184
 pH-Wert, 129, 130, 132, 139, 145
 pH-Werte, 132, 133
 Physikalische Größen, 42
 Physiologie, 130, 137, 140, 142, 143

- physiologische Quellung, 188
Pigmentsteinen, 136
Plasma, 151, 156
Plasmafaktoren, 65
Plasmahalbwertszeit, 215
Plasmakonzentration, 136, 139, 215, 222, 228
Plasmakonzentrationen, 215
Plasmaproteine, 66, 76
plasmatische Gerinnung, 64
plasmatischen Gerinnungsfaktoren, 65
Plasmavolumen, 88
Plasmazelle, 63
Plazenta, 100, 111, 247, 248, 256
Pleuralspalt, 101
Pleuraspalt, 103
Pockenviren, 6
polygene Vererbung, 263
Polymerase, 30
Polyneuropathie, 222, 223
Polypeptide, 121, 122
Polypeptiden, 131
Polysaccharide, 120
Polysaccharidketten, 120
Porendurchmesser, 142
Porenradius, 97
Porenweite, 97
Porphyrine, 155, 158
Postmenopause, 229, 230, 231
Potentialdifferenz, 142
Potentialschwankungen, 211
Präalbumin, 216
Prävalenz, 331, 332, 353, 354, 362, 374
Prävalenzen, 353
Primärgalle, 135
Primärharn, 146, 147, 149, 150, 151, 156
Primordialfollikel, 245
Progesteron, 231
Progesteronproduktion, 249
Prognosen, 444, 445, 446
Prolaktin, 225, 231
Prolaktostatin, 224
Proliferationsphase, 249
Promille, 333, 335
Promillegrenze, 335
Promillegrenzen, 335
Prostata, 239, 240, 241, 242, 374, 375, 378, 388
Prostatakrebs, 378
Prostatasekret, 241
Prostatastein, 241
Protein, 290
Proteine, 121, 122, 123, 131, 182
Proteingehalt, 66
Proteinverdauung, 121
Prothrombin, 65
proximalen Tubulus, 149
PSA, 378
Pseudopodien, 64
Pubertät, 228, 229, 235, 249
Pufferkapazität, 58, 67
Pulswellengeschwindigkeit, 88, 99
Pumpfunktion, 85, 92
Pupille, 182
Pupillenweite, 182
Purinbasen, 155
Purkinje, 87
Purkinjezelle, 200, 201
Purkinjezellen, 204, 205
Pylorus, 131
Pyramide, 148
Pyramidenbahnen, 203
Pyramidenlappen, 214
Pyramidenzellen, 5, 203
- R**
Rachenbereich, 130
Rachenmuskulatur, 130
Rankenarterien, 240
Ranvier'schen Schnürringe, 200
Ratte, 22, 28, 29
Rauchen, 345, 346
Rauchverhalten, 347, 348
Rausch, 333
Rauschgiftdelikte, 350, 351
Rauschgifttote, 352
Rauschmittel, 332
Rauschtrinken, 332
Reabsorption, 96
Reabsorptionsdruck, 96
Reaktionsfähigkeit, 333
Reaktionszeit, 333
Refraktärperiode, 84
Refraktärperioden, 84
Refraktärstadiums, 41
Refraktärzeit, 201
Regelblutung, 249, 250
Regenbogenhaut, 182
Regenerationsfähigkeit, 95
Reize, 197

- Reizleitungssystems, 39
 Reizschwelle, 184
 REM-Schlaf, 211
 Renin, 146, 217, 231
 Renin-Angiotensin-System, 217
 Replikations-Fehler, 1
 Repräsentation, 201
 Reservevolumen, 106
 Resistente Tuberkuloseerreger, 396
 Resistenz, 362, 396, 397
 Resistenzen, 362
 resorbierbare Bausteine, 119
 Resorption, 121, 122, 123, 124, 125, 136, 139, 141
