TMSnat

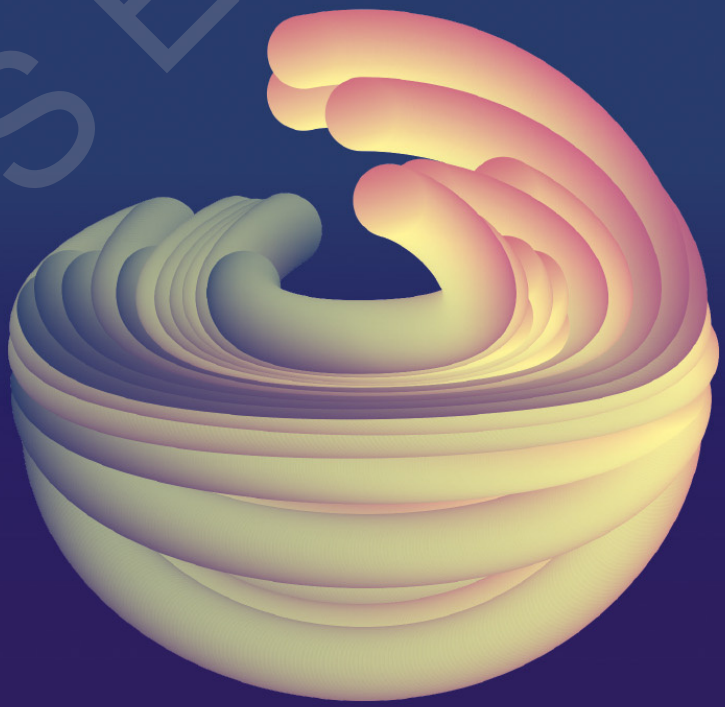
P. Y. Windisch • V. Rojacher

Band 1

Naturwissenschaftliches Skript – Biologie, Chemie, Mathematik und Physik

+ Zusatzmaterialien online

Physik- & Mathe-tutorials



LESEPROBE

ELSEVIER

MEDIZIN STUDIEREN MIT ELSEVIER!

Urban & Fischer

Biologie

Paul Windisch, Veronika Rojacher

1 Grundausstattung der Zelle ... 3
1.1 Allgemeines ... 3
1.2 Zellmembran ... 3
1.3 Zellorganellen ... 10
1.4 Zytoskelett-Elemente ... 17
1.5 Zellkontakte ... 17
1.6 Gewebetypen ... 18

2 Transkription und Translation – das Tagesgeschäft der Zelle ... 21
2.1 Zellkern (Nucleus) ... 21
2.2 Organisation des Chromatins ... 22
2.3 DNA und RNA ... 25
2.4 Transkription ... 26
2.5 Genetischer Code und Translation ... 28

3 Zellzyklus und Apoptose ... 33
3.1 Zellzyklus ... 33
3.2 Replikation ... 35
3.3 Mitose ... 40
3.4 Meiose ... 43
3.5 Chromosomenaberrationen ... 48
3.6 X-Inaktivierung ... 49
3.7 Zelltod ... 49

4 Genetik – Regeln der Vererbung ... 53
4.1 Mendel-Regeln ... 53
4.2 Autosomale und gonosomale Erbgänge ... 55
4.3 Hardy-Weinberg-Gesetz ... 59
4.4 Vererbung der Blutgruppen ... 61
4.5 Mutationen ... 63

5 Mikrobiologie ... 65
5.1 Bakterien ... 65
5.2 Viren ... 71
5.3 Prionen ... 73

6 Stoffwechsel-Grundkurs ... 75
6.1 Allgemeines ... 75
6.2 Enzyme ... 75
6.3 Glykolyse ... 81
6.4 Pyruvatdehydrogenase (PDH) ... 87
6.5 Citratzyklus ... 89
6.6 Atmungskette ... 91

7 Signaltransduktion ... 95
7.1 Nervenreizleitung ... 95
7.2 Hormone ... 96
7.3 Sinnesorgane ... 98

8 Grundkurs Evolution ... 103
8.1 Charles Darwin ... 103
8.2 Genpool ... 103
8.3 Konvergenz und Divergenz ... 103

9 Glossar Biologie ... 105

LESEPROBE

KAPITEL

1 Grundausstattung der Zelle

Paul Windisch

STICHWÖRTER
Prokaryoten; Eukaryoten; Zellaufbau; Organellen; Membranen; Endosymbiontentheorie

1.1 Allgemeines

In den Kapiteln der Biologie dreht sich alles um Zellen. Wir betrachten, wie Zellen aufgebaut sind, wie der „Alltag" einer Zelle aussieht und befassen uns dann genauer mit den besonderen Ereignissen im Leben von Zellen, nämlich Zellteilung und Zelltod.

Ihr habt mit Sicherheit bereits gehört, dass alle Lebewesen aus Zellen bestehen, und dass diese Zellen die **kleinsten Einheiten des Lebens** darstellen. Doch was bedeutet das? Dass Zellen Einheiten des Lebens sind, ist logisch, schließlich besitzen sie einen **Stoffwechsel** und können sich selbst vermehren **(reproduzieren),** d. h., sie sind definitiv lebendig. Zellen bestehen aus einem wässrigen Medium, dem **Zytoplasma,** in dem viele kleine Organellen mit bestimmten Funktionen schwimmen. Dabei können sich aber die Organellen, auch wenn sie durchaus bestimmte Stoffwechselschritte durchführen, nicht selbstständig vermehren bzw. außerhalb der Zelle existieren, wohingegen es durchaus Organismen gibt, die nur aus einer einzigen Zelle bestehen. Folglich sind die kleineren Bestandteile einer Zelle keine Lebewesen mehr, sodass die Zelle tatsächlich die kleinste Einheit des Lebens darstellt. Eine Sonderstellung nimmt dabei das **Mitochondrium** ein, auf das wir später noch zu sprechen kommen werden.

VERSTÄNDNIS⁺ Was sind **Organellen?** Organellen sind für Zellen, was für den Menschen seine Organe sind – kleinere Bestandteile, die eine oder mehrere Funktionen erfüllen. Die Organellen werden noch in diesem Kapitel thematisiert, lediglich der **Zellkern (Nucleus)** wird wegen seiner besonderen Funktion erst im Anschluss besprochen.

Eine wichtige Unterscheidung von Organismen, die man – auch für den TMSnat – in jedem Fall kennen sollte, ist die in Prokaryoten und Eukaryoten:

Prokaryoten besitzen **keinen Zellkern** und sind im Allgemeinen simpler aufgebaut als die Zellen von Eukaryoten. Die Zellen von Prokaryoten bezeichnet man auch als Prozyten oder Prokaryozyten. Die wichtigsten Vertreter der Prokaryoten sind die **Bakterien,** die vorwiegend aus einer einzigen Zelle bestehen und uns ebenfalls später im Buch beschäftigen werden.

Eukaryoten besitzen einen **Zellkern.** Die Zellen von Eukaryoten bezeichnet man als Eukaryozyten oder Euzyten. Zu den Eukaryoten zählen unter anderem die mehrzelligen Organismen (wie **Tiere und Pflanzen)** sowie die **Pilze.**

VERSTÄNDNIS⁺ Um sich unbekannte Begriffe herzuleiten, ist es hilfreich, sich ein paar Wortbestandteile einzuprägen, die einem immer wieder begegnen werden:
„Pro" bedeutet so viel wie „vor". Alles mit „kary" hat etwas mit dem Zellkern zu tun und „zyto" sagt uns, dass es um Zellen geht. „Prokaryozyten" sind folglich Zellen, die „vor einem Kern" sind, sprich keinen Kern besitzen. Prokaryoten sind passenderweise in der Evolution auch vor den Eukaryoten entstanden.

Alles, was ihr in den ersten Kapiteln über Zellen erfahrt, bezieht sich zunächst mal auf Eukaryoten. Die Besonderheiten der Prokaryoten werden wir anschließend herausarbeiten.

1.2 Zellmembran

Wir haben bereits gelernt, dass Zellen mit Zytoplasma gefüllt sind, in dem die Organellen schwimmen. Die Zelle wird dabei von einer Membran umgeben, die alles zusammenhält und die Zelle gegenüber ihrer Umgebung abgrenzt.

