



**Berg / König**

# Optimale Ernährung des Sportlers

4. Auflage

**HIRZEL**

Berg / König  
Optimale Ernährung des Sportlers





# Optimale Ernährung des Sportlers

begründet von Dieter K. Baron, Hamburg,  
fortgeführt von Aloys Berg und Daniel König, Freiburg

Mit 50 Abbildungen, 31 Tabellen,  
Nährwerttabellen und vielen Rezeptvorschlägen

4., überarbeitete und erweiterte Auflage



S. Hirzel Verlag Stuttgart

Prof. Dr. Aloys Berg  
Priv.-Doz. Dr. Daniel König  
Medizinische Universitätsklinik  
Abteilung Rehabilitative und Präventive Sportmedizin  
Hugstetter Str. 55  
79106 Freiburg

**Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

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

ISBN 978-3-7776-1516-5

Ein Warenzeichen kann warenrechtlich geschützt sein, auch wenn ein Hinweis auf etwa bestehende Schutzrechte fehlt.

Jede Verwertung des Werkes außerhalb der Grenze des Urheberrechtsgesetzes ist unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Übersetzung, Nachdruck, Mikroverfilmung oder vergleichbare Verfahren für die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen.

© 2008 S. Hirzel Verlag  
Birkenwaldstraße 44, 70191 Stuttgart  
Printed in Germany

Umschlaggestaltung: deblik, Berlin unter Verwendung eines Fotos von Andrzej Burak/istockphoto  
Satz: Claudia Wild, Stuttgart  
Druck + Bindung: Kösel, Krugzell  
Umschlaggestaltung: deblik, Berlin

[www.hirzel.de](http://www.hirzel.de)

# Vorwort zur vierten Auflage

---

Das Buch „Optimale Ernährung des Sportlers“ will auch in der 4. Auflage mit seinen Inhalten Wissen und Verständnis für eine vorbildliche Ernährungsweise vermitteln. Eine solche Ernährungsweise kann nachweislich die Leistungsfähigkeit und Belastbarkeit verbessern, die Gesunderhaltung fördern und schließlich der Entwicklung von epidemiologisch gesicherten Risikofaktoren entgegenwirken – unabhängig davon, ob sie von Sportlern oder Nichtsportlern beherzigt wird.

So hält die 4. Auflage von „Optimale Ernährung des Sportlers“ an der Zielsetzung fest, Ernährungsinhalte aus Sicht der Sportmedizin abzubilden und die Sporternährung möglichst praxisnah wiederzugeben. Die für den Sportler optimale Ernährung kann Vorbild für eine gesunde Ernährung schlechthin sein. Denn gesund, leistungsfähig, belastbar zu sein, sind Eigenschaften, die für jeden gleichermaßen in allen Lebensbereichen angestrebt werden. Dies gilt nicht nur für die Alltagsernährung und Ernährungsempfehlungen im Sinne einer vollwertigen und ausgewogenen Kost, sondern auch für die Auswahl von Nährstoffen und Nahrungsergänzungen im Rahmen vermehrter körperlicher Aktivität und Sport. Da Sportler wie Nichtsportler einen wesentlichen Anteil der mit der Nahrung zugeführten Energie für die Umsetzung von Bewegungsabläufen ausgeben, sind die Zusammenhänge zwischen Energieausgabe und Nährstoffverbrauch für jeden von Interesse.

Dies steht im guten Einklang mit dem Aufruf nach mehr Bewegung und gesünderem Essen, in dem das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz wie auch das Bundesministerium für Gesundheit den wesentlichen Schlüssel für mehr Lebensqualität sehen. Gleichzeitig ist es die Basis, um Bewegungsmangel, Übergewicht und damit zusammenhängende Krankheiten in unserer Bevölkerung wirksam zu bekämpfen. Trotz aller Negativdaten zum Gesundheitsverhalten müssen wir darauf aufmerksam machen, dass Gesundheit lernbar und Verhalten korrigierbar ist. Gesunde Ernährung und mehr Freizeitaktivität können dazu beitragen, Übergewicht zu verhindern und begleitende Risikofaktoren zu reduzieren. Es wäre im Sinne der Autoren, wenn die „Optimale Ernährung des Sportlers“ einen Beitrag dazu liefern könnte, den Weg hierzu mit Überzeugung einzuschlagen.

# Abkürzungen

---

AGÖL	Arbeitsgemeinschaft ökologischer Landbau
AOV	antioxidativ wirksame Vitamine
BCAA	branched chain amino acids
BE	Broteinheiten
BMI	Body-Mass-Index
BSE	bovine spongioforme Enzephalopathie
CJK	Creutzfeldt-Jakob-Krankheit
DHA	Docosahexaensäure
DM	Diabetes mellitus
EPA	Eicosapentaensäure
EUFS	einfach ungesättigte Fettsäuren
GI	glykämischer Index
GL	glykämische Last
HDL	high density lipoproteins
I.E.	internationale Einheiten
IFG	impaired fasting glucose (gestörte Nüchtern glukose)
IGT	impaired glucose tolerance (gestörte Glukosetoleranz)
IL	Interleukin
IOC	Internationales Olympisches Komitee
KG	Körpergewicht
KH	Kohlenhydrate
KHK	koronare Herzkrankheit
KrP	Kreatinphosphat
LDL	low density lipoproteins
MCT	medium-chain triglycerides
MUFS	mehrfach ungesättigte Fettsäuren
OGTT	oraler Glukosetoleranztest
PAI	plaminogen activator inhibitor
PCB	polychlorierte Biphenyle
PDCAAS	protein digestibility corrected amino acid score
PG	Prostaglandine
RÄ	Retinol-Äquivalent
SOD	Superoxiddismutase
TÄ	Tocopherol-Äquivalent
TFS	Transfettsäuren
TNF	tumor necrosis factor
TX	Thromboxan
VLDL	very low density lipoproteins
WADA	World Anti-Doping Agency

# Inhalt

---

Vorwort zur vierten Auflage .....	5
Abkürzungen .....	6
<b>1 Biochemische Grundlagen .....</b>	<b>11</b>
1.1 Die Zusammensetzung unserer Nahrung .....	11
1.2 Nährstoffe .....	13
1.2.1 Kohlenhydrate .....	13
1.2.2 Fette (Lipide) .....	18
1.2.3 EiweiÙe (Proteine) .....	25
1.3 Vitamine .....	28
1.3.1 Wasserlösliche Vitamine .....	29
1.3.2 Fettlösliche Vitamine .....	37
1.4 Ballaststoffe und sekundäre Pflanzenstoffe .....	41
1.5 Riech- und Geschmacksstoffe der Nahrung .....	44
1.6 Wasserhaushalt .....	46
1.7 Mineralstoffe .....	52
1.8 Verdauung .....	62
1.9 Energiegewinnung .....	67
1.9.1 Die Maßeinheit der Energie .....	68
1.9.2 Grundumsatz .....	69
1.9.3 Spezifisch-dynamische Wirkung .....	70
1.9.4 Energiegewinnung aus Nährstoffen .....	71



<b>2</b>	<b>Ernährung, Leistungsfähigkeit, Belastbarkeit</b> .....	<b>75</b>
2.1	<b>Nahrungsbedarf einer Normalperson</b> .....	75
2.1.1	Eiweiße .....	82
2.1.2	Kohlenhydrate .....	84
2.1.3	Fette .....	85
2.2	<b>Der Nahrungsbedarf von Sportlern</b> .....	88
2.2.1	Kohlenhydratbedarf und sportliche Leistungen .....	88
2.2.2	Energiebereitstellung im Muskel .....	89
2.2.3	Fette und körperliche Leistung .....	95
2.2.4	Eiweiße und körperliche Leistung .....	96
2.2.5	Elektrolyt- und Flüssigkeitsbedarf bei sportlichen Leistungen .....	99
2.3	<b>Ernährung bei Übergewicht</b> .....	103
2.3.1	Gewichtsreduktion und Diäten .....	107
2.3.2	Fasten .....	109
2.3.3	Orientierungshilfen für Übergewichtige .....	110
<b>3</b>	<b>Spezielle Ernährungsfragen</b> .....	<b>111</b>
3.1	Muskelkrämpfe .....	111
3.2	Gewichtmachen .....	112
3.3	„Hungerast“ .....	113
3.4	Vitamine und AOV im Sport .....	116
3.5	Flüssigkeitsersatz .....	118
3.6	Sport und Vegetarismus .....	119
3.7	Vollwerternährung .....	121
3.8	Bioprodukte .....	123
3.9	Säure-Basen-Gleichgewicht .....	124
3.10	Genussmittel und Sport .....	126
3.11	Ergogene Substanzen im Sport .....	128
3.12	Schadstoffe in der Nahrung .....	133
3.13	Gentechnisch veränderte Lebensmittel .....	138
3.14	BSE (bovine spongiforme Enzephalopathie) .....	139

