



Studienbrief

Biochemie I



Inhaltsverzeichnis

Vorwort.....	3
Inhaltsverzeichnis	5
Ergänzende Hinweise zum Studienbrief	9
Übergeordnete Lernziele des Studienmoduls	11
1 Chemische Strukturen.....	13
1.1 Kohlenhydrate.....	13
1.1.1 Monosaccharide	13
1.1.2 Fischer- und Haworth-Projektion	15
1.1.3 Das asymmetrische Kohlenstoffatom.....	16
1.1.4 Zuckeralkohole und Zuckersäuren	17
1.1.5 Glykosidische Bindung – Di-, Oligo- und Polysaccharide	18
1.1.6 Glykosidische Bindung und Verdaulichkeit	19
1.1.7 Beispiele für Kohlenhydrate	20
1.2 Lipide.....	21
1.2.1 Triglyzeride.....	21
1.2.2 Fettsäuren.....	21
1.2.3 cis-trans-Isomerie	22
1.2.4 Beispiele für Fettsäuren.....	24
1.3 Proteine.....	24
1.3.1 Aminosäuren.....	25
1.3.2 Aminosäuren als Zwitterion.....	26
1.3.3 Peptidbindung und Peptide.....	26
1.3.4 Proteinstrukturen	27
1.3.5 Denaturierung.....	28
1.4 Nukleinsäuren	30
1.4.1 Bedeutung.....	30
1.4.2 Aufbau.....	31
2 Physiologische und biochemische Grundlagen.....	36
2.1 Bau der Biomembranen	37
2.2 Zelluläre Transportprozesse	40
2.2.1 Passive und aktive Transportsysteme	41
2.2.2 Membranbenötigende Transportmechanismen.....	46
2.3 Das Hormonsystem – endokrines System	47
2.3.1 Definition	47
2.3.2 Hormonklassen	48
2.3.3 Biosynthese, Speicherung und Sekretion	49
2.3.4 Hormon- und Informationstransport	50
2.3.5 Signaltransduktion	53
2.3.6 Abbau und Ausscheidung	56
2.3.7 Zusammenspiel von Hormon- und Nervensystem.....	56
2.3.8 Die Bildungsorte der Hormone.....	57
2.3.9 Hypothalamus und Hypophyse	57
2.3.10 Zirbeldrüse – Epiphyse.....	60
2.3.11 Schilddrüse und Nebenschilddrüsen	60

2.3.12	Thymusdrüse	62
2.3.13	Nebennierenrinde und Nebennierenmark	62
2.3.14	Bauchspeicheldrüse.....	65
2.3.15	Keimdrüsen.....	67
2.3.16	Gewebshormone	68
2.3.17	Fettgewebe.....	69
2.3.18	Regulierung des Hormonspiegels.....	72
2.4	Enzyme	74
2.4.1	Enzyme als Biokatalysatoren	74
2.4.2	Schlüssel-Schloss-Prinzip oder Induced-Fit.....	75
2.4.3	Enzymaktivität in Abhängigkeit von Temperatur und pH-Wert	76
2.4.4	Coenzyme	76
2.4.5	Enzymklassen.....	76
2.4.6	Enzymkinetik.....	77
2.4.7	Michaelis-Menten-Modell.....	78
2.4.8	Allosterische Regulation	81
2.4.9	Regulation durch kovalente Modifikation.....	81
2.4.10	Enzyminduktion	82
2.4.11	Enzymhemmung.....	82
3	Energiestoffwechsel.....	86
3.1	Brutto- und Nettoenergiegehalt der Nährstoffe	86
3.2	Das ATP/ADP-System.....	87
3.3	Übersicht über das Stoffwechselgeschehen.....	89
3.4	Respiratorischer Quotient und kalorisches Äquivalent.....	91
4	Kohlenhydratstoffwechsel	96
4.1	Insulin und GLUT-4-Aktivierung.....	96
4.2	Der Glukosestoffwechsel im Überblick.....	97
4.3	Glykolyse (Embden-Meyerhof-Weg)	98
4.4	Die Wege des Pyruvats.....	101
4.4.1	Oxidative Decarboxylierung	101
4.4.2	Laktatbildung.....	102
4.5	Einspeisung anderer Kohlenhydrate und kohlenhydratverwandter Stoffe in die Glykolyse	103
4.5.1	Fruktose, Galaktose, Mannose.....	103
4.5.2	Zuckeralkohole	104
4.6	Alkoholische Gärung.....	104
4.7	Pentosephosphatweg.....	105
4.7.1	Reaktionsschritte Pentosephosphatweg.....	105
4.7.2	Der Pentosephosphatweg als verbindendes Element	106
4.8	Glukoneogenese und Cori-Zyklus	107
4.8.1	Glukoneogenese.....	108
4.8.2	Cori-Zyklus	110
4.9	Regulierung von Glykolyse und Glukoneogenese	111
4.10	Glykogensynthese und -abbau.....	112
4.10.1	Glykogensynthese	113
4.10.2	Glykogenabbau.....	114
4.10.3	Regulierung des Glykogenstoffwechsels.....	115
4.11	Stoffwechsel der Erythrozyten.....	116