 Resorptionskapazität, 125
 Resorptionslakune, 44
 Respiratorischer Quotient, 109, 286
 Rete testis, 239
 Retikuläre Fasern, 50
 Retina, 179, 183, 187
 Retinopathie, 222, 223
 Retroversion, 52
 rezeptiven Feldes, 183
 rezeptives Feld, 183
 rezessiv, 259, 260, 261, 263
 Rhesus, 71, 73, 74
 Rhesusaffen, 32
 Rhodopsinmoleküle, 184
 Ribose, 120
 Ribosomen, 2, 5, 10, 11, 16, 17, 26, 134
 Richtungshören, 180, 192, 193
 Risikogebieten, 398
 Risikoverhalten, 366
 RNA, 4, 10, 11, 17, 25, 26, 27, 30
 Rohrzucker, 120, 121, 156
 Rote Blutkörperchen, 5
 RQ, 286
 Rückenmark, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 205, 209, 272, 273, 275, 276
 Rückenmarksflüssigkeit, 209, 210
 Rückresorption, 136
 Ruhedruck, 90
 Ruhemembranpotential, 36, 40, 83, 201
 Ruhe-potential, 87
 Ruhepotential, 201
 Ruhesekretion, 128, 129, 138, 139
 Ruheumsatz, 116, 118
 Ruhezustand, 39
 runden Fenster, 191
- S**
 Saccharose, 120, 121
 Sakkaden, 186, 187
 Sakkadenamplituden, 187
 Salzsäure, 121, 129, 131, 133
 Samenblase, 240
 Samenblasen, 242
 Samenerguss, 239, 242
 Samenflüssigkeit, 236, 240, 241, 242
 Samenkanälchen, 236, 237, 239
 Samenkanälchens, 237
 Samenleiter, 239, 240
 Samenstrang, 236
 Samenwege, 239
 Samenwegen, 239
 Samenzelle, 236, 238, 239, 251, 252
 Samenzellen, 236, 238, 239, 242, 243, 244, 252
 Samenzellenbildung, 236
 Sammelrohre, 148, 153
 Sammelrohres, 153
 Sammelurin, 157
 Sanger, 30
 Sarkolemma, 34
 Sarkomer, 36
 Sarkomere, 35
 sarkoplasmatischen Retikulum, 41
 Sättigungsstufen, 180, 184
 Sauerstoff, 60, 61, 66, 67, 79, 85, 94, 95, 97, 101, 108, 110, 111, 114, 117, 146, 268, 269, 271
 Sauerstoffaufnahme, 102, 109, 115, 116
 Sauerstoffaufnahmefähigkeit, 37
 Sauerstoffbedarf, 85
 Sauerstoffbindungsvermögen, 62
 Sauerstoffgehalt, 114
 Sauerstoffkonzentration, 94
 Sauerstoffmangel, 114
 Sauerstoffmangelversorgung, 108
 Sauerstoffunterversorgung, 85
 Sauerstoffverbrauch, 88, 94, 101, 108, 109, 135, 147, 151, 152
 Sauerstoffversorgung, 37, 85, 88, 198, 206, 207
 Sauerstoffzufuhr, 206, 207
 Säuglinge, 290, 292, 293
 Scala media, 191
 Scala tympani, 190, 191
 Scala tympani), 190, 191
 Scala vestibuli, 190, 191
 Schädelbasis, 224
 Schädelknochen, 46

- Schädelnähte, 48, 49
Schall, 179, 189, 190, 194
Schalldruck, 192, 194
Schalldruckpegel, 192, 194
Schallereignisse, 192
Schallpegel, 194, 195, 196
Schallpegelkataloge, 194
Schallpegelmessgeräten, 194
Schallquelle, 179, 180, 192, 193
Schallwelle, 191
Schambein, 46, 47, 48
Schamlippen, 235
Scharniergele, 51
Schaumwein, 341, 342
Scheide, 248
Scheidenwand, 248
Scheidewände, 77
Scheitel-Steiß-Länge, 253, 254