## 4 Stoffwechselkrankheiten und Sport ..... 141

4.1	Diabetes .....	141
4.2	Gicht .....	145
4.3	Metabolisches Syndrom und Hypercholesterinämie .....	147
4.4	Hypertonie .....	149
4.5	Magnesiummangel .....	151
4.6	Eisenmangel .....	153
4.7	Zinkmangel .....	156
4.8	Essstörung .....	158

## 5 Ernährungspläne ..... 161

5.1	Die Periodisierung der Ernährung .....	161
5.2	<b>Ausdauersportarten</b> .....	164
	5.2.1 Basisernährung .....	164
	5.2.2 Vorwettkampfernährung .....	164
	5.2.3 Wettkampfernährung .....	165
	5.2.4 Nachwettkampfernährung .....	165
	5.2.5 Rezeptvorschläge .....	167
5.3	<b>Kraftsportarten</b> .....	187
	5.3.1 Basisernährung .....	187
	5.3.2 Vorwettkampfernährung .....	188
	5.3.3 Wettkampfernährung .....	188
	5.3.4 Nachwettkampfernährung .....	189
	5.3.5 Rezeptvorschläge .....	189
5.4	<b>Schnellkraftsportarten</b> .....	210
	5.4.1 Basisernährung .....	210
	5.4.2 Vorwettkampfernährung .....	210
	5.4.3 Wettkampfernährung .....	211
	5.4.4 Nachwettkampfernährung .....	211
	5.4.5 Rezeptvorschläge .....	211
5.5	<b>Spielsportarten</b> .....	229
	5.5.1 Basisernährung .....	229
	5.5.2 Vorwettkampfernährung .....	229
	5.5.3 Wettkampfernährung .....	229

5.5.4	Nachwettkampfernährung .....	230
5.5.5	Rezeptvorschläge .....	230
<b>5.6</b>	<b>Kampfsportarten</b> .....	<b>247</b>
5.6.1	Basisernährung .....	247
5.6.2	Vorwettkampfernährung .....	248
5.6.3	Wettkampfernährung .....	248
5.6.4	Nachwettkampfernährung .....	249
<b>6</b>	<b>Konzentraternährung und Nahrungssupplemente für Sportler</b> .....	<b>251</b>
<b>7</b>	<b>Getränke und Trinkverhalten</b> .....	<b>259</b>
<b>8</b>	<b>Mineralwässer – gesunde Durstlöscher?</b> .....	<b>265</b>
<b>9</b>	<b>Nährwerttabellen</b> .....	<b>269</b>
	Literatur .....	279
	Sachregister .....	285

# 1 Biochemische Grundlagen

## 1.1 Die Zusammensetzung unserer Nahrung

Unsere Nahrung setzt sich aus den 3 Grundnährstoffen Fett, Kohlenhydrate und Eiweiß sowie Mineralstoffen, Spurenelementen, Vitaminen, Aromastoffen und Wasser zusammen. Ihr unterschiedliches Mischungsverhältnis bedingt die verschiedene energetische und biologische Wertigkeit und nicht zuletzt die geschmackliche Vielfalt unserer Nahrung, die bei entsprechender Zusammensetzung in flüssiger und fester Form als Vollernährung dienen kann (Abb. 1a; 1b). Im Hinblick auf die Zusammensetzung sind wir ebenso auf pflanzliche wie tierische Produkte angewiesen. Dabei handelt es sich zum Teil um Substanzen, die der menschliche Organismus nicht selbst herstellen kann (essenzielle Stoffe) oder zum optimalen Funktionieren in vermehrtem Maße benötigt. Zu diesen essenziellen Nahrungsbestandteilen gehören z. B. tierische Aminosäuren, verschiedene Fettsäuren, Vitamine, Spurenelemente und Rohfasern. Trotz aller Kenntnisse und Fortschritte auf dem Gebiet der Ernährungswissenschaft ist es auch heute noch nicht möglich, eine der natürlichen Nahrung entsprechende vollsynthetische Nahrung herzustellen. Aus ernährungswissenschaftlicher Sicht kann man die ernährungsbedingten Vorgänge im menschlichen Körper in eine katabole und in eine anabole Phase gliedern:

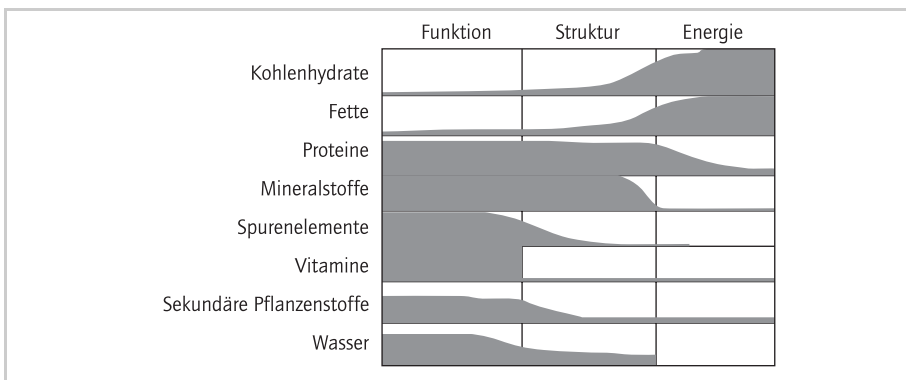
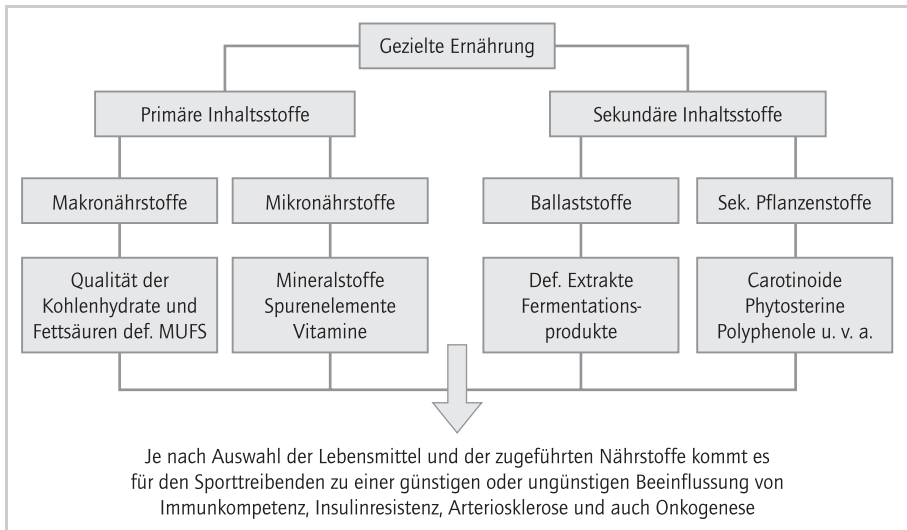


Abb. 1a: Zur sportspezifischen Bedeutung der Nahrungsmittel (Keul et al. 1996).



**Abb. 1b:** Einteilung der Nahrungsmittel aus physiologischer und medizinischer Sicht.

1. In der katabolen Phase werden die hochmolekularen Nahrungsbestandteile bis zu ihren Stoffwechselendprodukten abgebaut (z. B. Stärke zu Monosacchariden, Fette zu Glycerin und Fettsäuren).
2. In der anabolen Phase werden diese Bausteine wieder zu den dem Organismus entsprechenden hochmolekularen Substanzen aufgebaut (z. B. Glukose zu Glykogen, Aminosäuren zu körpereigenem Eiweiß).

Da der Aufbau körpereigener Substanzen in der anabolen Phase aber nur bei Anwesenheit von nicht energieliefernden essenziellen Substanzen (z. B. Vitamine) optimal ablaufen kann, müssen diese ausreichend in der Nahrung enthalten sein. So sagen Angaben in kcal oder Joule, die sich nur auf den energetischen Anteil einer Nahrung beziehen, nichts über ihre physiologische Wertigkeit aus. Von *Hansen* (1973) wurde deshalb der Begriff der Nährstoffdichte (nutrient density) eingeführt. Wir verstehen unter Nährstoffdichte den Quotienten aus den in Lebensmitteln enthaltenen nicht energieliefernden, essenziellen Substanzen in mg (NEE-Substanzen) und dem Brennwert in 1000 kcal bzw. 4187 kJ:

$$\text{Nährstoffdichte} = \frac{\text{NEE-Substanzen in mg}}{\text{Nährstoffe in 1000 kcal bzw. in 4187 kJ}}$$

Je höher die Nährstoffdichte ist, um so hochwertiger ist das Lebensmittel. Da die Nährstoffdichte in unseren Nahrungsmitteln sehr unterschiedlich ist, kann eine einseitige Ernährung zu einer Gesundheitsschädigung führen.