5	Lipidstoffwechsel	118
5.1	Abbau der Fettsäuren zur Energiegewinnung	119
5.1.1	Abbau gesättigter Fettsäuren - Beta-Oxidation	119
5.1.2	Abbau ungesättigter Fettsäuren.....	123
5.2	Körpereigener Aufbau von Fetten	123
5.2.1	Fettsäuresynthese und Triglyzeridsynthese	124
5.2.2	Elongation und Desaturierung.....	127
5.3	Regulierung der Lipolyse, der Beta-Oxidation und der Fettsäuresynthese	127
5.4	Ketogenese und Ketonkörperverwertung	128
5.5	Stoffwechsel der mehrfach ungesättigten Fettsäuren	131
5.5.1	Einfluss der Omega-3- und Omega-6-Fettsäuren auf Gewebshormone	132
5.5.2	Spezifische Wirkungen der Omega-3-Fettsäuren	134
5.6	Lipoprotein- und Cholesterolstoffwechsel	134
5.6.1	Übersicht des Lipoproteinstoffwechsels	135
5.6.2	Die Schritte des Lipoproteinstoffwechsels	137
5.6.3	Cholesterolsynthese	141
5.6.4	Regulierung der Cholesterolsynthese	142
6	Proteinstoffwechsel	146
6.1	Aminosäurepool	146
6.2	Proteolyse	147
6.3	Aminosäureumbau und -abbau	148
6.3.1	Die Decarboxylierung.....	148
6.3.2	Die Transaminierung.....	148
6.3.3	Desaminierung – erster Weg der Aminogruppenabspaltung	150
6.3.4	Abbauwege der Kohlenstoffgerüste der Aminosäuren.....	150
6.4	Harnstoffzyklus und Ammoniakentgiftung	152
6.4.1	Der alaningebundene Transport	152
6.4.2	Der glutamingebundene Transport.....	152
6.4.3	Harnstoffbildung.....	153
6.5	Körpereigene Aminosäuresynthese	154
6.6	Proteinsynthese	155
6.6.1	Transkription.....	156
6.6.2	Translation	156
7	Ethanolstoffwechsel.....	160
8	Zitronensäurezyklus und Atmungskettenphosphorylierung	163
8.1	Reaktionen des Zitronensäurezyklus	163
8.2	Der Zitronensäurezyklus als Teil des katabolen und anabolen Stoffwechsels	165
8.3	Regulierung des Zitronensäurezyklus	165
8.4	Atmungskette und oxidative Phosphorylierung	167
8.4.1	Atmungskette	167
8.4.2	Oxidative Phosphorylierung	169
8.5	Glukose-6-Phosphat, Pyruvat und Acetyl-CoA als Knotenpunkte im Stoffwechsel.....	171
8.5.1	Glukose-6-Phosphat	171
8.5.2	Pyruvat.....	171
8.5.3	Acetyl-CoA.....	172