LESEPROBE

Auch innerhalb der Zelle spielen Membranen eine Rolle: Wenn z. B. für eine chemische Reaktion hohe Konzentrationen eines bestimmten Stoffs notwendig sind, ist ein abgegrenzter Raum innerhalb der Zelle notwendig, in dem dieser Stoff angereichert werden kann. Die Unterteilung der Zelle in eben diese Räume, die auch **Kompartimente** bzw. Organellen genannt werden, ist ebenfalls Aufgabe der Membranen. Da sowohl die äußere Zellmembran als auch die inneren Membranen, die die Zelle weiter unterteilen, ähnlich aufgebaut sind und nach demselben Prinzip „funktionieren", spricht man auch von **biologischen Einheitsmembranen.** Übrigens:

Die Zellen von Tieren besitzen Zellmembranen und **keine Zellwände!** Zellwände gibt es bei Pflanzen und einigen Bakterienarten.

1.2.1 Aufbau der Zellmembran

Die wichtigsten Grundbausteine von Zellmembranen stellen **Phospholipide** dar. Ein Phospholipid zählt, wie die Triglyceride (also die Stoffe, die man im Alltag als „Fette" bezeichnet) auch zu den Lipiden. Ein wesentlicher Unterschied zu den Triglyceriden besteht darin, dass Triglyceride völlig unpolar bzw. lipophil sind.

Phospholipide besitzen zwar auch zwei unpolare Kohlenwasserstoffketten (nicht drei wie die Triglyceride), tragen aber zudem eine Phosphatgruppe. Diese Phosphatgruppe kann selbst noch weitere Bindungen ausbilden (➢ Abb. 1.1). Wichtig ist aber vor allem, dass die Phosphatgruppe geladen ist. Folglich besitzt ein Phospholipid sowohl einen hydrophoben, d. h. lipophilen, unpolaren Teil (die Kohlenwasserstoffketten), aber auch einen hydrophilen, d. h. lipophoben, polaren Teil (die Kopfgruppe mit Phosphat). Moleküle, die sowohl polare als auch unpolare Bereiche enthalten, bezeichnet man als **amphiphil** bzw. **amphipathisch** – zwei Begriffe, die ihr im Hinblick auf Klausuren definitiv kennen solltet.

Wie ordnen sich nun die Phospholipide an, wenn sie eine Zellmembran bilden? Dazu muss man sich zu allererst klarmachen, dass der wichtigste Bestandteil des Zytoplasmas **Wasser** ist. Wir wissen, dass die Phospholipide eine hydrophile Domäne (die polare Kopfgruppe mit dem Phosphatrest) besitzen. Diese wird sich entsprechend dem Wasser zuwenden und mit ihm gegebenenfalls sogar Wasserstoffbrückenbindungen ausbilden. Die hydrophoben Domänen stehen allerdings vor einem Problem: Da sie quasi komplett von Wasser umgeben sind, haben sie keine Möglichkeit, den Kontakt zum Wasser zu vermeiden … es sei denn, sie lagern sich zusammen. Wenn sich zwei Phospholipide so anordnen, dass ihre hydrophoben Schwänze zueinander ausgerichtet sind, reduziert sich die Kontaktfläche der hydrophoben Domänen zum Wasser schon mal ein wenig. Wenn nun auch noch benachbarte Phospholipide mitmachen, verringert sich die Kontaktfläche weiter. Dieses Prinzip solltet ihr kennen: die hydrophobe Wechselwirkung.

Auf diese Weise entsteht eine **Doppelschicht (Bilayer)** – das Grundgerüst der biologischen Einheitsmembranen (➢ Abb. 1.2). Die Phospholipide halten zwar zusammen, können aber aneinander vorbeigleiten. Man spricht in diesem Zusammenhang von **lateraler Diffusion.**

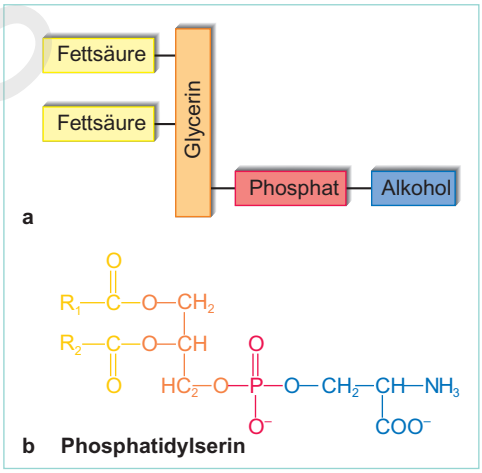


Abb. 1.1 Phospholipid: a) Schema, b) Beispiel Phosphatidylserin [L253]

LESEPROBE

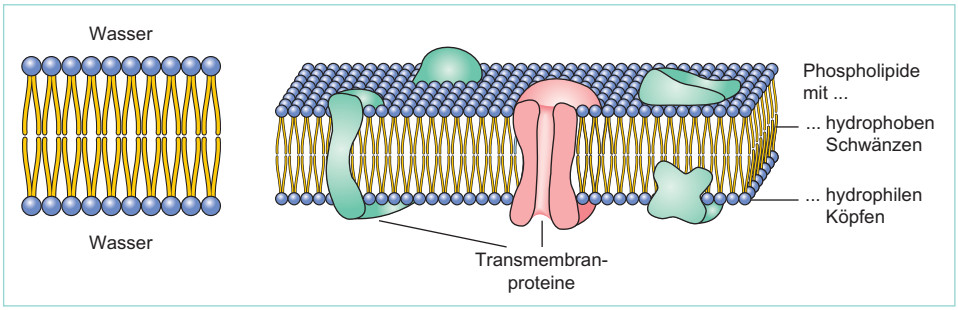


Abb. 1.2 Phospholipiddoppelschicht ohne und mit Membranproteinen [L253]

1.2.2 Mizellen und Vesikel

Die simpelste Anordnung, die Phospholipide einnehmen können, um ihre Kontaktfläche zur wässrigen Umgebung zu reduzieren, ist die der **Mizelle.** Dabei bilden sie eine Kugel, wobei die hydrophoben Schwänze im Kern der Kugel einen **hydrophoben Raum** schaffen (➢ Abb. 1.3). Befinden sich in diesem Raum lipophile Substanzen, können diese in Wasser gelöst werden, obwohl das sonst aufgrund ihrer Eigenschaften nicht möglich wäre.

Im Unterschied zur Zellmembran liegen in Mizellen immer nur **einfache Phospholipidschichten** vor.

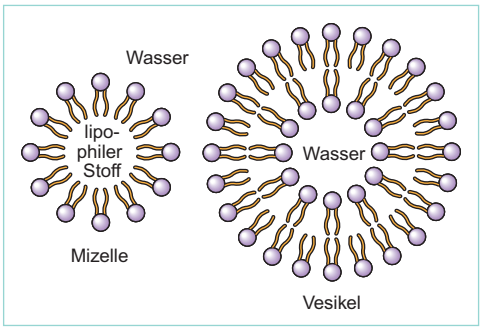


Abb. 1.3 Mizelle und Vesikel [L253]

ESELSBRÜCKE **M**izellen = **M**onolayer!

Auch die Phospholipiddoppelschicht ist in der Lage, eine kugelförmige (sphärische) Anordnung anzunehmen. Dabei entsteht allerdings im Kern kein lipophiler, sondern ein **hydrophiler Raum.** In diesem Fall spricht man von einem **Liposom.** Häufig wird auch der Begriff Vesikel (Bläschen) verwendet (➢ Abb. 1.3). Liposomen werden z. B. als Hülle für bestimmte Arzneistoffe eingesetzt, die auf diese Weise vor frühzeitiger Metabolisierung geschützt werden.

1.2.3 Fluidität

Zurück zu den Phospholipiddoppelschichten, die unsere Zellmembranen bilden:

Wir haben gelernt, dass aufgrund der vergleichsweise schwachen Anziehungskräfte zwischen den einzelnen Phospholipiden laterale Diffusion möglich ist. Das Ausmaß der lateralen Diffusion ist dabei vor allem von einem Faktor abhängig, von dem ihr mal gehört haben solltet:

Steigt die **Umgebungstemperatur**, schwingen die Teilchen stärker und gleiten vermehrt aneinander vorbei.