Weiterhin von Bedeutung ist der Begriff des Sättigungswertes eines Nahrungsmittels. Er ist um so größer, je länger das Lebensmittel im Magen verweilt. Kohlenhydrat- und ballaststoffreiche Speisen verlassen den Magen schneller als fettreiche. So wird zwar durch Kohlenhydrate kurzfristig eine schnellere Sättigung erreicht; da sie jedoch den Magen schneller verlassen, ist ihr Sättigungswert geringer als bei fettreicher Kost. Unter Berücksichtigung dieser Tatsache ist eine Mischung von ballaststoffreichen, leicht verdaulichen und schwerer verdaulichen fetthaltigen Lebensmitteln ideal.

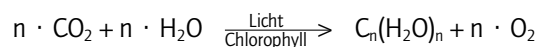
Unsere Nahrung enthält ferner eine Vielzahl von nicht essenziellen Stoffen, die unserem Essen die unterschiedliche geschmackliche Note verleihen (Duft- und Aromastoffe), sowie erwünschte (Konservierungsstoffe) und unerwünschte Fremd- und Zusatzstoffe (z. B. Nitrate, Acrylamid, Rückstände von Pflanzenschutz- und Arzneimitteln sowie Tierfutterbestandteile).

## 1.2 Nährstoffe

### 1.2.1 Kohlenhydrate

Die in der belebten Welt am häufigsten vorkommende Stoffgruppe der „Kohlenhydrate“ leitet ihren Namen von der Tatsache ab, dass sie formal Verbindungen von Kohlenstoff (C) und Wasser (H<sub>2</sub>O) nach der Summenformel C<sub>n</sub>(H<sub>2</sub>O)<sub>n</sub> darstellen.

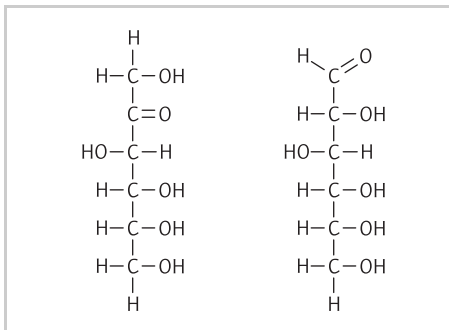
Heute definiert man die Kohlenhydrate (Sammelbegriff für Zucker und Polysaccharide) besser als Dehydrierungsprodukte mehrwertiger aliphatischer Alkohole. Die Synthese von Kohlenhydraten ist nur Pflanzen und Mikroorganismen möglich, die mithilfe von Lichtenergie und Chlorophyll (in der sog. Photosynthese) das Molekül nach folgender Grundgleichung aufbauen:



Die Kohlenhydrate sind sehr energiereiche Verbindungen und werden in der belebten Welt als Bau- und Betriebsstoffe verwandt. Sie gliedern sich in Mono-, Di-, Oligo- und Polysaccharide.

## Monosaccharide

Die Monosaccharide sind die Grundbausteine der Kohlenhydrate. Ihr Kohlenstoffgerüst ist unverzweigt. Sie werden je nach Kettenlänge als Tetrosen (C<sub>4</sub>), Pentosen (C<sub>5</sub>), Hexosen (C<sub>6</sub>), Heptosen (C<sub>7</sub>) und Octosen (C<sub>8</sub>) bezeichnet. Am häufigsten sind jedoch die Hexosen. Einige Pentosen sind wichtige Bestandteile der Nukleinsäuren. Monosaccharide können hydrolytisch nicht weiter gespalten werden. Alle Monosaccharide enthalten eine Carbonylgruppe (C=O). Steht diese am Ende der Kette, so ist das Monosaccharid chemisch ein Aldehyd und wird als Aldose bezeichnet. Steht sie jedoch an einem anderen Kohlenstoffatom (im Folgenden immer als C-Atom abgekürzt), so ist die Verbindung ein Keton und das Monosaccharid wird als Ketose bezeichnet (Abb. 2).



**Abb. 2:** Einteilung der Monosaccharide in Ketosen und Aldosen (links Ketose: D(-)-Fructose; rechts Aldose: D(+)-Glukose).

Wie die Abbildung 2 zeigt, besitzt jedes Monosaccharid eines oder mehrere C-Atome, an denen 4 verschiedenartig aufgebaute Gruppen sitzen. Man bezeichnet solche C-Atome als asymmetrische C-Atome. Verbindungen mit einem asymmetrischen C-Atom haben die Eigenschaft, dass sie polarisiertes Licht zu drehen in der Lage sind: Sie sind optisch aktiv, Rechtsdrehung des polarisierten Lichts wird mit (+), Linksdrehung mit (-) ausgedrückt.

Da die Monosaccharide mehr als ein asymmetrisches C-Atom haben, gibt es von Zuckern mit gleicher Zahl von C-Atomen verschiedene Varianten, sog. Stereoisomere. Die Mehrzahl der natürlichen Zucker gehört zur D-Reihe. Definiert wird die D-Reihe so, dass in der Kettenformel (s. Abb. 3) das von der Carbonylgruppe am weitesten entfernte asymmetrische C-Atom eine OH-Gruppe trägt, die nach rechts zeigt. Steht die OH-Gruppe nach links, so handelt es sich um einen L-Zucker.

Die sog. Kettenformel entspricht in manchen Punkten nicht den Eigenschaften des Zuckers. Aus dem Versuch, Formel und Eigenschaften in Einklang zu bringen, entstanden die Ringformel und, in eine Ebene projiziert, die Projektionsformel (Abb. 3).

Die wichtigen in der Natur vorkommenden Hexosen sind:

**D(+)-Glukose (Traubenzucker, Dextrose):** Glukose (Abb. 2) kommt in freier Form in allen süßen Früchten und im Honig vor. In gebundener Form ist sie das Bauelement von Stärke, Glykogen, Dextrinen und verschiedenen Disacchariden. Beim Menschen beträgt

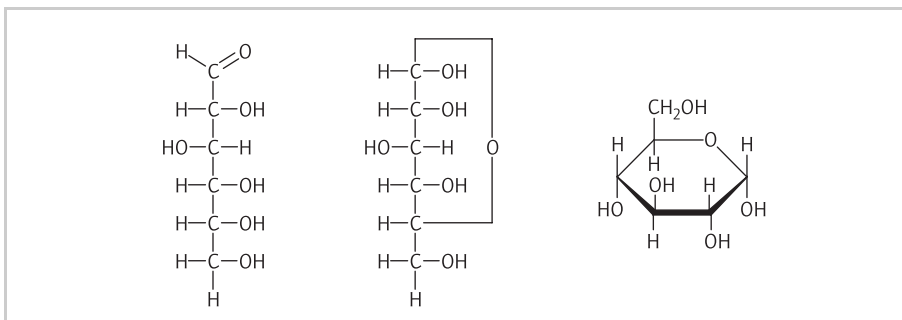


Abb. 3: Kettenformel (links), Ringformel (Mitte) und Projektionsformel (rechts) von D(+)-Glukose.

der Glukosespiegel im Blut 0,1 % (1 g/l). Liegt eine Zuckerkrankheit vor, so ist der Blutzuckerspiegel erhöht, der Organismus kann die vorliegende Energie wegen Insulinmangels (bzw. fehlender Insulinwirkung) nicht nutzen.

**D(-)-Fruktose (Fruchtzucker, Lävulose):** Chemisch ist das Monosaccharid Fruktose (Abb. 2) eine Ketose. In freier Form kommt es zusammen mit der Glukose in Früchten, Pflanzen und im Honig vor. Gebunden treffen wir es in einigen Di-, Oligo-, und Polysacchariden an. Aufgrund des bei Fruktosezufuhr ausbleibenden Glukose- und Insulinanstiegs wird Fruktose als Süßungsmittel in Lebensmitteln für Diabetiker verwendet; in gleicher Weise findet Fruktose, z. B. als Maissirup, vermehrt Einsatz in Lebensmitteln, vor allem in Getränken, um hier den Anteil an insulinwirksamen Kohlenhydraten zu reduzieren und auf diese Weise Lebensmittel mit einem niedrigen glykämischen Index (GI) zu erhalten.

**D(+)-Mannose:** Mannose (Abb. 4) ist in vielen pflanzlichen Membranen, besonders im Seetang enthalten. Sie hat bei der Bildung von Blutgruppensubstanzen eine Bedeutung.