Schenkelhalses, 43
Schienbein, 47, 49
Schilddrüse, 116, 213, 214, 215, 216, 217, 233
Schilddrüsenhormon, 213
Schilddrüsenhormonen, 215
Schilddrüsenhormonsekretion, 214
Schilddrüsennlappen, 216
Schilddrüsenüberfunktion, 116
Schilddrüsenunterfunktion, 214
Schimpanse, 27, 28
Schlaf, 212
Schlafentzug, 212
Schlafes, 211, 212
Schlafphasen, 212
Schlafstadien, 211
Schlafstadium, 211
Schlaf-Wach-Rhythmus, 224
Schlagvolumen, 80, 81, 82, 98
Schlagzeug, 197
Schlankheitskur, 33, 55
Schleime, 144
Schleimhaut, 131, 132, 140, 141, 142, 246, 249
Schleimhäuten, 63
Schleimhautfläche, 141
Schleimhautkrypten, 142
Schleimhautoberfläche, 141
Schleimhautzellen, 120, 131, 144
Schleimschicht, 131, 132
Schleimzucker, 120
Schlucken, 130, 131
Schluckvorgang, 130
Schluckvorgänge, 120, 131
Schlüsselbein, 46, 48
Schmelz, 128
Schmerzschwelle, 192, 194, 197
Schnecke, 190, 191
Schneckengang, 190, 191
Schneidezahn, 119, 126, 127
Schneidezähne, 127
Schulterblatt, 46, 48
Schutzmechanismen, 161
Schwangere, 291, 292, 294
Schwangerschaft, 213, 225, 246, 251, 253, 256, 257, 334
Schwangerschaften, 425, 435
Schwangerschaftsabbruch, 435
Schwangerschaftsabbrüche, 435, 450
Schwangerschaftsdauer, 257
Schwangerschaftswoche, 251, 253, 257
Schwefel, 271
Schwefelwasserstoff, 146
Schweiß, 279
Schwellkörper, 240, 241, 248
Schwingung, 192, 193
Schwingungen, 190, 192, 193
Segmentbronchien, 104
Sehfeld, 187
Sehloch, 182
Sehnerv, 179, 180
Sehpigment, 184
Sehpigmente, 184
Sehschäden, 222, 223
Sehsinneszelle, 180, 183
Sehsinneszellen, 179, 183, 184
Sehstörungen, 219, 227
Sehwinkel, 187
Sehzellen, 183, 184
Sehzentrums, 179
Seitenlappen, 214
Seitenlappens, 214
Sekret, 122, 132
Sekretgranula, 216, 217, 218, 225
Sekretion, 138, 139, 212, 215, 218
Sekretionsphase, 250
Sekundärfollikel, 245
Selbstmedikation, 354, 355, 356, 357
Selen, 273
Sequenzvariationen, 30
Serotonin, 228, 231, 232
Sertolizellen, 237
Serumproteine, 70
Sexualpartner, 366

- Sexualverhalten, 224
Sharp, 30
Sherry, 331
Siebbeinzellen, 181
Siebkoefizienten, 156
Signalmoleküle, 212
Sinnesorgan, 160
Sinnesorganen, 179
Sinneszellen, 160, 162, 176, 191, 200
Sinusknoten, 86, 87
Sinusknotenfrequenz, 87
Sinusschwingungen, 192
Sitzbein, 46, 47, 48
Skelett, 269, 273, 274
Skelettmuskel, 93, 94, 275
Skelettmuselfaser, 36, 41
Skelettmuseln, 33, 34, 35
Skelettmuskels, 33, 35, 36
Skelettmuskulatur, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 41, 82, 86, 92, 93, 95, 96, 108, 117
Somatoliberin, 224
Somatostatin, 221, 224, 231
Somatropin, 213
Spaltprodukte, 122, 139
Spannungsentwicklung, 36, 40, 41
Speiche, 47, 48, 51, 52
Speichel, 128, 129, 279
Speicheldrüsen, 124, 128