Die Fettsäuren, die den unpolaren Teil der Phospholipide bilden, beeinflussen die Viskosität der Membran stark. Das liegt daran, dass die **Van-der-Waals-Kräfte** zwischen großen Molekülen stärker sind. Entsprechend sind Zellmembranen, in denen viele **langkettige Fettsäuren** vorkommen, viskoser (also von geringerer Fluidität) als andere.

Bei Fettsäuren mit Doppelbindungen, also **ungesättigten Fettsäuren,** spielt die Konfiguration der Doppelbindung eine wichtige Rolle. In der Natur vorkommende Fettsäuren sind normalerweise *cis*- **bzw.** *Z*-**konfiguriert.** Diese Konfiguration sorgt für einen „Knick" in der Struktur der Fettsäure (wenn ihr Probleme habt, euch das vorzustellen, solltet ihr mal im Internet nach der Strukturformel einer ungesättigten Fettsäure wie etwa der „Ölsäure" suchen). Ihr könnt euch sicher vorstellen, dass Phospholipide mit so

LESEPROBE

KAPITEL

4 Genetik – Regeln der Vererbung

Paul Windisch

STICHWÖRTER

Blutgruppen; Vererbung der Blutgruppen; Gene und Vererbung; Mendel'sche Regeln; Hardy-Weinberg-Gesetz; Erbgänge; Stammbäume; Mutationen

4.1 Mendel-Regeln

Die **Mendel-Regeln** eignen sich gut, um sich ein solides Vokabular an genetischen Fachbegriffen anzueignen.

Wir wissen bereits, dass ein **Gen** ein Abschnitt der DNA ist, der für aktive RNAs oder Proteine codiert. Ein Gen sitzt immer an einem bestimmten Ort auf dem Chromosom, den man in der Genetik als **Locus** bezeichnet.

Nun kann ein Gen aber verschiedene Zustandsformen bzw. Ausprägungen haben. Nehmen wir an, dass sich an einem bestimmten Locus ein Gen für eure Haarfarbe befindet. Da wir Menschen über einen diploiden Chromosomensatz verfügen, ist dieses Gen zweimal vorhanden, einmal von eurer Mutter und einmal von eurem Vater. Diese zwei Gene sind allerdings nicht völlig identisch. Sie codieren zwar beide für das Merkmal Haarfarbe, unterscheiden sich aber geringfügig in ihrer Basensequenz. Diese Unterschiede führen zu unterschiedlichen Ausprägungen des Merkmals, z. B. blond und schwarz. Diese Ausprägungen eines Gens bezeichnet man als **Allele.** Welche Allele wir in unseren Zellen haben (also unser **Genotyp),** bestimmt, wie wir aussehen **(Phänotyp).**

Wenn wir für ein Gen zwei identische Allele haben (z. B. zweimal blond), bezeichnet man das als **homozygot.** Der entstehende Phänotyp ist klar: blond!

Besitzen wir allerdings ein Allel für schwarze und ein anderes für blonde Haare **(heterozygot),** ist die Sache schwieriger. Es gibt Allele, die so durchsetzungsstark sind, dass nur ihr Merkmal zur Ausprägung kommt. Man bezeichnet sie als **dominant.** Wäre in unserem Fall Schwarz das dominante Allel, würden sich schwarze Haare als Phänotyp zeigen. Das **rezessive** Allel (blond) könnte keinen Einfluss auf den Phänotyp nehmen.

Dieser **dominant-rezessive Erbgang** sollte euch auf jeden Fall ein Begriff sein.

Manche Merkmale vererben sich allerdings **intermediär.** Dabei dominiert kein Allel das andere und es entstehen Mischformen. Angenommen die Haarfarbe würde einer intermediären Vererbung folgen, so läge beim Vorhandensein der Allele für blond und schwarz der Phänotyp irgendwo dazwischen (braun).

Bei einem **kodominanten** Erbgang haben ebenfalls beide Merkmale Einfluss auf den Phänotyp. Dabei entsteht allerdings keine Mischform, sondern es kommt zur Ausprägung beider Merkmale. Das wäre quasi so, als hätte man in gleichem Maß schwarze und blonde Haare auf der Kopfhaut. Den kodominanten Erbgang werden wir vor allem im Zusammenhang mit der Vererbung der **Blutgruppenantigene** kennenlernen.

Wir wollen uns nun mit der Vererbung von Merkmalen nach den Mendel-Regeln befassen. Dafür müssen wir allerdings noch ein paar Dinge klären:

- Anstelle von Eltern und Kindern bzw. Nachkommen sprechen wir von der Parentalgeneration und der Filialgeneration.
- In den Kreuzungsschemata, die wir für unsere Erbgänge verwenden, werden die Merkmale durch Buchstaben repräsentiert. Zum Beispiel erhält das Merkmal Haarfarbe den Buchstaben A. Handelt es sich um einen dominant/rezessiven Erbgang, erhält das dominante Allel (schwarz) einen **Großbuchstaben** und der Buchstabe des rezessiven Allels wird **kleingeschrieben.** Ein Individuum, das heterozygot für diese Merkmale ist (also Allele für schwarz und blond besitzt), hätte entsprechend den Genotyp Aa.
- In den Keimzellen finden sich keine zwei Allele, sondern nur eins. Warum? Im Rahmen der Meiose werden die homologen Chromosomenpaare getrennt, sodass die Keimzellen nur **haploid** sind. Entsprechend produziert unser Individuum mit dem Genotyp Aa entweder Keimzellen mit dem Allel für schwarz (A) oder mit dem Allel für blond (a).

4.1.1 Kreuzungsschemata

Bevor wir uns mit den Regeln, die Mendel aufgestellt hat, auseinandersetzen, müssen wir zunächst die Kreuzungsschemata verstehen. Nehmen wir an, in unserer Parentalgeneration gibt es zwei Elternteile mit den Genotypen Aa und AA. Um das Kreuzungsschema aufzustellen, müssen wir uns nun anschauen,

PROBE

welche Keimzellen die Eltern bilden können. Elternteil Aa kann sowohl Keimzellen vom Typ A als auch vom Typ a bilden, wohingegen Elternteil AA nur Keimzellen vom Typ A bilden kann. Das Kreuzungsschema lautet entsprechend (➢ Tab. 4.1, ➢ Tab. 4.2):

Tab. 4.1 Kreuzungsschema zwischen Aa und AA

	A	A
A	?	?
a	?	?

Tab. 4.2 Vervollständigtes Kreuzungsschema zwischen Aa und AA

	A	A
A	AA	AA
a	Aa	Aa

Indem wir das Kreuzungsschema vervollständigen, erhalten wir die möglichen Genotypen, die sich bei den Kindern, also in der Filialgeneration, finden könnten:

TMSnat-TIPP Ihr solltet auf jeden Fall Kreuzungsschemata aufstellen und daraus Schlüsse ziehen können. In unserem Fall ist z. B. die Wahrscheinlichkeit, dass ein Kind den Genotyp AA aufweist, genauso hoch wie die Wahrscheinlichkeit für den Genotyp Aa. Was das für den Phänotyp bedeutet, hängt davon ab, ob es sich um einen dominant/rezessiven, intermediären oder kodominanten Erbgang handelt.

4.1.2 1. Regel (Uniformitätsregel)

Was für Nachkommen entstehen bei der Kreuzung von Eltern, die **für ein Merkmal homozygot** sind, sich aber in den Allelen voneinander unterscheiden? Ein Elternteil hat also den Genotyp AA, der andere den Genotyp aa.

Wir betrachten das Kreuzungsschema (➢ Tab. 4.3):

Wir sehen: Egal, wie viele Nachkommen es gibt – sie haben alle den gleichen Genotyp (natürlich auch Phänotyp), sind also **uniform.**

Tab. 4.3 Kreuzungsschema der Uniformitätsregel AA × aa

	a	a
A	Aa	Aa
A	Aa	Aa

4.1.3 2. Regel (Spaltungsregel)

Für die 2. Mendel-Regel kreuzen wir die **Individuen unserer ersten Filialgeneration** (F1) untereinander und betrachten, was in der F2-Generation passiert (➢ Tab. 4.4).