**D(+)-Galaktose:** Galaktose (Abb. 4) ist im Milchzucker (Laktose) enthalten.

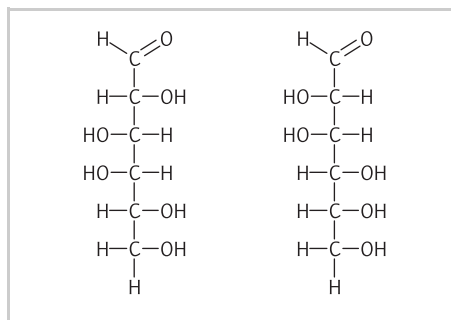


Abb. 4: D(+)-Galaktose (links) und D(+)-Mannose (rechts).



## Disaccharide

Die Disaccharide sind Zweifachzucker, entstanden aus einer glykosidischen Verknüpfung von 2 Monosacchariden. Am bekanntesten sind Saccharose, Laktose und Maltose.

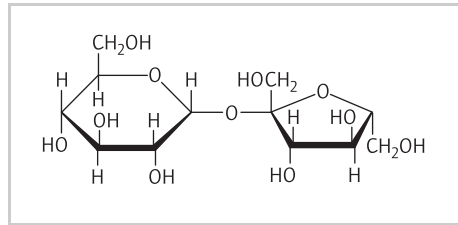


Abb. 5: Saccharose (Rübenzucker).

**Saccharose (Rübenzucker, Rohrzucker, Weißzucker):** Die Saccharose (Abb. 5) besteht aus Glukose und Fruktose. Sie ist „der Zucker“ schlechthin. Gewonnen wird sie hauptsächlich aus Zuckerrüben und Zuckerrohr, kommt aber auch in anderen Pflanzen vor, so z. B. in Süßkartoffeln, Zuckerahorn, Zuckermais, Steinobst usw.

Der Bienenhonig ist überwiegend ein „Invertzucker“, entstanden durch enzymatisch-hydrolytische Spaltung der Saccharose.

**Maltose (Malzzucker):** Die Maltose besteht aus 2 Molekülen Glukose und ist besonders in keimenden Getreidesamen enthalten. Sie entsteht als Zwischenprodukt bei der Stärkespaltung durch das Ferment (= Enzym) Amylase, das im menschlichen Organismus als Mundspeichel- und Bauchspeichelamylase vorkommt.

## Isomaltulose

Isomaltulose ist ein  $\alpha$ -1,6 glykosidisch verbundenes Disaccharid aus Glukose und Fruktose. Aufgrund der  $\alpha$ -1,6 glykosidischen Bindung wird Isomaltulose im Dünndarm nur langsam von Disaccharidasen gespalten. Infolgedessen führt der Verzehr des reduzierenden Disaccharids im Vergleich zu Saccharose und Maltose zu einem geringeren Blutglukose- und Insulinanstieg (jedoch höher als Fruktose). Dennoch wird Isomaltulose vollständig im Dünndarm gespalten und ist definitionsgemäß ein sogenanntes „vollständig verfügbares“ Kohlenhydrat.

In Honig und Zuckerrübensaft kommt Isomaltulose natürlich vor. Kommerzielle Isomaltulose (Palatinose™) entsteht durch enzymatische Umwandlung aus Saccharose und ist das 1. Zwischenprodukt der Herstellung von Isomalt, einem Zuckeraustauschstoff.

**Laktose (Milchzucker):** Das Disaccharid Laktose besteht aus den Monosacchariden Galaktose und Glukose. Es kommt in der Milch aller Säuger vor. Sonst ist es in der Natur nicht anzutreffen. Laktose ist das erste Kohlenhydrat, das der natürlich ernährte Säugling zu sich nimmt. Es gibt aber auch Milchzuckerunverträglichkeit (Laktoseintoleranz).

Weitere Zuckersorten, z. B. Turanose, Trehalose, Melizitose kommen, meist als Di- und Trisaccharide in geringeren Mengen in Wild- und Nutzpflanzen und im Honig als natürlichem Lebensmittel vor.

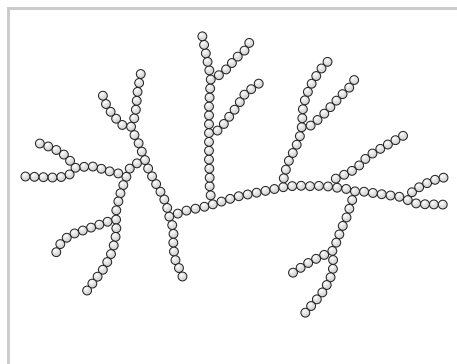
### Oligosaccharide

Verbinden sich 3 bis 10 Monosaccharide miteinander, so entsteht ein Oligosaccharid. Tri-, Tetra-, und Pentasaccharide kommen besonders in Pflanzensamen und Wurzeln vor. Durch Hydrolyse kann man aus ihnen wiederum die entsprechenden Monosaccharide gewinnen. (Buddecke 1994; Cremer et al. 1980; Die Dextrose 1962; Schürch 1980).

### Polysaccharide

Setzt sich ein Kohlenhydrat aus mehr als 10 Monosacchariden zusammen, so wird es als Polysaccharid bezeichnet. Kohlenhydrate liegen in der Natur größtenteils als Polysaccharide vor. Sie dienen als Gerüst- und Speichersubstanz. Zu den Speicherpolysacchariden gehören die pflanzliche Stärke (Amylose, Amylopektin) sowie die tierische Stärke (Glykogen) (Abb. 6). Amylopektin und Glykogen bestehen aus verzweigten Ketten von Glukosemolekülen, Amylose ist dagegen ein unverzweigtes Polysaccharid.

Im Gegensatz zu Glukose ist das Glykogen osmotisch inaktiv und wird in der Leber und vor allem im Skelettmuskel gespeichert. Je nach Ernährungs- und Trainingszustand liegt die Speicherkapazität zwischen 300 und 800 g.



**Abb. 6:** Schema des molekularen Aufbaus von Glykogen.

## 1.2.2 Fette (Lipide)

Fette sind wasserunlösliche Moleküle und gehören zu den essenziellen Bestandteilen einer jeden Zelle. Chemisch sind sie Ester des dreiwertigen Alkohols Glycerin mit Fettsäuren.

Sind alle 3 Alkoholgruppen des Glycerins mit Fettsäuren abgesättigt, so spricht man von einem Triglyzerid oder Neutralfett. Enthält das Glycerinmolekül nur 1 oder 2 Fettsäuren, so bezeichnet man es als Mono- oder Diglyzerid. Die Nahrungsfette in Butter, Speck und Öl sind fast ausschließlich Triglyzeride (Abb. 7).

Fettsäuren sind kettenförmig verbundene C-Atome, die Wasserstoffatome tragen und am Ende eine Säuregruppe (-COOH) haben. Sind die C-Atome mit Wasserstoffatomen abgesättigt, so spricht man von „gesättigten“ Fettsäuren. Bestehen jedoch Doppelbindungen zwischen den C-Atomen (-HC=CH-), so nennt man diese Fettsäuren „ungesättigt“. Je nach der Zahl der Doppelbindungen unterscheidet man einfach-, mehrfach- und hochungesättigte Fettsäuren (Abb. 8).

Fette haben im Organismus nicht nur energetische, sondern auch biologische und regulatorische Funktionen. Eine hohe biologische Bedeutung haben die mehrfach ungesättigten Fettsäuren (MUFs) wie z. B. Linolsäure, Linolen- und Eikosapentaensäure.

Ein wichtiger Unterschied in der Fettsäurequalität ist dadurch gegeben, dass sich bei den Omega-3-Fettsäuren die erste Doppelbindung bereits am dritten C-Atom, von der Methylgruppe an gerechnet und nicht an sechster Stelle (Omega-6-Säuren) wie z. B. bei der Linolsäure befindet. Die Bezeichnungen Omega-3 und Omega-6 kennzeichnen unterschiedliche Fettsäurefamilien, die für die menschliche Ernährung eine große Bedeutung haben (Berg et al. 1993). Weder vom Menschen noch vom Tier kann eine ungesättigte Fettsäure vom Methylende bis zur ersten Doppelbindung verändert werden, sodass sie metabolisch streng getrennte Wege gehen. Der hohe Gehalt von Omega-3-Fettsäuren in Kaltwasserfischen, wie z. B. Lachs, Makrelen, Heringen und Sardinen, ist mit großer Wahrscheinlichkeit einer der Schutzfaktoren der Eskimodiät wie auch der mediterranen Kost, der über günstige Umstellungen im Stoffwechsel des Endothels und der Blutzellen vor der Arteriosklerose und der Ausbildung der koronaren Herzkrankheit schützt. Neben den Fischölen werden allerdings aktuell vermehrt auch Pflanzenöle mit einem hohen Anteil an der einfach ungesättigten Ölsäure (Olivenöl, Rapsöl) für die gesundheitsfördernde Wirkung der Mittelmeerkost verantwortlich gemacht (de Lorgeril et al. 1999).