Speichelflusses, 129
Speichelmenge, 129
Speichelproduktion, 120, 128
Speichels, 129
Speichelsekretion, 129
Speisebrei, 120, 131, 137, 140, 142
Speisebreis, 124, 132, 140, 142
Speiseröhre, 130, 375, 378, 380
Spermatogenese, 238
Spermatogonie, 238
Spermatogonien, 238
Spermien, 2, 236, 238, 241, 242, 243, 244, 252, 259
Spermienproduktion, 237, 240
Spermienzahl, 242
Spermiose, 238
Spermium, 5, 236, 242, 252
Spinalnerven, 199, 202
Spirituosen, 339, 341
Spirometer, 107
Spongiosa, 43, 44
sportlichen Belastungen, 38
Sprachstörungen, 334
Spritzkanal, 239
Stäbchen, 183, 184
Stäbchens, 184
Stadtbesiedlung, 433
Stammzotten, 248
Standardmedikamente, 396
Steigbügel, 33, 34, 42, 46
Steigbügels, 190
Sterbefälle, 375
Sterberate, 374
Sterberisiko, 378, 379, 380, 381, 382, 383, 384, 385, 386, 387, 388
Steroide, 155
Steroidhormone, 217
Stethoskop, 90
Steuerhormone, 224, 225
STH, 225, 226, 227, 231
Stickstoff, 146, 268, 269, 271
Stillende, 291, 292, 294
Stimmbildung, 193
Stimmlippen, 193
Stimmumfang, 193
ST-Muskulatur, 35
Stoffaustausch, 87, 95, 96
Stoffwechseleinstellung, 222
Stoffwechselendprodukte, 247
Stoffwechselkrankheit, 287
Stoffwechselorgan, 134
Stoffwechselprodukten, 95
Stoffwechselprozessen, 292
Stoffwechselveränderungen, 221
Stoffwechselvorgänge, 210
Störungszone, 113
Strahlung, 375
Straßenverkehr, 344
Streckung, 35, 51, 52, 53, 54
Streik, 438
Stretton, 30
Strömungsgeräusche, 90
Strömungsgeräusches, 90
Strömungsgeschwindigkeit, 57, 89, 97, 99
strukturelle Aberrationen, 267
Struktur-Funktions-Zusammenhängen, 77
Stuhl, 123, 124, 133, 136, 143, 144, 145
Stuhlgang, 143
Stuhlgewicht, 144
Stuhlmenge, 143
Stütz- und Bewegungsapparat, 32
Stütz- und Stabilisierungsstrukturen, 50

- Submukosa, 140
Suchtmittel, 331
Suchtpotenzial, 354, 355
Südliches Afrika, 362
Sulfat, 155
Synapsen, 198, 200, 201, 202, 203, 205, 206
Synzytiotrophoblast, 247
Synzytium, 35
Systole, 77, 80, 81, 82, 83
systolische Wert, 90
- T**
Tabak, 331, 332, 349, 353
Tabakkonsum, 347
Tabakpflanze, 345
Tabaksteuer, 346, 347
Tabakwaren, 312, 313, 346, 347
Tauchen, 112
Telencephalon, 203
Temperaturdifferenz, 236, 238
Tertiärfollikel, 245
Testes, 236
Testosteron, 218, 231, 236, 237
Testosteronproduktion, 237
Tetanus, 41, 42
Therapiemöglichkeiten, 374
Thorax, 47, 101
Thrombozyten, 59, 64, 65
Thymus, 272
Thyroliberin, 224, 234
Thyroxin, 213, 214, 215, 216, 231
Tjio, 30
Todesursachen, 376
Töne, 192
Totalkapazität, 105
Totgeborene, 447, 451
Totraumvolumen, 105, 106
Totraumvolumens, 106
Trachea, 103
Tragfähigkeit, 33, 42, 50
Tränendrüsen, 188
Tränenflüssigkeit, 188
Tränenkanäle, 188