Wir sehen: Die F2-Generation ist nicht uniform. Stattdessen finden sich alle möglichen Merkmalskombinationen. Sie spalten sich in ein ganz bestimmtes Verhältnis nämlich Aa : AA : aa = 2 : 1 : 1.

Tab. 4.4 Kreuzungsschema der Spaltungsregel Aa × Aa

	A	a
A	AA	Aa
a	Aa	aa

4.1.4 3. Regel (Unabhängigkeits-/Neukombinationsregel)

Die 3. Mendel-Regel ist nur bedingt gültig. Betrachtet man verschiedene Merkmale (z.B. Haut und Augenfarbe) und ihre Allele, so stellt man fest, dass diese Merkmale unabhängig voneinander vererbt werden. Das Ganze gilt allerdings nur, wenn sich die **Merkmale nicht auf demselben Chromosom** befinden, denn dann kommen sie natürlich immer gemeinsam in eine Keimzelle (das wusste Mendel aber noch nicht). Damit ihr mal gesehen habt, wie ein Kreuzungsschema für zwei Merkmale aussieht, werfen wir noch schnell einen Blick darauf, bevor wir unser erworbenes Wissen auf Stammbäume anwenden. Die Genotypen der Parentalgeneration wurden dabei zufällig ausgewählt (➢ Tab. 4.5).

LESEPROBE

Tab. 4.5 Kreuzungsschema der Unabhängigkeitsregel AaBb × AAbb		
	Ab	Ab
AB	AABb	AABb
Ab	AAbb	AAbb
aB	AaBb	AaBb
ab	Aabb	Aabb

4.2 Autosomale und gonosomale Erbgänge

Auch die Vererbung von Krankheiten hält sich mehr oder weniger stark an die Prozesse, die wir bei den Mendel-Regeln kennengelernt haben. Ihr seht: So langsam bekommt das Ganze Praxisbezug!

Außerdem werden wir uns viel mit Stammbäumen beschäftigen, denn sie sind nicht nur hochgradig prüfungsrelevant, sondern lassen auch Rückschlüsse darauf zu, wie genau eine Krankheit vererbt wird.

Die in diesem Kapitel für die Stammbäume verwendeten Symbole findet ihr in ➢ Abb. 4.1.

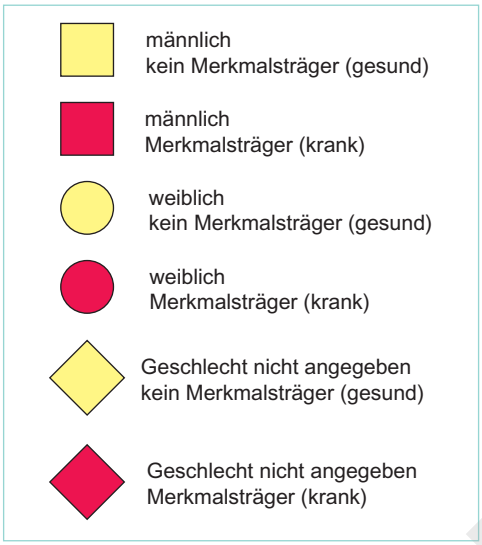


Abb. 4.1 Symbole für die Stammbäume [L253]

4.2.1 Autosomal-dominanter Erbgang

Bei **autosomalen Erbgängen** geht es um Allele, die sich auf den Autosomen (also den Chromosomen 1–22) befinden. Alle Gesetzmäßigkeiten, die wir für autosomale Erbgänge aufstellen, sind also völlig unabhängig vom Geschlecht der Eltern oder der Kinder. Wir befassen uns im Folgenden nicht mehr mit Merkmalen wie der Haarfarbe, sondern mit Allelen, von denen eines fehlerhaft (sprich krank) und das andere gesund ist.

Grundsätzlich entwickeln bei einer autosomal-dominant vererbten Krankheit sowohl Personen, die für das Allel homozygot sind, als auch solche, die für das Allel heterozygot sind, die Krankheit (➢ Tab. 4.6, ➢ Tab. 4.7, ➢ Tab. 4.8). Dabei kommt es **bei Homozygoten oft zu einer schwereren Symptomatik.**

Tab. 4.6 Kreuzungsschema für autosomal-dominanten Erbgang Aa × aa		
	a	a
A	Aa (krank)	Aa (krank)
a	aa	aa

Tab. 4.7 Kreuzungsschema für autosomal-dominanten Erbgang AA × aa		
	a	a
A	Aa (krank)	Aa (krank)
A	Aa (krank)	Aa (krank)

LESEPROBE

KAPITEL

9 Glossar Biologie

Veronika Rojacher

Die wichtigsten Fachbegriffe der Biologie zum Nachschlagen, Üben und Lernen!

A

aerober Organismus auf Sauerstoff angewiesen; Gegenteil ↑ anaerober Organismus

Aktionspotenzial kurzzeitige, charakteristische Änderung der elektrischen Spannung der Membran einer erregbaren Zelle; folgt dem Alles-oder-Nichts-Prinzip und dient der Weiterleitung elektrischer Signale entlang von Nervenfasern und Muskelzellen

Allel mutationsbedingt abweichende/alternative Variante eines ↑ Gens

Allelfrequenz Häufigkeit, mit der ein ↑ Allel innerhalb einer Population auftritt

Aminosäuren (= Amino[carbon]säuren), Grundbausteine der ↑ Proteine; bestehen stets aus einem Kohlenstoffatom, an das ein Wasserstoffatom, eine Carboxy- und eine Aminogruppe sowie ein sog. Rest gebunden sind

Amplifikation (selektive) Vervielfachung eines bestimmten ↑ Gens oder DNA-Abschnitts; (vgl. ↑ DNA, ↑ Polymerase-Kettenreaktion)

anaerober Organismus nicht auf Sauerstoff angewiesen; Gegenteil ↑ aerober Organismus

Aneuploidie Abweichungen vom normalen Chromosomensatz eines Organismus aufgrund einer ↑ numerischen Chromosomenaberration

Antibiotikum Substanz, die Bakterien (schon in geringer Konzentration) tötet (bakterizid) oder ihr Wachstum hemmt (bakteriostatisch); greift u. a. in die ↑ Transkription oder ↑ Translation ein

Anticodon Abfolge von drei ↑ Nukleinbasen (Basentriplett) an einer spezifischen Position der ↑ tRNA; bindet während der ↑ Translation an das komplementäre ↑ Codon der ↑ mRNA

Antigen Substanz/Struktur, die das Immunsystem als fremd erkennt; löst meist eine Gegenreaktion des Körpers, Immunreaktion z. B. durch die Produktion von ↑ Antikörpern, aus, die zur Immunität führt (Immunogen)

Antikörper von Plasmazellen (gereifte B-Lymphozyten) und einigen B-Lymphozyten hergestelltes ↑ Protein (Immunglobulin); bindet spezifisch an das ↑ Antigen und löst die (humorale) Immunreaktion aus

Apoptose programmierter Zelltod

autosomal die ↑ Autosomen betreffend

Autosomen (= Körperchromosomen), alle ↑ Chromosomen eines ↑ Nucleus mit Ausnahme der ↑ Gonosomen

B

Bakteriophagen Viren, die ausschließlich in Bakterien parasitieren (vgl. ↑ Virus)

Barr-Körperchen inaktives, hochkondensiertes X-Chromosom weiblicher Körperzellen (bei Säugetieren); (vgl. ↑ X-Inaktivierung, ↑ Heterochromatin)

Base ↑ Nukleinbasen

C

Chiasma (Plural: Chiasmata), kreuzförmige Kontaktstelle homologer Nicht-Schwesterchromatiden (vgl. ↑ Schwesterchromatiden), die durch ↑ Crossing-over während der ↑ Meiose genetisches Material austauschen