9 Puffersysteme und Säure-Basen-Haushalt	174
9.1 Säuren und Basen.....	174
9.1.1 Allgemeines	174
9.1.2 Pufferung.....	175
9.2 Alkalose und Azidose.....	175
9.3 Anfallende Protonenlast im Stoffwechsel.....	176
9.3.1 Kohlensäure.....	176
9.3.2 Schwefelsäure	177
9.3.3 Milchsäure	177
9.3.4 Ketonkörper.....	177
9.3.5 Fruchtsäuren und anorganische Säuren aus Lebensmitteln	177
9.4 Metabolische und respiratorische Azidosen.....	178
9.5 Puffersysteme im Blut	178
9.5.1 Hämoglobin-Puffer	179
9.5.2 Kohlendioxid-/Bicarbonat-System.....	179
9.5.3 Plasmaproteine.....	180
9.5.4 Dihydrogen/Hydrogenphosphat-Puffer	180
9.6 Eliminierung von Protonen in der Niere und im Harn	181
9.6.1 Protoneneliminierung mittels Bicarbonat.....	181
9.6.2 Hydrogenphosphat-Puffer.....	182
9.6.3 Ammonium-Ammoniak-Puffer	183
9.7 Renale Säurelast und Nettoexkretion.....	184
9.7.1 Nettosäureexkretion (NAE) und potenzielle renale Säurelast (PRAL)	184
9.7.2 Einfluss der Ernährung auf die renale Säurelast	185
9.7.3 Physiologische Bedeutung der Nettosäureexkretion	185
Nachwort.....	188
Anhang	189
Lösungen und Kommentare zu den Übungen, Glossar und Literatur des Studienbriefs in ILIAS.....	189
Prüfungsleistung	189
Tabellenverzeichnis.....	190
Abbildungsverzeichnis.....	191



1.2.4 Beispiele für Fettsäuren

Tab. 3: Die wichtigsten Fettsäuren (modifiziert nach Schek, 2011, S. 56)

Gruppe	chemischer Name	Trivialname	Anzahl C-Atome	Anzahl Doppelbindungen
gesättigte Fettsäuren	Ethan-/Acetsäure	Essigsäure	2	0
	Butansäure	Buttersäure	4	0
	Isopentansäure	Isovaleriansäure	5	0
	Hexansäure	Capronsäure	6	0
	Heptansäure	Önanthsäure	7	0
	Octansäure	Caprylsäure	8	0
	Nonansäure	Pelargonsäure	9	0
	Decansäure	Caprinsäure	10	0
	Dodecansäure	Laurinsäure	12	0
	Tetradecansäure	Myristinsäure	14	0
	Pentadecansäure	---	15	0
	Hexadecansäure	Palmitinsäure	16	0
	Heptadecansäure	Margarinsäure	17	0
	Octadecansäure	Stearinsäure	18	0
	Eicosansäure	Arachinsäure	20	0
	Docosansäure	Behensäure	22	0
	Tetracosansäure	Lignozerinäure	24	0
	Hexacosansäure	Kerotinsäure	26	0
einfach ungesättigte Fettsäuren	Tetradecensäure	Myristoleinsäure	14	1
	Hexadecensäure	Palmitoleinsäure	16	1
	Octadecensäure	Ölsäure	18	1
	Docosensäure	Erukasäure	22	1
	Tetracosensäure	Nervensäure	24	1
mehrfach ungesättigte Fettsäuren	Octadecadiensäure	Linolsäure	18	2
	Octadecatriensäure	γ-Linolensäure	18	3
		α-Linolensäure	18	3
	Eicosatetraensäure	Arachidonsäure	20	4
	Eicosapentaensäure	Timnodonsäure	20	5
	Docosapentaensäure	Klupanodonsäure	22	5
	Docosahexaensäure	Zervonsäure	22	6
Tetracosahexaensäure	Nisinsäure	24	6	

1.3 Proteine

Proteine sind unverzweigte Ketten aus linear aneinander gereihten Aminosäuren. 21 proteinogene Aminosäuren sind am Aufbau von Proteinstrukturen im menschlichen Organismus beteiligt (Baltes & Matissek, 2011, S. 174–190; Löffler & Schölmerich, 2008, S. 21–48).

1.3.1 Aminosäuren

Eine Aminosäure kennzeichnet sich durch mindestens eine basische Aminogruppe (NH_2) und eine saure Carboxylgruppe (COOH). Aminosäuren können auch mehrere Amino- oder Carboxylgruppen enthalten. Ähnlich wie die Monosaccharide lassen sich die Aminosäuren aufgrund eines asymmetrischen Kohlenstoffatoms und der optischen Aktivität in eine D- und eine L-Form einteilen. In der Natur kommen hauptsächlich L-Formen vor. Die D-Form kommt in geringen Mengen in den Proteinen von Mikroorganismen vor (Baltes & Matissek, 2011, S. 163–173).