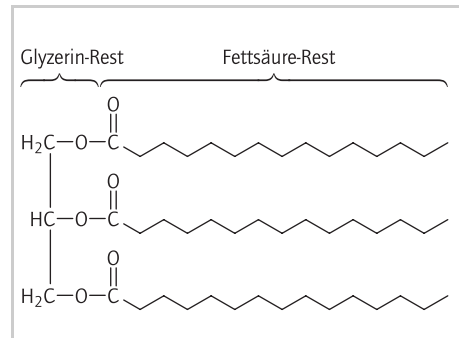


Abb. 7: Aufbau eines Triglyzerids.

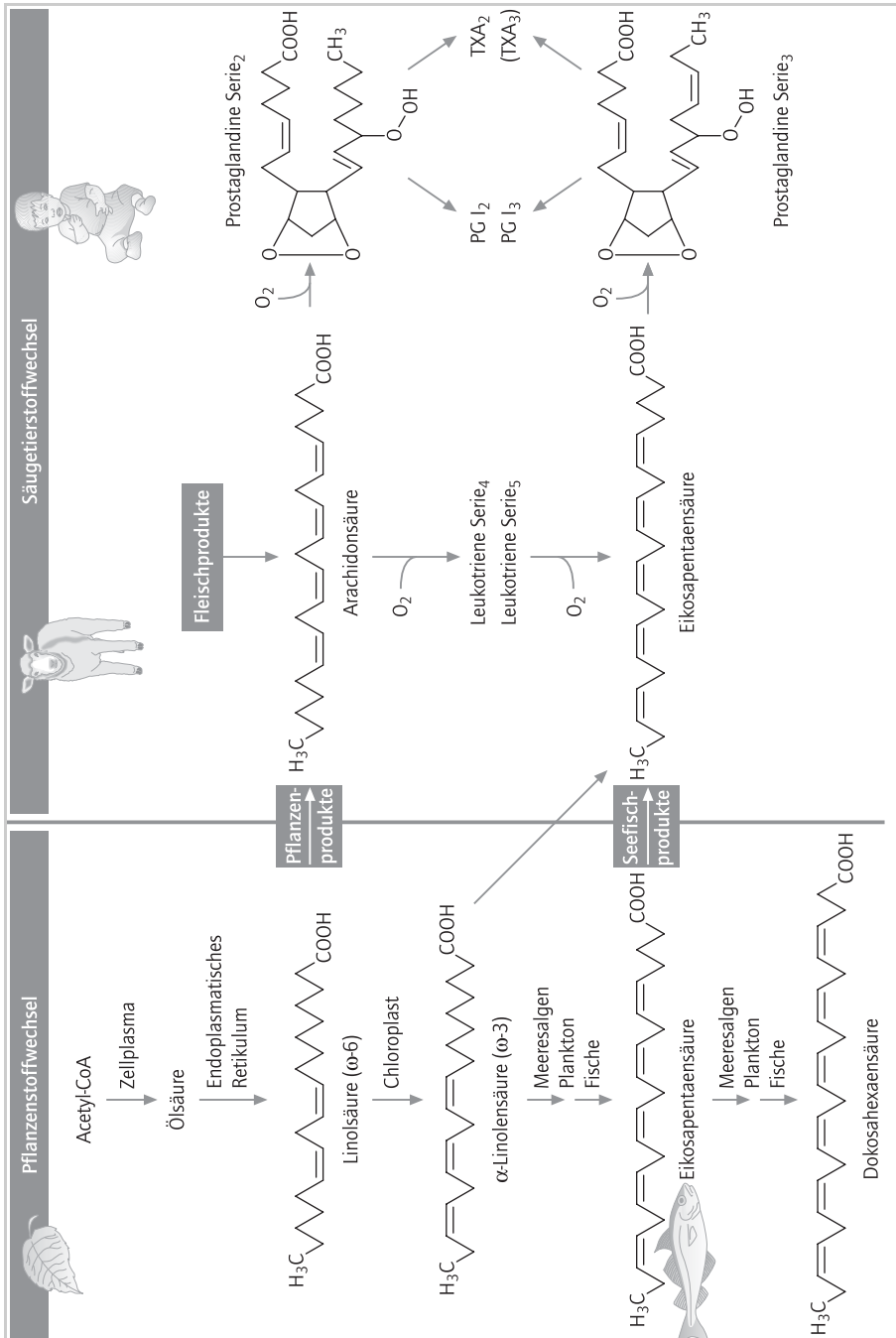


Abb. 8: Biologische und regulatorische Bedeutung mehrfach ungesättigter Fettsäuren bei der Prostaglandin- und Leukotriensynthese (Berg et al. 1993).

Fette, die reich an ungesättigten Fettsäuren sind, haben einen niedrigen Schmelzpunkt und sind flüssig. Sie werden als Öle bezeichnet. Feste Fette wie Talg, Speck und Kocosfett bestehen aus überwiegend gesättigten Fettsäuren. Im Speicherfett der Säugtiere finden sich ebenfalls einfach ungesättigte Fettsäuren (Lehninger 1979; Ludwig 1968; Stryer 1990) sowie große Mengen an gesättigten Fettsäuren wie Palmitinsäure in den Triglyzeriddepots, die nach Bedarf mittels hydrolytischer Spaltung (Lipolyse) ins Blut freigesetzt werden. Interessanterweise ist die Zusammensetzung dieser Fettdepots individuell, d. h. geprägt durch die jeweilige Lebensweise, sehr konstant und kann erst mit einer erheblichen Halbwertszeit von mehr als 1 Jahr merkbar verändert werden.

Untersuchungen ergaben (Ivanov 1964), dass das Klima aller Wahrscheinlichkeit nach einen entscheidenden Einfluss auf das Fettsäuremuster bei Pflanzen hat. So finden sich in Pflanzen kälterer Klimazonen überwiegend ungesättigte Fettsäuren mit niedrigem Schmelzpunkt. In tropischen Klimazonen überwiegen dagegen gesättigte Fettsäuren mit höherem Schmelzpunkt. Lediglich bei Pflanzensamen tropischer Gewächse finden sich in einem höheren Prozentsatz ungesättigte Fettsäuren (Kakaobohne, Mandel). Kommen jedoch Pflanzen in heißen und kühlen Klimazonen gleichzeitig vor, so legen sie in kühlen Zonen Fettdepots mit ungesättigten und in heißen Zonen solche mit gesättigten Fettsäuren an.

Fette haben für den tierischen und menschlichen Organismus eine große Bedeutung (Stryer 1990). Sie dienen als

1. Energiequelle
2. Wärmeproduzent, Wärmespeicher und Isolierungsschicht
3. Stütz- und Polstersubstanz
4. Lösungsvermittler für fettlösliche Vitamine
5. Bausteine der artspezifischen Zusammensetzung der Zellen
6. Teilnehmer am Zwischenstoffwechsel der Zellen

**Energiequelle:** Das aus den Speichergeweben (Unterhautfettgewebe) leicht mobilisierbare Fett liefert bei der Verbrennung von 1 g ca. 9,3 kcal. Es hat als Energielieferant annähernd die gleiche Bedeutung wie Glukose. Zwischen dem Glukose- und Fettstoffwechsel bestehen enge Beziehungen. So können Glukosemetaboliten bei verschiedenen Tierarten in Fettsäuren und Glycerin umgewandelt werden („das Nudeln der Gänse“). Beim Menschen ist dieser von der Natur als Überlebensvorteil (z. B. Winterfettreserven bei Pflanzenfressern) angelegte Stoffwechselweg der „Kohlenhydratmast“ nur bedingt angelegt, sodass er nur einen begrenzten Anteil an der Ausbildung des Übergewichts bei einer überkalorischen, Kohlenhydrat orientierten Ernährung spielt oder erst bei chronisch erhöhter Zufuhr von Kohlenhydraten mit positiver Energiebilanz und

vorliegender genetischer Disposition zur De-novo-Fettsäure-Synthese wirksam wird. Entscheidender für die Ausbildung des Übergewichts ist, dass mit der Nahrung als Fett zugeführte Überschusskalorien bevorzugt als Energiereserven in den Fettdepots gespeichert werden können (Ravussin und Bogardus 2000, Ravussin und Smith 2002).

**Wärmeproduzent, Wärmespeicher, Isolierungsschicht:** Die hohe Agilität des Warmblüters Mensch stellt an den Wärmehaushalt erhöhte Ansprüche. In unserem Organismus sind den Stoffwechselprozessen einschließlich der Leistungsfähigkeit des Gehirns jedoch enge Temperaturgrenzen gesetzt. An dieser Temperaturkonstanthaltung ist das Fett entscheidend beteiligt. Das fetthaltige, stoffwechselaktive Unterhautgewebe verhindert durch die geringe Wärmeleitfähigkeit eine übermäßige Wärmeabstrahlung. Cahill (1964) nannte das Unterhautfettgewebe eine „elektrisch beheizte Woldecke“.