Chromatid besteht aus DNA-Doppelstrang plus assoziierten Proteinen; nach der ↑ DNA-Replikation liegen eukaryotische ↑ Chromosomen als Zwei-Chromatid-Chromosomen vor (↑ Schwesterchromatiden), verbunden am ↑ Zentromer; nach der Mitose und Meiose II liegen sie als Ein-Chromatid-Chromosomen vor

Chromatin Komplex, aus dem die ↑ Chromosomen bestehen; aggregierte Masse bestehend aus ↑ DNA und ↑ Proteinen; spezifisch anfärbbar und im Interphasekern von Eukaryotenzellen unter dem Mikroskop sichtbar

LESEPROBE

II Chemie

Paul Windisch

10 Grundlagen des Atombaus ... 115
10.1 Eigenschaften von Protonen, Elektronen und Neutronen ... 115
10.2 Grundlagen zum Atom ... 116
10.3 Elektronenhülle ... 117

11 Periodensystem und Orbitalmodell ... 119
11.1 Prinzipien der Ordnung ... 119
11.2 Oktettregel ... 120
11.3 Atomradien ... 120
11.4 Elektronegativität ... 120
11.5 Orbitalmodell ... 121

12 Chemische Bindung ... 125
12.1 Metallische Bindung ... 125
12.2 Ionenbindung ... 126
12.3 Das Mol ... 128
12.4 Atombindung ... 129
12.5 Koordinative Bindung ... 132

13 Intermolekulare Kräfte ... 133
13.1 Dipole ... 133
13.2 Van-der-Waals-Kräfte ... 134
13.3 Wasserstoffbrückenbindungen ... 134
13.4 Hydrophobe Wechselwirkungen ... 134

14 Aggregatzustände ... 137
14.1 Temperatur ... 137
14.2 Aggregatzustände und Übergänge ... 137
14.3 Folgen für die Chemie ... 138
14.4 Diffusion und Osmose ... 138

15 Stoffumwandlungen ... 141
15.1 Reaktionsgleichungen ... 141
15.2 Stöchiometrie ... 142
15.3 Konzentration ... 142
15.4 Homogenes Gleichgewicht ... 143
15.5 Heterogenes Gleichgewicht ... 145

16 Thermodynamik ... 147
16.1 Grundlegende Begriffe ... 147
16.2 Rechnen mit G ... 148
16.3 Chemische Reaktionen mit G ... 149
16.4 Fließgleichgewichte ... 149

17 Kinetik ... 151
17.1 Geschwindigkeitskonstante k ... 151
17.2 Reaktionsgeschwindigkeit ... 151
17.3 Reaktionsordnung ... 152

18 Säuren und Basen ... 155
18.1 Definitionen ... 155
18.2 pH, pK_s und pK_b ... 159
18.3 pH-Wert-Berechnung ... 161
18.4 Mehrprotonige Säuren ... 161
18.5 Pufferlösungen ... 162
18.6 Titration ... 163
18.7 Wasserhärte ... 166
18.8 Mesomerie ... 166
18.9 Salze ... 167

19 Redoxreaktionen ... 169
19.1 Definitionen ... 169
19.2 Spannungsreihe ... 170
19.3 Nernst-Gleichung ... 171
19.4 Elektrochemische Zelle ... 171

20 Grundlagen der organischen Chemie ... 173
20.1 Einführung ... 173
20.2 Alkane ... 175
20.3 Cycloalkane ... 178
20.4 Alkene ... 179
20.5 Alkine ... 180
20.6 Aromaten ... 181

21 Funktionelle Gruppen ... 183
21.1 Sauerstoffhaltige funktionelle Gruppen ... 183
21.2 Stickstoffhaltige funktionelle Gruppen ... 189
21.3 Schwefelhaltige funktionelle Gruppen ... 191

22 Stereochemie ... 193

23 Aminosäuren, Peptide und Proteine ... 195
23.1 Aminosäuren ... 195
23.2 Peptidbindung ... 197
23.3 Peptid und Protein ... 198

24 Lipide ... 201
24.1 Fettsäuren ... 201
24.2 Fettsäuren in Verbindungen ... 202

25 Kohlenhydrate ... 203
25.1 Monosaccharide ... 203
25.2 Disaccharide ... 205
25.3 Polysaccharide ... 206

26 Nucleinsäuren ... 207
26.1 Nucleinbasen ... 207
26.2 Nucleoside und Nucleotide ... 208
26.3 Nucleinsäureketten ... 209

27 Formelsammlung Chemie ... 211

LESEPROBE

KAPITEL

10 Grundlagen des Atombaus

Paul Windisch

STICHWÖRTER
Atomkern; Elektronenhülle; Ordnungszahlen; Atommasse; Isotope

Alle Materie besteht aus Atomen, von denen man früher dachte, dass sie unteilbar wären. Da dem allerdings nicht so ist, müsst ihr die drei Bestandteile eines Atoms kennen: das **Proton,** das **Neutron** und das **Elektron.** Obwohl es natürlich auch kleinere Elementarteilchen gibt, sind diese für dieses Buch (und das Physikum) nicht relevant.

10.1 Eigenschaften von Protonen, Elektronen und Neutronen

10.1.1 Masse

Wenn man nach der Masse eines derart kleinen Teilchens fragt, ist es normalerweise sinnlos, das Ergebnis in Gramm oder Kilogramm anzugeben, da dieses so klein sein würde, dass man sich darunter wenig vorstellen kann und es schwer sein wird, Teilchen untereinander zu vergleichen. Man nutzt deshalb einen Trick, der sich in den Naturwissenschaften großer Beliebtheit erfreut: Man gibt die Größe, um die es geht, in Relation zu einer bekannten Größe an (dies nennt man **relative Größe**).

Wenn man z. B. sagt, dass ein Passagierflugzeug beim Start ein Gewicht von bis zu 569.000 kg hat, würde man automatisch Bezugsgrößen suchen, um diese Zahl einordnen zu können (500 Kleinwagen, 150 Elefanten etc.).

VERSTÄNDNIS⁺ Wie war das noch mal mit Gewicht und Masse? Ein Körper hat überall die gleiche **Masse,** egal ob auf der Erde, dem Mond oder sonst irgendwo im Weltall! Im Unterschied dazu variiert das **Gewicht,** je nachdem, wo man sich befindet (es handelt sich nämlich um die Kraft, die ein Feld, wie etwa das der Erde, auf den Körper ausübt). Die Einheit der **Masse** ist dabei **kg, g** etc., die des Gewichts bzw. der Gewichtskraft **Newton (N).**
Wenn ihr also ein „Gewicht" in Kilogramm angebt, ist das streng genommen nicht korrekt. Mehr zu diesem Thema findet ihr in Lehrbüchern der Physik.

Die **relative Atommasse** funktioniert nach dem gleichen Prinzip. In Bezug auf welche Größe sie definiert ist, könnt ihr in umfangreicheren Lehrbüchern nachlesen ($^1/_{12}$ der Masse eines Kohlenstoffatoms). Es ist aber nicht essenziell für den weiteren Verlauf dieses Buches. Da sie relativ zu einer anderen Größe ist, wird keine Einheit benötigt (man spricht von einer **dimensionslosen Größe**). Selbstverständlich kann die Masse eines Atoms auch als **absolute Größe** angegeben werden und hat dann eine Einheit wie etwa Gramm oder Kilogramm. Es gibt zudem eine Einheit, die ebenfalls im Bezug zu $^1/_{12}$ der Masse eines Kohlenstoffatoms definiert ist, nämlich das **u** oder **Dalton.**

Ihr solltet auf jeden Fall wissen, dass **ein Proton und ein Neutron beide die relative Atommasse von etwa 1** haben, während **die Masse eines Elektrons deutlich kleiner** ist (nur ein Zweitausendstel davon).

TMSnat-TIPP Viele Studierende fragen sich, wie genau sie Zahlenwerte für den TMSnat auswendig lernen müssen. Eine pauschale Aussage darüber ist natürlich schwierig. Allerdings solltet ihr bedenken, dass gerade viele „kleine" Zahlen, also etwa im zellulären Bereich, kontinuierlichen Diskussionen unterworfen sind, sodass es häufig sinnvoll ist, nur eine ungefähre Einordnung vornehmen zu können. Außerdem muss man im TMSnat Rechenaufgaben voraussichtlich ohne Taschenrechner bewältigen und hat keine Zeit für gigantische Nebenrechnungen! Angaben, die ihr unbedingt kennen müsst, werden natürlich in diesem Buch hervorgehoben.