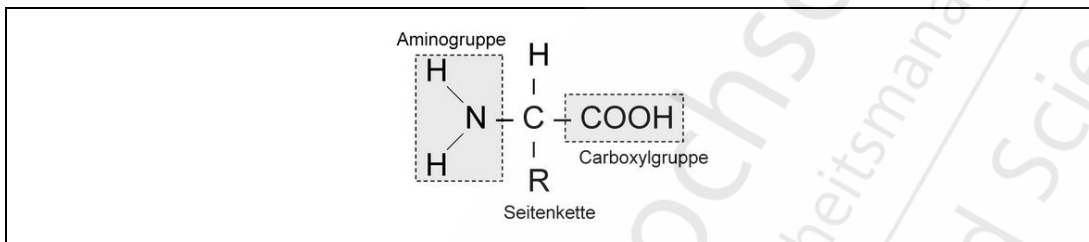


Abb. 16: Allgemeine Strukturformel einer Aminosäure (modifiziert nach Löffler & Schölmerich, 2008, S. 13)

Aminosäuren können nach verschiedenen Aspekten, z. B. Struktur, chemischem Verhalten, Metabolismus etc., klassifiziert werden. Nachfolgend sind verschiedene Klassifizierungen von Aminosäuren dargestellt.

Einteilung der Aminosäuren nach ihren physikalisch-chemischen Eigenschaften:

- Aminosäuren mit ungeladenen, unpolaren Seitenketten: Glycin, Alanin, Valin, Leucin, Isoleucin, Prolin, Phenylalanin, Tryptophan, Methionin
- Aminosäuren mit ungeladenen, polaren Seitenketten: Serin, Threonin, Cystein, Tyrosin, Selenocystein, Asparagin, Glutamin
- Aminosäuren mit geladenen Seitenketten: Asparaginsäure, Glutaminsäure, Histidin, Lysin, Arginin
- neutrale Aminosäuren: Glycin, Alanin, Valin, Leucin, Isoleucin, Prolin (Iminosäure)
- schwefelhaltige Aminosäuren: Cystein, Methionin
- hydroxylhaltige Aminosäuren: Serin, Threonin
- positiv geladene basische Aminosäuren: Lysin, Arginin, Histidin
- aromatische Aminosäuren: Phenylalanin, Tyrosin, Tryptophan
- Amide der sauren Aminosäuren: Asparagin, Glutamin

Einteilung der Aminosäuren nach metabolischen Aspekten:

- ketoplastisch
- glukoplastisch
- keto-/glukoplastisch

Die Erklärung dieser Bezeichnungen erfolgt im Abschnitt über die Aminosäureoxidation (Löffler & Schölmerich, 2008; Schek, 2011).

1.3.2 Aminosäuren als Zwitterion

Aminosäuren besitzen die Fähigkeit, je nach pH-Wert-Bereich als Säuren oder Basen zu reagieren. Die Carboxylgruppe ist eine Säuregruppe. Die Aminogruppe hingegen reagiert basisch. Aminosäuren können demnach in Abhängigkeit des pH-Wertes als Kation, Anion oder Zwitterion vorliegen und sowohl Säuren als auch Basen puffern. Die Bezeichnung „Zwitterion“ erfolgt, wenn im Aminosäuremolekül gleichzeitig positiv und negativ geladene Gruppen vertreten sind. Der pH-Wert, an dem positive und negative Ladungen ausgeglichen sind, wird als isoelektrischer Punkt (IP) bezeichnet. Bei pH-Werten oberhalb des IP liegt die Aminosäure als Anion vor, unterhalb des IP als Kation (Baltes & Matissek, 2011, S. 163–174).