Möglicherweise haben Frauen wegen ihres stärkeren Unterhautfettgewebes eine gegenüber Männern bessere Kältetoleranz. Andererseits schützt die Unterhautfett-schicht des Organismus ebenso bei heißen Temperaturen vor Überwärmung.

Trifft den Organismus ein Kältereiz, so werden vermehrt freie Fettsäuren und Glyko-gen freigesetzt und zur Erzeugung von Wärme verbrannt.

**Stütz- und Polstersubstanz:** Freiwillige und unfreiwillige Hungerzustände haben gezeigt, dass selbst im Finalstadium bei Hungernden noch Fettgewebe zu finden ist, so u. a. im Bereich der Ferse, der Niere, der Augenhöhlen und des Kehlkopfes. Das Fettgewebe schützt hier empfindliche Organe vor Druckbelastungen. Es fixiert Darmschlingen in ihrer Lage und füllt tote Winkel aus. Die Spannung der jungen Haut wird durch den Flüssigkeitsdruck (Turgor) der Fettzellen gewährleistet. Durch Alterung oder Schädigung (UV-Strahlen) der Haut lässt der Turgor nach, und die Haut wird faltig.

**Lösungsvermittler für fettlösliche Vitamine:** Bei zu geringer Fettaufnahme besteht die Gefahr einer verminderten Aufnahme der fettlöslichen Vitamine A, D, E und K. Es kommt zu Vitaminmangelzuständen (Hypovitaminosen) und damit zu Störungen des Stoffwechselgleichgewichtes (s. Kap. 1.3).

**Zellbausteine:** Nicht nur die Zellen selbst, sondern auch ihre Organellen (Mitochondrien, Ribosomen, Mikrosomen) werden von Membranen umgeben. Diese zellartspezifischen Membranen müssen sowohl für wasserlösliche als auch für fettlösliche stoffwechselaktive Substanzen durchlässig sein. Um diese Durchgängigkeit (Permeabilität) zu gewährleisten, bestehen alle Membranen aus Fett-Eiweiß(Lipoid-Protein)-Komplexen. Untersuchungen haben ergeben, dass die Membranen bei Bakterien überwiegend

gesättigte, bei Säugetieren und Menschen dagegen vornehmlich ungesättigte Fettsäuren enthalten.

Typischerweise findet sich ein solcher Membranaufbau auch in körpereigenen und biologischen Partikeln (Lipoproteine, Liposome), die in wässriger Umgebung (Blut, Lymphe, Galle, Milch) Fette, in der Regel als Triglyzeride, transportieren müssen.

**Zwischenstoffwechsel der Zellen:** Obwohl bei der Speicher-, Wärme- und Stützfunktion unter den verschiedenen Neutralfetten Gleichwertigkeit besteht, sind sie im Stoffwechsel jedoch keinesfalls untereinander ersetzbar. Fehlen in unseren Nahrungsfetten essenzielle Fettsäuren, so kommt es zu Mangelercheinungen. Solche Störungen werden anlagebedingt in der Ätiologie von atopischen Hauterkrankungen (Neurodermitis) diskutiert und sind bei einer monatelang anhaltenden, fettarmen „Formula-Diät“ beobachtet worden. Der dabei auftretende, juckende und schuppige Hautausschlag ging nach Linolsäuregaben bzw. gezielter Zufuhr von gamma-Linolensäure (als Nachtkerzenöl) wieder zurück (Horrobin 2000). Eigene Erfahrungen zeigen zudem, dass gerade in der Sporternährung eine ungünstige Fettauswahl (ungenügende oder fehlende Zufuhr von MUFS) zu einer reduzierten Belastbarkeit und erhöhten sportinduzierten Entzündungsreaktion bei Leistungssportlern führen kann; in gleicher Weise kann durch die gezielte Zufuhr von MUFS die zuvor beschränkte Belastbarkeit und Erholungsfähigkeit nachweislich verbessert werden (Bauer et al. 1993a; Berg et al. 1993; König et al. 1997b, 2001).

### **Lipoide (fettähnliche Substanzen)**

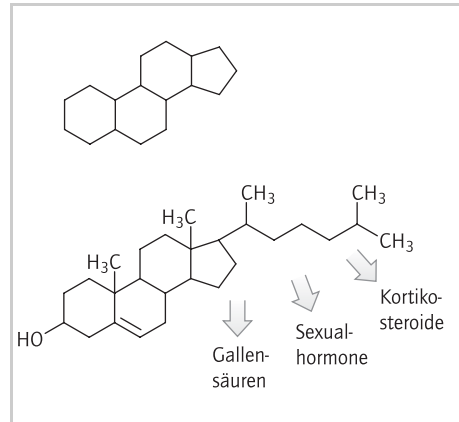
Zu den Lipoiden zählt man eine Reihe fettähnlicher Substanzen unterschiedlicher chemischer Struktur.

Am bekanntesten sind die *Phospholipide* und hiervon wiederum das Lezithin. Besonders häufig finden sich Phospholipide in stoffwechselaktiven Organen wie in Herz, Niere, Gehirn und Muskeln. In ihrem chemischen Aufbau ähneln die Phospholipide den Neutralfetten. Anstelle einer Fettsäure enthalten sie Phosphorsäure. Aufgrund ihres physiologischen Verhaltens haben sie im Stoffwechsel eine große Bedeutung, indem sie zwischen öligen und wässrigen Komponenten vermitteln.

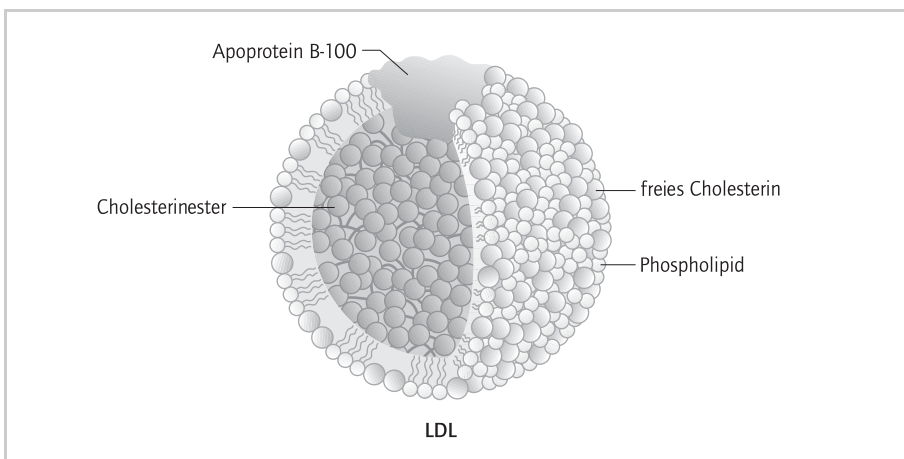
Auch *Cholesterin* und seine Ester gehören zu den Lipiden. Die Grundstruktur ist ein Sterangerüst (Abb. 9), das auch in Kortikosteroiden, Sexualhormonen, Gallensäuren etc. vorliegt. Das Cholesterin im menschlichen Organismus entstammt sowohl der Nahrung (z. B. Butter, Eier) als auch der körpereigenen Synthese. Es ist Ausgangspunkt für

Hormone und Gallensäuren und Strukturbestandteil von Zellmembranen. Zivilisationsbedingter erhöhter Verbrauch tierischer, d.h. gesättigter Fette und Stoffwechselstörungen lassen den Cholesterinspiegel über ein vom Organismus tolerierbares Maß ansteigen. Die Folgen sind Arteriosklerose und daraus ableitbare Erkrankungen wie Angina pectoris, Herzinfarkt und Durchblutungsstörungen der Gliedmaßen und des Gehirns.