10.1.2 Ladung

Grundsätzlich müsst ihr wissen, dass Protonen positiv (+), Neutronen neutral und Elektronen negativ (–) geladen sind.

LESEPROBE

Die Größe der Ladung ist allerdings auch hier wieder problematisch. Die Einheit der Ladung ist eigentlich **Coulomb (C).** Da die Ladung eines einzelnen Protons extrem klein ist, hätte man hier wieder das gleiche Problem wie schon bei den Massen. Man nutzt also den gleichen Trick und verwendet **relative Ladungen.** Ein **Proton** hat hier die Ladung **+1** und ein **Elektron** die Ladung **–1.** Man erkennt: Die Ladung von Elektron und Proton ist „gleich groß", hat allerdings **unterschiedliche Vorzeichen. Folglich ziehen sich Elektronen und Protonen an,** während sie Neutronen weder abstoßen noch anziehen.

VERSTÄNDNIS$^+$ Was ist Ladung? Den Begriff Ladung kennt ihr aus dem Alltag. Tatsache ist, dass man Ladung schwer beschreiben kann. Man weiß allerdings:
1. Ladung ist eine Eigenschaft eines Körpers.
2. Es gibt zwei „Arten" (man nennt sie **positiv und negativ**).
3. Ladungen können unterschiedlich groß sein (z. B. –3 oder –7).
4. Geladene Körper üben Kräfte aufeinander aus **(gleichnamige Ladungen stoßen sich ab, ungleichnamige ziehen sich an).**

10.2 Grundlagen zum Atom

Um eure Fantasie nicht zu sehr zu beanspruchen, stellt ihr euch das Atom am besten als Kugel vor. Allerdings ist diese **nicht gleichmäßig von Masse erfüllt,** sondern hat einen Kern und eine Hülle. Im Kern sitzen Protonen und Neutronen. Sie werden deshalb auch **Nukleonen,** also Kernteilchen, genannt. Da die Masse eines Protons bzw. eines Neutrons wesentlich größer ist als die eines Elektrons, ergibt sich daraus, dass sich **fast die gesamte Masse eines Atoms in seinem Kern konzentriert.** Da die Protonen positiv geladen und die Neutronen elektrisch neutral sind, ist der **Kern insgesamt positiv geladen.**

In der Hülle befinden sich die Elektronen. Die Elektronenhülle ist im Vergleich zum Kern riesig, während die Elektronen nur verschwindend klein/von geringer Masse sind. Daher ist die Hülle „fast leer". Sie ist wegen der Elektronen negativ geladen, was erklärt, warum Hülle und Kern sich nicht (freiwillig) voneinander trennen (➢ Abb. 10.1).

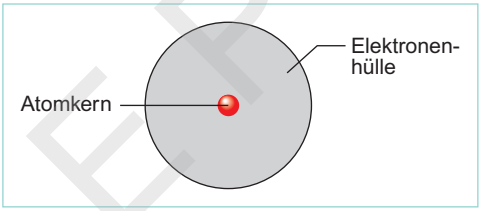


Abb. 10.1 Vereinfachtes Atom [L253]

Bei einem Atom **entspricht die Zahl der Elektronen normalerweise der der Protonen.** Das **Atom** insgesamt ist **also elektrisch neutral.** Hat das Atom aber aus irgendwelchen Gründen ein Elektron weniger, gibt es eine positive Ladung mehr als negative, sodass nun eine Nettoladung von +1 vorliegt. Man spricht in diesem Fall von einem **geladenen Teilchen,** einem **Ion.**

Man kann also für ein Atom die Zahl der Protonen im Kern angeben. Diese entspricht auch der **Ladung des Kerns** (ein Proton hat die Ladung +1) und auch der sogenannten **Ordnungszahl.** Die Anzahl der Protonen bestimmt nämlich, um was für eine Art Atom **(Element)** es sich handelt. So haben z. B. Sauerstoffatome immer 8 Protonen im Kern. Dabei ist es egal, ob sie Elektronen dazubekommen oder etwa Neutronen abgeben, wichtig sind nur die Protonen. Da man nach diesem Kriterium die Atome im **Periodensystem der Elemente** anordnet, ist die Bezeichnung Ordnungszahl naheliegend, aber dazu später mehr.

Die **Massenzahl** eines Atoms berechnet sich aus der **Anzahl von Neutronen und Protonen.** (Die Elektronen werden, da sie so leicht sind, ignoriert.) In der geläufigsten Darstellungsform findet ihr immer Ordnungs- und Massenzahl an einem Elementsymbol (➢ Abb. 10.2).

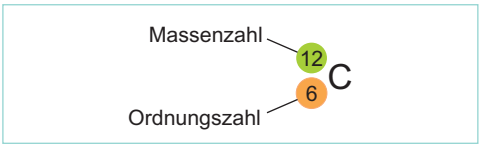


Abb. 10.2 Ordnungs- und Massenzahl beim Kohlenstoff [L253]

LESEPROBE

KAPITEL

16 Thermodynamik

Paul Windisch

STICHWÖRTER
exotherm/endotherm und exergon/endergon; Aktivierungsenergie

Ein eher unbeliebtes, da recht abstraktes Thema ist die **Thermodynamik.** Auch wenn man sich nicht die Illusion zu machen braucht, auf den folgenden Seiten ein tiefgreifendes Verständnis für dieses Fachgebiet zu erhalten, so ist es doch sinnvoll, das Kapitel aufmerksam zu lesen und ein wenig mit den Formeln zu „spielen", sprich verschiedene Zahlenwerte einzusetzen.

Eine wichtige Bemerkung vorweg, weil sie eine beliebte Falschantwort darstellt: Aus allen Begriffen, die ihr zur Thermodynamik lesen werdet, lassen sich **keine Aussagen hinsichtlich der Geschwindigkeit von Reaktionen** ableiten.

16.1 Grundlegende Begriffe

16.1.1 Enthalpie

Wir haben bereits bei der Besprechung der Gleichgewichtsreaktion gelernt, dass es Reaktionen gibt, bei denen Wärme frei wird. Woher kommt die Energie, die bei diesen **exothermen** Reaktionen in Form von Wärme frei wird? Sie ist in den Edukten selbst gespeichert! Diesen „Wärmeinhalt" bezeichnet man als **Enthalpie H.** Man sollte sich merken, dass Stoffe grundsätzlich nach einer niedrigen Enthalpie, einem energiearmen Zustand, streben.

Deshalb wird bei so vielen Reaktionen, die uns aus dem Alltag bekannt sind, etwa bei Verbrennungen, Energie in Form von Wärme frei.

Man kann für Reaktionen auch die Differenz der Enthalpien der Produkte und Edukte ΔH berechnen. Nimmt im Verlauf einer Reaktion die Enthalpie der beteiligten Stoffe ab **(ΔH negativ),** so ist bei der Reaktion Wärme frei geworden und die Reaktion ist **exotherm.**

Andererseits gibt es auch Reaktionen, bei denen ΔH positiv ist, also Wärme zugeführt wurde, sodass in diesem Fall die Reaktion **endotherm** ist.

Übrigens: Die Einheit der Enthalpie ist **Joule (J)**.

ESELSBRÜCKE Man kann sich merken, dass man selbst auch immer nach einem „energiearmen" Zustand strebt: Wenn man steht, will man sich setzen. Wenn man sitzt, will man liegen etc.

16.1.2 Entropie

Wenn Stoffe nach energiearmen Zuständen streben, wie kann es dann sein, dass es auch Reaktionen gibt, die, obwohl sie spontan ablaufen, Wärme aufnehmen (z. B. das Lösen bestimmter Salze in Wasser)? Es gibt noch etwas anderes, nach dem das Universum strebt: Nach größtmöglicher **Entropie S.**

VERSTÄNDNIS⁺ Sich hier zu sehr in der Physik zu verlieren, ist nicht zielführend. Merkt euch einfach, dass ein System, z. B. die Küche eurer WG, nach größtmöglicher Entropie (Unordnung) strebt.