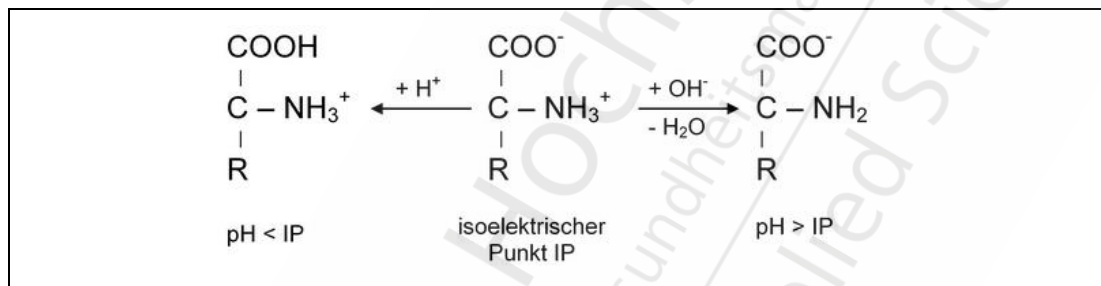


Abb. 17: Isoelektrischer Punkt und Zwitterion-Stellung von Aminosäuren (modifiziert nach Löffler & Schölmerich, 2008, S. 16)

1.3.3 Peptidbindung und Peptide

Aminosäuren können sich zu Ketten verbinden. Die Bindung zwischen den Aminosäuren wird als Peptidbindung bezeichnet. Die Peptidbindung entsteht zwischen der Carboxylgruppe der einen und der Aminogruppe der anderen Aminosäure unter Wasserabspaltung.

Zwei Aminosäuren ergeben so ein Dipeptid, drei Aminosäuren ein Tripeptid etc. Vergleichbar mit den Kohlenhydratketten können auch hier Oligo- und Polymerketten unterschieden werden. Kurze Aminosäureketten werden als Peptide, lange Ketten als Proteine bezeichnet (Baltes & Matissek, 2011, S. 163–177; Löffler & Schölmerich, 2008, S. 21–48).

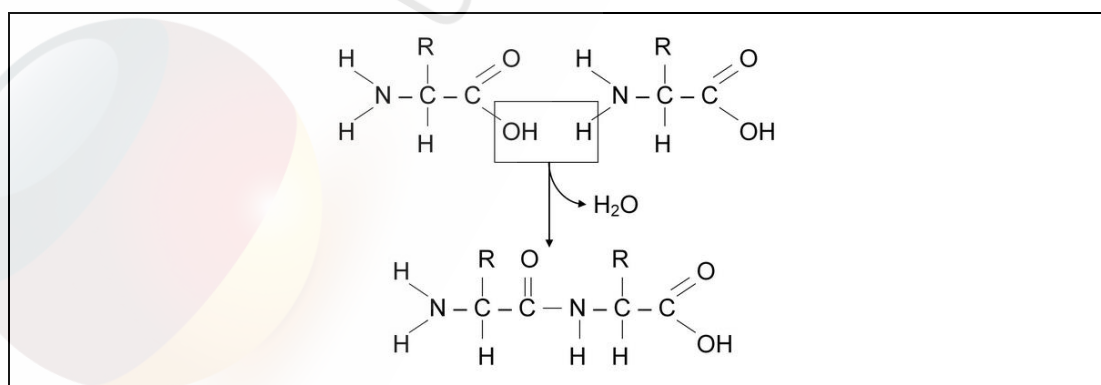


Abb. 18: Peptidbindung (modifiziert nach Löffler & Schölmerich, 2008, S. 21)

Unter Wasserabspaltung verbinden sich Aminosäuren zwischen der Amino- und der Carboxylgruppe. Diese Reaktion läuft allerdings nur unter Energieverbrauch an den Ribosomen bei der Proteinsynthese ab.

Durch die unterschiedliche Aneinanderreihung der 20 Aminosäuren kann eine enorme Anzahl unterschiedlicher Proteine entstehen. Für die jeweilige Funktion eines Proteins ist die räumliche Anordnung der Aminosäurekette entscheidend. Es können mehrere Strukturen bei Proteinen unterschieden werden. Die Ausbildung der Proteinstrukturen basiert auf den chemischen Eigenschaften der Aminosäuren (Baltes & Matissek, 2011, S. 163–177; Löffler & Schölmerich, 2008, S. 21–48).

1.3.4 Proteinstrukturen

- Die Primärstruktur

Als Primärstruktur wird die Sequenz der Aminosäuren bezeichnet. Aminosäuresequenzen von Proteinen sind genetisch fixiert. Dabei hat jedes Protein eine festgelegte Folge verbundener Aminosäuren (z. B. Met-Glu-Ala-Tyr-Val-Arg-Ser-Phe-Asn-Thr...). Die Bildung der Primärstruktur ist das Ergebnis der Proteinbiosynthese in den Zellen.