Beurteilte man früher das Gesamtcholesterin im Hinblick auf die Arterioskleroseentstehung, so wissen wir heute, dass es mehrere, in ihrer Wirkung unterschiedliche Lipoproteine gibt. Je nach Dichte unterscheiden wir die fettreichen, physikalisch locker strukturierten VLDL (very low density lipoproteins), die dicht gepackten, stark cholesterinhaltigen LDL (low density lipoproteins) und die relativ fettarmen, eiweißreichen HDL (high density lipoproteins) (Abb. 10). Während ein hoher LDL-Pegel im Blut erhöhte Arteriosklerosegefahr bedeutet, wird dem HDL-Cholesterin eine Schutzwirkung nachgesagt. Man kann deshalb volkstümlich vom „guten“ und vom „bösen“ Cholesterin sprechen (Glatzel 1984). Aus dem Gesagten geht also hervor, dass bereits normale oder moderat erhöhte Cholesterinspie-



**Abb. 9:** Der Steranring (oben) ist Grundbaustein des Cholesterins (unten).



**Abb. 10:** Schematische Darstellung des LDL-Lipoproteinpartikels.



gel bei ungünstiger Verteilung von HDL- und LDL-Cholesterin mit einem erhöhten atherogenen Risiko einhergehen können; andererseits können gerade bei Ausdauersportlern oder jungen Frauen erhöhte Gesamtcholesterinspiegel über eine überdurchschnittliche Erhöhung im guten HDL-Cholesterin bei dann allerdings gleichzeitig niedrigen Triglyzeridwerten vorliegen (Berg et al. 1994b). Es kommt also auf die Einzelaktionen an (Tab. 1). So ist bekanntlich die Todesrate der Maori in Neuseeland sehr hoch, da man bei ihnen einen niedrigen HDL-Cholesterinwert findet. Bei den Eskimos ist der Herzinfarkt selten, obwohl sie sich überwiegend von tierischer Kost ernähren, da sie neben den bereits beschriebenen günstigen Bluteigenschaften stark erhöhte HDL-Cholesterinwerte aufweisen (Glatzel 1973a, 1976). Aktuelle Empfehlungen zur Diagnostik und Beurteilung von Blutfetten (HDL-, LDL-Cholesterin, Triglyzeride), deren Zielwerte sowie zur Therapie von Fettstoffwechselstörung finden Sie auf der Homepage der Deutschen Gesellschaft zur Vermeidung von Fettstoffwechselstörungen und deren Folgeerkrankungen (Lipidliga) e. V. ([www.lipid-liga.de](http://www.lipid-liga.de)).

In Speziallabors können mittels aufwendiger und zeitintensiver Analytik mit präparativer Ultrazentrifugation zusätzlich zu den Lipoproteincholesterinfraktionen (HDL- und LDL-Cholesterin) noch weitere Lipoprotein-Subfraktionen wie HDL<sub>2</sub> und HDL<sub>3</sub> sowie die sogenannten „kleinen dichten“ atherogenen LDL (small dense LDL, LDL-6) charakterisiert werden. Die vorliegende Verteilung der spezifischen Subfaktoren (erniedrigtes HDL<sub>2</sub> und erhöhtes LDL-6) kann das individuelle atherogene Risiko noch differenzierter wiedergeben als das HDL-LDL-Cholesterinverhältnis (Halle et al. 1999a; Berg et al. 1997b).

**Tab. 1:** Werte der Fettfraktionen im Blut unter normalen und pathologischen Bedingungen (Lipidliga 2004).

Fettfraktionen	Normalbereich	Sicher pathologisch
Triglyzeride	Bis 150 mg % (bis 1,71 mmol/l)	Über 200 mg % (über 2,28 mmol/l)
Gesamtcholesterin	Bis 200 mg % (bis 5,18 mmol/l)	Über 250 mg % (über 6,48 mmol/l)
HDL-Cholesterin (♂)	Über 55 mg % (über 1,42 mmol/l)	Unter 35 mg % (unter 0,91 mmol/l)
HDL-Cholesterin (♀)	Über 65 mg % (über 1,68 mmol/l)	Unter 45 mg % (unter 1,17 mmol/l)
LDL-Cholesterin	Unter 130 mg % (unter 3,9 mmol/l)	Über 190 mg % (über 4,9 mmol/l)

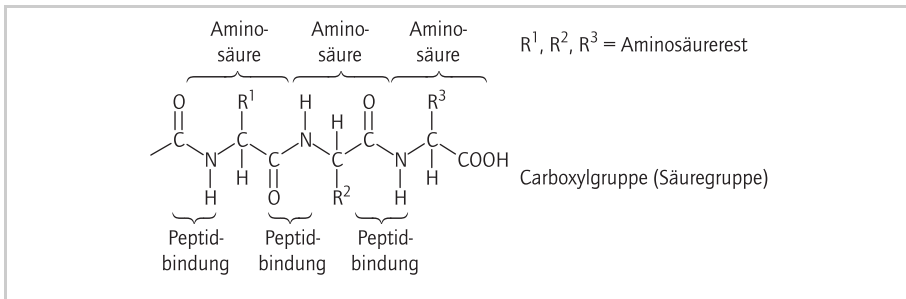


Abb. 11: Struktur eines Peptids.

### 1.2.3 Eiweiße (Proteine)

Eiweiße findet man in jedem Teil einer Zelle. Bisher sind weit über 1000 verschiedene Proteine bekannt. Ein Protein besteht aus einer genetisch festgelegten, charakteristischen Reihenfolge (Sequenz) von Aminosäuren. Die aufeinanderfolgenden Aminosäuren sind in unverzweigten Ketten angeordnet und durch Amidbrücken (Peptidbindung) miteinander verbunden. Am Kettenende findet sich eine freie Säuregruppe (-COOH, Carboxylgruppe) (Abb. 11).

Bei 2 bis 9 Aminosäuren spricht man von „Oligopeptiden“. „Polypeptide“ enthalten 10 bis 100 Aminosäuren, während als „Proteine“ Eiweiße mit mehr als 100 Aminosäuren bezeichnet werden.

Natürliche Proteine liegen in typischen Formen vor (Abb. 12):

1. Faserproteine. Die Peptidketten (= Polypeptide) sind entsprechend einer Achse parallel angeordnet. Es entsteht ein Strang. Diese Struktur findet sich vorwiegend in Stütz- und Bindegewebe (Haare, Horn, Kollagen, Knochen, Sehnen usw.).
2. Globuläre Proteine. Die Polypeptide sind verknäuel. Sie sind in Wasser gut löslich und diffundieren leicht (Enzyme, Hormone, Antikörper). Außerdem sind sie als Myosin, ein Strukturelement des Muskels, zu finden.

### Aminosäuren

Die elementaren Bausteine der Proteine sind die Aminosäuren. Von den bekannten über 200 Aminosäuren kommen in den Eiweißen regelmäßig 20 bis 25 Aminosäuren vor. Aber auch freie Aminosäuren sind zu ca. 10 % in allen Geweben und Körpersäften zu finden. Die Strukturformel einer Aminosäure besteht, von wenigen Ausnahmen ab-

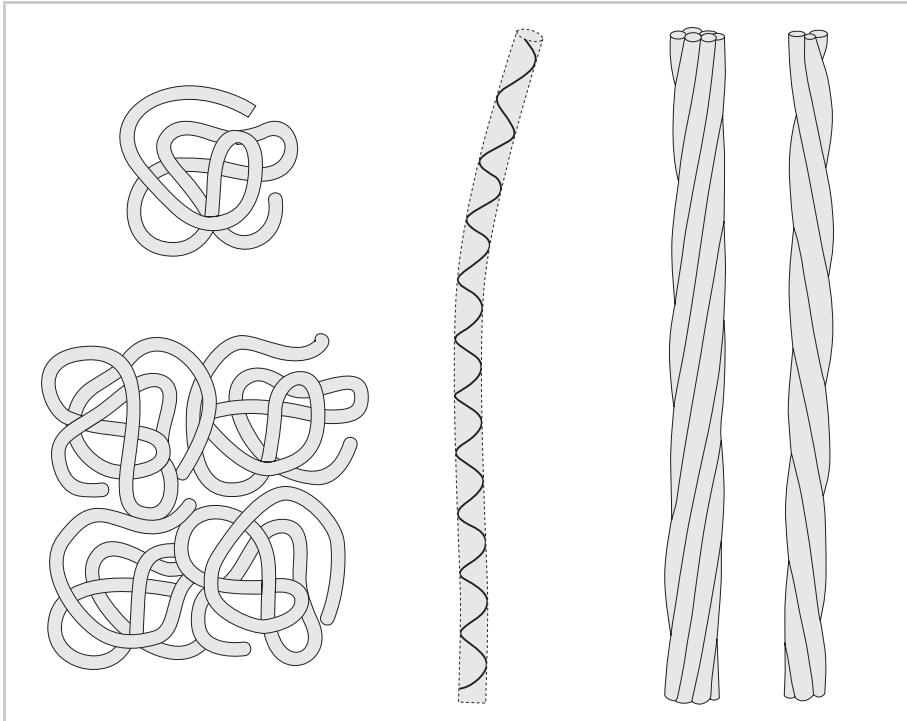


Abb. 12: Globuläre Proteine (links) und Faserproteine (rechts) (aus Lehninger 1974).

gesehen, aus einer Carboxylgruppe (-COOH), einer Aminogruppe (-NH<sub>2</sub>) und einer Ketten- oder Ringseitengruppe (-R), die an ein C-Atom gebunden sind (Abb. 13).