16.1.3 Gibbs-Energie

Man kann sich der Frage, warum Reaktionen ablaufen, die Wärme verbrauchen, auch mit einer Formel nähern, die euch im ➢ Kap. 16.3 begegnen wird. Dazu braucht man zunächst einmal eine Größe, die das Bestreben einer Reaktion abzulaufen deutlich macht. Diese bezeichnet man als **Gibbs-Energie (ΔG).** Manchmal wird sie auch „Gibbs freie Energie" oder „Freie Enthalpie" genannt. Um Verwechslungen mit der Reaktionsenthalpie H zu vermeiden, wird dieser Begriff hier aber nicht mehr verwendet.

Bei Reaktionen, die spontan, also gewissermaßen „freiwillig" ablaufen, ist ΔG **negativ.** Diese Reaktionen heißen auch **exergon.** ΔG hat wie H auch die Einheit **kJ/mol.** Andere Reaktionen laufen nicht spontan

LESEPROBE

II Mathematik

Paul Windisch

28 Brüche und Prozente 227
28.1 Tipps zum Rechnen ohne Taschenrechner 227
28.2 Bruchrechnung 227

29 Einheiten und Gleichungen 231
29.1 Prozentrechnung 231
29.2 SI-Basiseinheiten 232
29.3 Vektoren 232
29.4 Vorsätze 232
29.5 Lösen von Gleichungen 233

30 Potenzen, Logarithmen und Halbwertszeit 235
30.1 Potenzen 235
30.2 Logarithmen 237
30.3 Halbwertszeit 237

31 Geometrie 239
31.1 Zweidimensionale Figuren 239
31.2 Dreidimensionale Figuren 241

32 Statistik und Stochastik 245
32.1 Mittelwerte 245
32.2 Normalverteilung, Glockenkurve und Standardabweichung 245
32.3 Messfehler 247
32.4 Stochastik 247

33 Formelsammlung Mathematik 249

LESEPROBE

KAPITEL

28 Brüche und Prozente

Paul Windisch

STICHWÖRTER
Prozentrechnung

Die gute Nachricht zuerst: Um im TMSnat zu bestehen, muss man kein begnadeter Mathematiker sein. Umso wichtiger ist es allerdings, die Grundlagen sicher zu beherrschen.

28.1 Tipps zum Rechnen ohne Taschenrechner

Da ihr nun Medizin studieren wollt, kann man davon ausgehen, dass ihr mit den Begriffen Addieren, Subtrahieren, Multiplizieren und Dividieren etwas anfangen könnt. Da sich der TMSnat am bisherigen HAM-Nat orientiert, werdet ihr diese Rechenoperationen aber wahrscheinlich ohne Taschenrechner durchführen müssen.

Doch es gibt Hoffnung: Häufig sind die Aufgaben so konstruiert, dass man bereits durch Überschlagen zum Ziel kommt. Bevor ihr euch in großen Rechnungen verliert, versucht zunächst zu **überschlagen** – wenn ihr Glück habt, liegt nur eine Antwortmöglichkeit in der Größenordnung eures Ergebnisses. Statt 289×5214 rechnet ihr also einfach 300×5200.

Antwortmöglichkeiten? **Multiple-Choice-Klausuren** sind euer treuester Begleiter durchs Medizinstudium. In der Regel gibt es fünf Antwortmöglichkeiten und ihr müsst lediglich euer Kreuzchen richtig setzen. Wenn ihr bei einer Frage nicht weiterkommt, kann es sich als nützlich erweisen, das Pferd von hinten aufzuzäumen und zu schauen, ob ihr durch sinnvolle Rechenoperationen von einer der Antwortmöglichkeiten zu den Werten aus der Frage kommt. Doch dazu später mehr.

Auch für die Aufgabe 300×5200 gilt: Beim Multiplizieren großer Zahlen nimmt man am besten erst einmal die Nullen am Ende weg, in diesem Fall sind es insgesamt vier.

Nun rechnet man 3×52, hängt an das Ergebnis (156) die Nullen wieder an und ist fertig:

$$300 \quad 5.200 = 1.560.000$$

Übrigens: Wenn ihr exakt gerechnet hättet (289×5214), wäre euer Ergebnis 1 506 846, also gar nicht so weit entfernt vom Ergebnis unserer Überschlagsrechnung. Wenn die Antwortmöglichkeiten 1,5 Millionen, 3 Millionen, 5 Millionen, 10 Millionen und 12 Millionen gewesen wären, hätten wir uns mit Sicherheit richtig entschieden.

Nach einem ähnlichen Prinzip funktioniert das **Multiplizieren von Dezimalzahlen.** Angenommen, ihr müsst $5{,}67 \times 2{,}04$ rechnen, dann solltet ihr zunächst überschlagen. Wie wär's mit $5{,}60 \times 2{,}00$? Zugegeben, hier kann man ohne große Schwierigkeiten erkennen, dass die Antwort 11,2 ist. Bei komplizierteren Aufgaben kann allerdings ein Trick notwendig werden: Ihr zählt die Nachkommastellen und schaut dann, dass das Ergebnis genauso viele Nachkommastellen hat, wie beide Faktoren zusammen.

$$13{,}27 \quad 453{,}7 = 6020{,}599$$

Wenn ihr vergessen habt, wie man **schriftlich multipliziert,** solltet ihr noch mal nachschauen, wie das geht. Dann habt ihr, falls Überschlagen nicht weiterhilft, noch einen Plan B.

Manchmal kann es auch hilfreich sein, zwischen Dezimal- und Bruchschreibweise hin und her zu wechseln. Dafür muss man allerdings mit Brüchen sicher rechnen können …

28.2 Bruchrechnung

Manche Menschen werden mit Brüchen nie richtig warm. Da man aber, gerade wenn Formeln ins Spiel kommen, nicht um sie herumkommt, wollen wir in diesem Kapitel euer Wissen auffrischen.

Der Bruchstrich bedeutet nichts anderes als **„geteilt durch".** Ihr könnt also alternativ auch „/" oder „:" verwenden. Da aber aus Gründen der Übersicht der Bruchstrich oft das Mittel der Wahl bleibt, sollte man sich auch mit ihm vertraut machen.

LESEPROBE

28.2.1 Rechnen mit zwei Brüchen

Multiplizieren

Brüche zu multiplizieren ist eigentlich ganz einfach: Man multipliziert **Zähler mit Zähler** (stehen über dem Bruchstrich) und **Nenner mit Nenner** (unter dem Bruchstrich).

Um das Ganze noch weiter zu vereinfachen, kann man u. U. kürzen, doch dazu später mehr.

$$\frac{1}{2}\times\frac{1}{3}=\frac{1}{6}$$

Dividieren

Man teilt einen Bruch durch einen anderen, indem man **mit dem Kehrwert multipliziert** – d. h. man dreht den zweiten Bruch, durch den dividiert werden soll, um:

$$\frac{4}{3}\div\frac{5}{11}=\frac{4}{3}\times\frac{11}{5}=\frac{44}{15}$$

Da der Bruchstrich eigentlich für „geteilt durch" steht, könnte man diese Aufgabe rein theoretisch auch so notieren, aber das macht die Sache eher unübersichtlich:

$$\frac{\frac{4}{3}}{\frac{5}{11}}$$

Addieren/Subtrahieren

Will man Brüche addieren, müssen die **Nenner gleich** sein. Dann können die **Zähler einfach addiert** werden.

$$\frac{1}{5}+\frac{2}{5}=\frac{3}{5}$$

$$\frac{4}{5}-\frac{3}{5}=\frac{1}{5}$$

Wenn nun aber Brüche nicht zufällig denselben Nenner haben? Dann muss man sie **gleich machen** – dafür gibt es zwei Möglichkeiten:

Kürzen und Erweitern

Kürzen und Erweitern vernachlässigt man in der Schule spätestens dann, wenn man einen Taschenrechner verwenden darf. Grund genug, noch mal auf einige Aspekte einzugehen:

Beim Kürzen **teilt man Zähler und Nenner durch dieselbe Zahl.**

Dies führt dazu, dass sich Zähler und Nenner ändern, **ohne dass sich der Wert des Bruchs verändert.**

$$\frac{40}{310}=\frac{40:10}{310:10}=\frac{4}{31}$$

Kürzen solltet ihr nicht nur, wenn ihr zwei Brüche auf den gleichen Nenner bringen müsst, sondern auch bei der Multiplikation, denn dann könnt ihr mit kleineren Zahlen rechnen. Um sich zu verdeutlichen, dass man bei der Multiplikation kürzen darf, bietet es sich an, beide Faktoren auf einen Bruchstrich zu schreiben.