- Die Sekundärstruktur

Nach der Synthese der Primärstruktur nimmt jede Proteinkette die räumliche Anordnung ein, die aus energetischer Sicht am günstigsten ist. Die so entstandene Sekundärstruktur kann entweder eine Helix oder eine Faltblattstruktur sein. Ursache für diese Strukturen sind Wasserstoffbrücken, die sich innerhalb der Peptidkette bilden. Bei der Helixstruktur entstehen schraubenförmige Schleifen. In natürlichen Proteinen sind diese Helices rechtsgewunden. Bei der Faltblattstruktur liegen die Polypeptidketten zickzackförmig gefaltet vor.

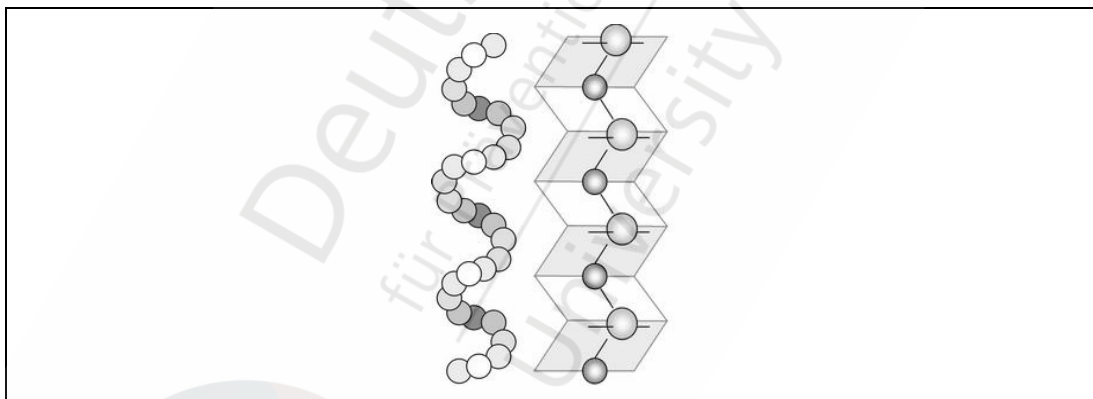


Abb. 19: Sekundärstrukturen der Proteine (modifiziert nach Löffler & Schölmerich, 2008, S. 28)

links eine Helix, rechts ein Faltblatt

- Die Tertiärstruktur

Zwischen den verschiedenen Sekundärstrukturen können ungeordnete Abschnitte auftreten, welche die räumliche Anordnung der gesamten Kette bestimmen. Diese dreidimensionale Anordnung wird als Tertiärstruktur bezeichnet. Sie entsteht durch Wasserstoffbrückenbindungen, Ionenbindungen, Disulfidbrückenbindungen und hydrophobe Wechselwirkungen zwischen den Aminosäuren der Sekundärstrukturelemente und ungeordneter Bereiche. Die Tertiärstruktur bestimmt hauptsächlich die Funktion eines Proteins.

- Die Quartärstruktur

Einige Proteinmoleküle, sog. Proteinkomplexe, bestehen aus mehreren Peptidketten, die als Untereinheiten bezeichnet werden. Die räumliche Anordnung dieser Untereinheiten zueinander wird als Quartärstruktur bezeichnet.

Die komplexen Strukturen der Proteine sind in Form globulärer Proteine und in Form faserig-fibrillärer Skelettproteine zu finden. Die globulären Proteine werden, wie nachfolgend ausgeführt, ihren Löslichkeiten nach in Fraktionen unterteilt (Osborne-Fraktionen):

- *Albumine* (in Wasser löslich): Vorkommen im Blut sowie in tierischen Lebensmitteln wie Milch und Eiern
- *Globuline* (in verdünnter Kochsalz- und Alkalilösung löslich): häufigste Proteine im Pflanzen- und Tierreich
- *Gluteline* (in Laugen löslich): Kleberproteine im Weizen
- *Prolamine* (in Alkohol löslich): Kleberproteine im Weizen
- *Histone, Protamine* (in Säuren löslich): Erbanlagen im Zellkern

Zu den nicht globulären, faserig-fibrillären Skelettproteinen zählen:

- *Kollagene*: Bindegewebe und Stützgewebe
- *Elastine*: Gefäßwände, elastisches Bindegewebe
- *Keratine*: Wolle, Federn, Haare
- *Myosin, Aktin*: Muskulatur (Baltes & Matissek, 2011, S. 163–190; Löffler & Schölmerich, 2008, S. 21–48).