Tränenproduktion, 188
Transportkanäle, 277
Transportpumpen, 277
Transportvolumen, 80, 81
Transportvolumens, 81
Transzelluläre Flüssigkeit, 160
- Traubenzucker, 120, 121
Trends, 425
Triglyceride, 75
Trijodthyronin, 214, 215, 231
Trillerpfeife, 197
Trinkwasserversorgung, 433
Tripeptide, 122
Trisomie 21, 266, 267
Trockensubstanz, 121, 129, 133, 139, 144
Trommelfell, 189, 190, 192
Trommelfells, 190
Trypsin, 122
TSH, 214, 215, 225, 226, 231
Tubenwanderung, 246
Tuberkelbakterien, 396
Tuberkulose, 219, 393, 394, 395, 396, 397
Tuberkuloseerkrankungen, 395
Tuberkuloseerregern, 395
Tuberkulosefälle, 397
Tumoren, 226, 376, 377
- U**
Überfunktion, 214
Überlebenswahrscheinlichkeit, 377
Ultrafiltrat, 149
Umweltfaktoren, 263
Unfälle, 344, 350
Unfallrisiko, 333
Unfallursache, 344
Unterfunktion, 214
Untergewicht, 334
Unterkieferspeicheldrüse, 128
Unterzungenspeicheldrüse, 128
Unwohlseinsschwelle, 194
Ureter, 153
Urgeschlechtszelle, 238
Urgeschlechtszellen, 244
Urin, 146, 148, 157, 158, 159
Urimenge, 157
Urobilinogen, 155
Uterus, 246, 256
Uterusrückbildung, 257
Uterusschleimhaut, 249, 250, 254
- V**
Vagina, 247, 248
Vakzine, 361
Vampir, 55

- Vanadium, 273
 Vanillinmandelsäure, 232
 Variabilität, 265
 Vegetarier, 143
 Venen, 78, 210
 Venolen, 89
 venös, 69
 Venter, 31
 Ventilation, 105, 106, 109, 115
 Ventrikel, 80
 Ventrikelyokard, 39
 Ventrikeln, 209
 Ventrikels, 80
 Venushügel, 235
 Verbrauch, 307, 308, 309, 310, 311
 Verbrennung, 286
 Verbrennungen, 161, 162
 Verdauung, 92, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 128, 137, 139, 140, 141
 Verdauungsenzym, 121
 Verdauungsenzyme, 131, 137, 138
 Verdauungsenzyms, 131
 Verdauungsorgane, 119
 Verdauungssystem, 134
 Verdunstung, 158
 Vergiftungen, 333
 Verheiratet, 449
 Verkehrstüchtigkeit, 335
 Verkehrsunfälle, 332, 349, 350
 Verknöcherung, 48, 49
 Verknöcherungszeiten, 49
 Verkürzungsgeschwindigkeit, 36, 41
 Verschlussdruck, 130
 Verweildauer, 124, 131, 132
 Verwitwet, 450
 Vesicula seminalis, 240
 Vesikel, 87
 Vestibularorgan, 190
 Vielfachzucker, 120
 Vierlinge, 288
 Viren, 6, 31
 Virus, 23, 30
 Viruserkrankung, 398
 Viskosität, 57, 58, 67
 Vitalkapazität, 105, 107, 108
 Vitalparameter, 100
 Vitamin, 76, 293, 300, 303, 304, 307
 Vitamine, 76, 123, 293
 Vitaminen, 293
 Vitamingehalt, 294, 300
 Vitaminzufuhr, 293
 Vollei, 123
 Vollrausch, 333
 Volumenanteile, 40
 Volumenmangelschock, 56, 58
 Vorderlappen, 225, 226
 Vorhof, 79, 82, 86, 98, 100
 Vorhofmuskulatur, 86
 Vorhofseptum, 79
 Vorhofstreppe, 190, 191
 Vorläuferzelle, 238
 Vorsteherdrüse, 241, 242
- W**
- Wachstum, 281
 Wachstumshormon, 225, 231, 235