Eine biologisch wichtige Eigenschaft der Aminosäuren ist, dass sie aufgrund ihrer chemischen Struktur als „Zwitterion“ wirken, d. h. je nach pH-Wert ändert sich der Dissoziationsgrad der Carboxylgruppe bzw. der Aminogruppe. In saurem Milieu ist also die Carboxylgruppe nicht dissoziiert (-COOH), dafür die Aminogruppe (NH<sub>3</sub><sup>+</sup>), und umgekehrt dissoziiert in alkalischem Milieu die Carboxylgruppe (-COO<sup>-</sup>), und die Aminogruppe (-NH<sub>2</sub>) bleibt undissoziiert.

Für den Menschen spielen 20 Aminosäuren beim Aufbau der Proteine eine Rolle (proteinogene Aminosäuren). Die Synthese aller 20 Aminosäuren ist nur einigen Bakterien möglich. Der Mensch kann nur die Hälfte selbst synthetisieren, die restlichen müssen durch die Nahrung aufgenommen werden. Letztere bezeichnet man daher als „essen-

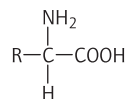


Abb. 13: Grundstruktur einer Aminosäure.

ziell“ (lebensnotwendig), die übrigen Aminosäuren sind „nicht essenziell“ (Tab. 2).

Die im Körper vorkommenden Aminosäuren werden zusätzlich auch über ihre Eigenschaften im Zwischenstoffwechsel unterschieden. So können Aminosäuren zum einen (glukogene Aminosäuren wie Glycin, Alanin) als desaminierte C-Bausteine bevorzugt im Glukose- und Glykogenstoffwechsel (Glukoneogenese) verwendet werden, zum anderen (ketoplastische Aminosäuren wie die verzweigtkettigen BCAA) bevorzugt als Energieträger für die  $\beta$ -Oxidation dienen. Bei Ausdauerbelastung sind beide Stoffwechselwege, Glukoseersatz und Energieträger, zur Aufrechterhaltung der körperlichen und mentalen Leistungsfähigkeit von Sportlern von Bedeutung und tragen zum vermehrten Umsatz von Aminosäuren und Bedarf von Eiweißen bei Ausdauersportlern bei.

Enthält ein Protein neben den Aminosäuren noch andere organische Verbindungen, so bezeichnet man es als zusammengesetztes Eiweiß (Proteid). Proteine mit Kohlenhydraten nennt man Glykoproteide, mit Nukleinsäuren Nukleoproteide, mit Lipiden Lipoproteide, mit Metallen Metalloproteide.

Diese spezifischen Proteine spielen bei allen biologischen Prozessen eine entscheidende Rolle, so z. B. bei der Weitergabe genetischer Informationen (Nukleoproteide), bei Transport und Speicherung von Molekülen (Lipoproteide, Glykoproteide, Metalloproteide).

Proteine im menschlichen Organismus haben mannigfaltige Aufgaben. Es gibt keinen biochemischen Prozess, an dem sie nicht mitbeteiligt sind (Stryer 1990):

1. Enzymatische Katalyse: Alle Stoffwechselvorgänge im Organismus werden durch Enzyme (Biokatalysatoren) katalysiert, die wiederum aus Proteinen bestehen.
2. Transport und Speicherung: Das Protein Hämoglobin z. B. dient als Vehikel für den Sauerstofftransport. Eisen kann durch das Protein Ferritin in der Leber gespeichert werden.
3. Bewegungskoordination: Durch die aus Eiweiß bestehenden kontraktile Elemente des Muskelgewebes ist eine gerichtete Bewegung möglich.
4. Mechanische Stützfunktion: Durch Kollagenfasern gewinnen Gewebe und Knochen an Zugfestigkeit. Kollagen stellt ein Faserprotein dar.

Tab. 2: Aminosäuren.

Nicht essenziell	Essenziell
Alanin	Arginin
Asparaginsäure	Histidin
Aspartat	Isoleucin
Cystein	Leucin
Glutamat	Lysin
Glutaminsäure	Methionin
Glycin	Phenylalanin
Prolin	Threonin
Serin	Tryptophan
Tyrosin	Valin

5. Abwehrfunktion: Die im Organismus kreisenden Antikörper sind spezifische Proteine, die durch eine Antigen-Antikörperreaktion Fremdstoffen binden können.
6. Übertragung von Nervenimpulsen: Rezeptorproteine übertragen Nervenimpulse an den Synapsen (Verbindungsglieder der Nervenzellen).
7. Übertragung von Erbinformationen.
8. Kontrolle der Differenzierung im genetischen Bereich: Repressorproteine (Hemmproteine) hemmen in einer Zelle alle die genetischen Informationen, die für die spezielle Aufgabenstellung der Zelle nicht vonnöten sind.

### 1.3 Vitamine

---

Vitamine sind lebensnotwendige (essenzielle) Substanzen, die der Organismus zur Aufrechterhaltung seiner Stoffwechselprozesse benötigt und die er nicht selbst herstellen kann.

Beim Fehlen von Vitaminen (Avitaminosen) oder Vitaminmangel (Hypovitaminosen) kommt es zu Störungen des Wachstums, der Fortpflanzung, zu schweren Krankheiten bis hin zum Tode.

Umgekehrt können sich auch Überdosierungen (Hypervitaminosen) schädlich auswirken, z. B. bei Vitamin A bzw. D.

Vitamine sind ihrer chemischen Struktur nach recht unterschiedliche organische Substanzen, von denen der Mensch pro Tag nur wenige Mikrogramm bis Milligramm benötigt. Daher ist die Bezeichnung Vitamine, die sich zusammensetzt aus vita (= das Leben) und amin (= stickstoffhaltige Verbindung), unzutreffend und nur historisch zu verstehen. Wichtig ist die Unterteilung der Vitamine in fett- und wasserlösliche Substanzen (Tab. 3) (Vitamin-Compendium 1970).

Die wasserlöslichen Vitamine und Vitamin K sind Bestandteile von Enzymen (Biokatalysatoren, die Stoffwechselschritte ermöglichen). Fehlen diese Vitamine (sog. Coenzyme), so ist der Stoffwechselschritt nicht möglich. Alle anderen Vitamine sind an bestimmte Zell- und Organsysteme gekoppelt und greifen so in die Stoffwechselforgänge ein.

Normalerweise enthält eine gemischte Kost ausreichende Mengen an Vitaminen und Mineralstoffen. Durch Lagerung, Lichteinwirkung und Garungsprozesse geht jedoch ein Großteil der Vitamine verloren, sodass Hypovitaminosen häufiger vorkommen als angenommen wird.

Tab. 3: Unterteilung der Vitamine.

Wasserlöslich	Fettlöslich
Thiamin (Vitamin B <sub>1</sub> )	Retinol (Vitamin A)
Riboflavin (Vitamin B <sub>2</sub> )	Calciferol (Vitamin D)
Nikotinsäureamid	Tocopherol (Vitamin E)
Pantothensäure	Phyllochinon (Vitamin K)
Biotin	
Folsäure	
Pyridoxin (Vitamin B <sub>6</sub> )	
Cobalamin (Vitamin B <sub>12</sub> )	
Ascorbinsäure (Vitamin C)	

Deshalb sollte man folgende Regeln beachten:

1. Obst und Gemüse nicht lange Licht und hohen Temperaturen aussetzen.
2. Obst und Gemüse nicht lange im Wasser stehen lassen.
3. Beim Garen wenig Wasser benutzen (dünsten).
4. Den Garungsprozess so kurz wie möglich halten (Druckkochtöpfe).
5. Das Garwasser des Gemüses für Suppen verwenden.
6. Gemüse nicht in kaltem Wasser zum Kochen aufsetzen.

### 1.3.1 Wasserlösliche Vitamine

#### Thiamin, Aneurin (Vitamin B<sub>1</sub>)

**Vorkommen:** In der Hefe sowie in allen Getreidearten, vor allem aber in der Schale und im Keimling, in Hülsenfrüchten, Gemüse, Milch, Fleisch (Herz, Niere, Hirn).

**Physiologische Funktionen:** Das Thiamin hat als Coenzym eine wichtige Funktion im Kohlenhydratstoffwechsel, indem es an der oxidativen Decarboxylierung von Pyruvat zu Acetyl-CoA beteiligt ist, wodurch der Eingang in den Krebszyklus (Zitronensäure-Zyklus) geschaffen wird. Es ist deshalb besonders für die Organe von Bedeutung, die einen großen Umsatz an Kohlenhydraten haben und die Pyruvat und Laktat als Energiequelle verwenden (Skelett und Herzmuskulatur). Hieraus lässt sich auch die große Bedeutung des Vitamins B<sub>1</sub> für den Leistungssport und im Speziellen für die aerobe Freisetzung von Energie aus Kohlenhydraten ableiten (Jacowlew 1977).