Übung 1.4

Welche Bedeutung haben die Kleberproteine Glutelin und Prolamin für die Gesundheit des Menschen? Welche Erkrankung wird auf den Verzehr dieser Proteine zurückgeführt?

1.3.5 Denaturierung

Proteine sind entsprechend ihrer chemischen Struktur und ihrem chemischen Verhalten empfindlich gegenüber Säuren, Basen, organischen Lösungsmitteln, Kälte oder Hitze. Dabei ändert sich die Ladungsverteilung an den Amino- und Carboxylgruppen mit der Folge von Konformationsänderungen. Dadurch werden die Tertiär- und Sekundärstruktur eines Proteins verändert. Die Primärstruktur bleibt erhalten.

Während die „Faltung“ der Peptidkette bis hin zur Tertiärstruktur zur Funktionalisierung des Proteins führt, stellt die Denaturierung die Umkehrung dieses Prozesses dar. Die Proteine flocken dann aus und verlieren ihre biologische Funktion.

Bei der Denaturierung durch Säuren verursachen die dissoziierten Protonen eine Ladungsänderung der Proteinstruktur, welche zur Zerstörung von Wasserstoffbrückenbindungen innerhalb des Proteinmoleküls führt. Zudem können die Protonen reaktionsfähige COO^- -Gruppen zu COOH -Gruppen reduzieren (Baltes & Matissek, 2011, S. 180–186; Löffler & Schölmerich, 2008, S. 27–30).

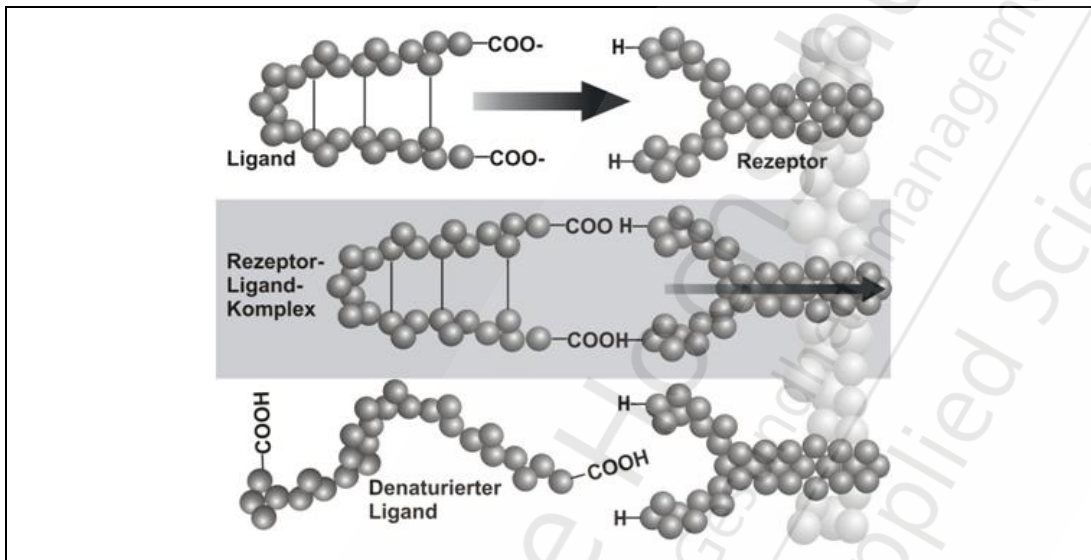


Abb. 20: Säurebedingte Denaturierung eines Liganden (© BSA/DHfPG)

Die Bindung an den Rezeptor kann nicht mehr stattfinden

Während Denaturierungen durch Säuren und Basen reversibel sein können, sobald der Ausgangs-pH-Wert wiederhergestellt wird, können Veränderungen durch organische Lösungsmittel, Kälte oder Hitze zu einer dauerhaften Zerstörung des Proteins führen. Ein typisches Beispiel ist das Gerinnen des Eiweißes im Hühnerei, wenn dieses gekocht wird.