 Wachstumsrate, 426, 428
 Wadenbein, 47, 49
 Waffen, 197
 Wahrnehmung, 179
 Waldkauz, 183
 Wanddicke, 79
 Wandmuskulatur, 137
 Wärmedämmung, 288
 Wärmehaushaltes, 93
 Wärmeisolation, 123
 Wärmeregulation, 57
 Wärmeverlust, 37
 Wasser, 123, 125, 128, 129, 142, 144, 149, 155, 156, 158, 160, 268, 269
 Wasserabgabe, 158
 Wasseranteil, 136, 145, 182, 183
 Wasseraufnahme, 292
 Wasseraustausch, 88, 96
 Wasserbedarf, 159
 Wasserbedarfs, 292
 Wassergehalt, 129, 133, 139, 148, 160, 268, 269, 272
 Wasserhaushalt, 146
 Wasserkopf, 209
 Wasserreabsorption, 142
 Wasserschicht, 181
 Wasserstoff, 146, 268, 269, 271
 Wasserstoffionenkonzentration, 133
 Wasserverlust, 147, 158, 159
 Wasserzufuhr, 158, 292
 Watson, 4, 19, 30, 31
 Wechseljahren, 249
 Wegunterschied, 180, 193

- Wehen, 257
Wein, 331, 339, 340, 341, 342
Weiße Substanz, 207
Wellenkontraktionen, 142
Weltbevölkerung, 395, 425, 426, 427, 428, 429, 435
Weltreligionen, 436
Westeuropa, 364
Whisky, 331
Wilmut, 4, 31
Winkelgeschwindigkeit, 187
Wirksamkeit, 215, 218
Wirkungsgrad, 33, 37, 77, 82
Wohngeräusche, 195
Wurmfortsatz, 142
Wurmfortsatzes, 142
Wurzelzement, 128
- X**
X-chromosomale, 259
- Z**
Zahnbein, 128, 272
Zähne, 119, 126, 127
Zahnentwicklung, 126
Zahnformel, 126, 127
Zahnkrone, 128
Zahnprothesen, 120, 127
Zahnpulpa, 128
Zahnschmelz, 128, 269, 272
Zahnschmelzes, 268
Zahnwurzel, 128
Zapfen, 183, 184
Zecke, 398, 399
Zecken, 398, 399
Zeckenbiss, 399
Zeckenpinzette, 399
Zehen, 47
Zehenknochen, 47, 49
Zellatmung, 158
Zelle, 2
Zellen, 32, 34, 39, 40, 43, 44, 45, 161, 162, 163, 164, 165, 268, 270
Zellfortsätze, 43, 200
Zellkern, 5
Zellkerne, 34, 36, 39, 40
Zellkörper, 200, 201, 203
Zellkörpers, 200
- Zellmembran, 5, 9, 10, 13
Zellstoffwechsel, 112
Zellstoffwechsels, 116, 134
Zellsuspension, 57
Zellteilung, 4
Zellteilungszyklus, 1
zellulären Bestandteile, 57, 58
Zellulose, 120, 144
Zellzwischenräume, 142
Zement, 128
Zentralasien, 360, 363
Zentrifugation, 154
Zeugungsunfähigkeit, 242
Zigaretten, 345, 346, 347
Zigarren, 345, 346, 347
Ziliarfortsatzes, 182
Ziliarkörper, 180, 182, 186
Zimmerlautstärke, 195
Zink, 273, 274
Zinn, 273
Zirbeldrüse, 213, 228
Zirkulationszyklen, 57, 61
Zolipidem, 359
Zonulafasern, 185
Zopiclon, 359
Zotten, 247
Zottenbäume, 247, 248
Zottenbaumes, 248
Zuckerkrankheit, 213, 221, 222, 233
Zusammensetzung, 268, 269, 270, 271, 272, 275, 276
Zweifachzucker, 120
Zwerchfells, 99, 101
Zwillinge, 259, 265, 288
Zwillingegebüten, 259
Zwischenhirns, 203
Zwischenzellraum, 88
Zwölffingerdarm, 120, 122, 124, 125, 131, 137, 139, 140
Zwölffingerdarms, 140
Zygote, 245, 252, 253, 259
Zygotrophoblast, 247