Das Prinzip der Denaturierung durch Hitze nutzt der Körper, um mit Hilfe von Fieber pathogene Keime abzutöten. Die Steigerung der Körpertemperatur auf 40-42°C soll die Proteine der Keime denaturieren und somit biologisch inaktivieren. Allerdings steigt damit auch die Gefahr, dass körpereigene Proteine, vor allem im Gehirn und im Blut, geschädigt werden (Baltes & Matissek, 2011, S. 179–186; Löffler & Schölmerich, 2008, S. 27–30).



Merke

Die räumliche Struktur eines Proteins ist prinzipiell durch seine Primärstruktur festgelegt, da sie sich auch unmittelbar auf die weiteren Organisationsebenen der Proteinstruktur auswirkt. Die Zerstörung dieser dreidimensionalen Anordnung wird als Denaturierung bezeichnet und führt zum Verlust der biologischen Funktion.



Übung 1.5

Überlegen Sie, welchen Sinn es in Bezug auf die Ernährungsberatung haben könnte, die Biochemie der Nährstoffe zu kennen?

1.4 Nukleinsäuren

1.4.1 Bedeutung

In den Erbanlagen ist fixiert, wie ein Wesen gebaut ist und wie es funktioniert. Die Erbanlagen geben damit die Grundstruktur eines Lebewesens vor. In der Fachsprache wird die Gesamtheit dieser erblich vorgeschriebenen Charakteristika unter dem Begriff „Genotyp“ zusammengefasst. Die Wissenschaft, die sich mit den Erbanlagen und ihren Funktionen beschäftigt, ist die Genetik.

Die erbliche Grundstruktur lässt sich durch Umweltbedingungen bis auf ein bestimmtes Maß beeinflussen. Dieses Maß an Beeinflussung äußert sich in Veränderungen des Erscheinungsbildes des Wesens, ohne dass dabei jedoch die genetisch fixierten arttypischen Charakteristika verloren gehen. Dieses Potenzial von Veränderungen im Erscheinungsbild wird unter dem Begriff „Phänotyp“ zusammengefasst.

Ein anschauliches Beispiel dafür ist der Vergleich des Habitus von Menschen aus trocken-heißen Wüstengebieten mit denen aus polaren Regionen. Massai weisen im Vergleich zu Inuit eine große, schlanke Statur mit großer Körperoberfläche und dunkler Hautfarbe auf. Dadurch wird es möglich, den Körper vor Überhitzung und starker Sonneneinstrahlung zu schützen. Inuit hingegen sind kleiner, gedrungener und besitzen eine geringere Körperoberfläche im Verhältnis zu der Körpermasse, infolgedessen weniger Körperwärme verloren geht. Trotz dieser deutlichen Unterschiede erkennen sich Inuit und Massai als Menschen und können sich miteinander fortpflanzen.

Die Funktion der Erbanlagen übernehmen die Nukleinsäuren. Dabei sind Nukleinsäuren zu unterscheiden in solche, die die Erbinformationen speichern (DNS bzw. Desoxyribonukleinsäure), und in solche, die die Erbinformationen im Zellraum transportieren bzw. übertragen (RNS bzw. Ribonukleinsäure). Die DNS ist im Zellkern lokalisiert, die RNS ist hauptsächlich im Zytoplasma aktiv.

Jedoch lässt sich beim Betrachten eines Zellkernes unter dem Mikroskop keine DNS erkennen. Das liegt daran, dass sich die DNS im Zellkern in speziellen Strukturen, den Chromosomen, formiert. Beim Menschen können 46 dieser Chromosomen gezählt werden. Jeweils zwei dieser Chromosomen sind paarweise angeordnet, so dass insgesamt 23 Chromosomenpaare vorhanden sind. Bis auf das männliche Geschlechtschromosomenpaar sind die Chromosomen eines Paares von ungefähr gleicher Form. Wird die Struktur eines Chromosoms aufgelöst, verbleibt die DNS (Koch, Brix & Heinrich, 2022, S. 171–196).