ESELSBRÜCKE Aber Achtung, beim Addieren und Subtrahieren darf nicht über die Summanden hinweg gekürzt werden, denn:
In Summen kürzen nur die Dummen!

Beim Erweitern **multipliziert ihr Zähler und Nenner eines Bruchs mit derselben Zahl**. Das wird wichtig, wenn ihr zwei Brüche nicht durch Kürzen gleichnamig machen – also auf den gleichen Nenner bringen – könnt.

Wenn euch kein Nenner einfällt, der ein Vielfaches eurer beiden Brüche sein könnte, dann fragt euch, welche Zahl herauskommt, wenn ihr die Nenner eurer beiden Brüche miteinander multipliziert.

$$\frac{3}{7}+\frac{5}{13}$$

LESEPROBE

IV Physik

Paul Windisch

34 Mechanik ... 257
34.1 Geschwindigkeit und Impuls ... 257
34.2 Beschleunigung ... 258
34.3 Kraft ... 258
34.4 Reibung ... 259
34.5 Drehmoment und Hebelgesetz ... 259
34.6 Druck ... 260
34.7 Kreisbewegung ... 260
34.8 Energie ... 262
34.9 Feder ... 264
34.10 Flaschenzug ... 264

35 Flüssigkeiten ... 267
35.1 Grundbegriffe und Größen ... 267
35.2 Hagen-Poiseuille-Gesetz ... 269
35.3 Hydrostatischer Druck ... 269
35.4 Auftrieb ... 269

36 Thermodynamik und Gase ... 271
36.1 Wärme ... 271
36.2 Innere Energie und Hauptsätze der Thermodynamik ... 272
36.3 Gase ... 273

37 Elektrizität ... 275
37.1 Begriffe und Größen ... 275
37.2 Stromkreis ... 277
37.3 Magnetismus ... 280
37.4 Wechselstrom ... 281

38 Licht und andere Wellen ... 283
38.1 Wellen ... 283
38.2 Schall ... 284
38.3 Licht ... 284

39 Optik ... 287
39.1 Reflexion ... 287
39.2 Brechung ... 287
39.3 Linsen ... 289
39.4 Auge ... 289
39.5 Lupe und Mikroskop ... 290

40 Ionisierende Strahlung ... 291
40.1 Radioaktivität ... 291
40.2 Aktivität und Halbwertszeit ... 292
40.3 Dosis ... 292

41 Formelsammlung Physik ... 295

LESEPROBE

KAPITEL

34 Mechanik

Paul Windisch

STICHWÖRTER
Geschwindigkeit; Beschleunigung; Impuls; Rotation; Winkelmaße (Grad und Radiant); Winkelgeschwindigkeit; Drehmoment; Kraft; Arbeit; Leistung; Energie (potenziell, kinetisch); Hebel; Feder; Flaschenzug

Nun starten wir also mit der bei Medizinstudierenden relativ unbeliebten Physik. Zum Glück beginnen wir aber mit der Mechanik, die sich als Einstiegsthema anbietet, da ihr mit den meisten der Themen, auf die wir hier zu sprechen kommen werden, aus dem Alltag vertraut seid. Erinnert euch beim Durcharbeiten der folgenden Kapitel bitte an die Hinweise zur Arbeit mit Gleichungen aus dem Mathematik-Teil:

1. Macht euch klar, wofür die Formelzeichen, die in der Gleichung verwendet werden, stehen.
2. „Spielt" mit der Gleichung: Setzt Beispielwerte ein, macht die Werte sehr groß und macht die Werte sehr klein. Schaut dabei, was für Auswirkungen die Veränderungen der Werte auf die gesamte Gleichung haben, und versucht auf diese Weise ein besseres Verständnis für die Parameter zu bekommen.
3. Löst die Gleichung auf: Ihr solltet in der Lage sein, die Gleichung nach jedem Parameter aufzulösen. Überprüft eure Gleichungen, indem ihr, wie in ➢ Kap. 29.5 besprochen, Zahlen in die Ursprungsgleichung einsetzt, sodass eine wahre Aussage entsteht, und schaut, ob auch in der umgestellten Gleichung eine wahre Aussage entsteht, wenn ihr dieselben Zahlen einsetzt.

34.1 Geschwindigkeit und Impuls

Über die Geschwindigkeit müssen wir nicht allzu viele Worte verlieren: Wenn ihr eine bestimmte Strecke s in einer bestimmten Zeit t zurückgelegt habt, müsst ihr, um eure Durchschnittsgeschwindigkeit **v (velocity)** zu berechnen, s durch t dividieren:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Warum das „Delta"? Wir betrachten die Änderung der Strecke bzw. die Änderung der Zeit: Angenommen, ihr wollt die Durchschnittsgeschwindigkeit eines 100-m-Sprinters auf den letzten 30 m berechnen, dann dividiert ihr die Änderung der Strecke (von 70 m zu 100 m, also 30 m) durch die Änderung der Zeit (von 16 s zu 23 s auf der Stoppuhr, also 7 s). Ihr solltet allerdings immer bedenken, dass es sich um die Durchschnittsgeschwindigkeit handelt und dass die Momentangeschwindigkeiten teilweise darüber und darunter liegen. Lediglich bei einer **gleichförmigen Bewegung** bleibt die Geschwindigkeit konstant und die Durchschnittsgeschwindigkeit entspricht der Momentangeschwindigkeit. Merkt euch, dass **D**elta für die **D**ifferenz, also die Änderung einer Größe, steht.

Übrigens: Die zwei geläufigsten Einheiten der Geschwindigkeit sind **km/h** und **m/s.**

TMSnat-TIPP Um euch im TMSnat viel Rechnen zu ersparen, solltet ihr euch merken, dass **1 m/s genauso schnell ist wie 3,6 km/h.**

Die nächste Größe, mit der wir uns befassen wollen, ist der **Impuls.** Wenn ihr euch fragt, ob es schlimmer wäre, von einem 100 km/h schnellen Tischtennisball oder einem 100 km/h schnellen Golfball getroffen zu werden, würden die meisten Menschen wohl intuitiv den Golfball nehmen. Auch wenn beide Bälle gleich schnell fliegen, hat der schwerere Golfball nämlich den größeren Impuls **p,** der sich als **Produkt von Masse und Geschwindigkeit** des Körpers berechnet:

$$p = m \quad v$$

Und welche Einheit hat p? Die Masse hat die Einheit kg und die Geschwindigkeit die Einheit m/s, folglich hat p die Einheit:

$$[p] = kg \quad m/s$$

LESEPROBE

In einem geschlossenen System bleibt die **Summe aller Impulse** immer gleich.

Trifft eine Kugel auf eine Wand, ändert sie lediglich ihre Richtung und behält den Betrag ihres Impulses. Beim Kontakt mit einer anderen Kugel wird Kugel A vielleicht etwas abgebremst und Kugel B dafür leicht beschleunigt – die Summe bleibt gleich. Man spricht folglich vom **Impulserhaltungssatz.**

34.2 Beschleunigung

Die Änderung der Geschwindigkeit eines Körpers bezeichnet man als Beschleunigung. Hat die **Beschleunigung** einen positiven Wert, wird der Körper schneller, wohingegen eine negative Beschleunigung dem Abbremsen des Körpers entspricht. Die Beschleunigung **a** (acceleration) ist also nichts anderes als die Änderung der Geschwindigkeit v während eines Zeitraums:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Auch die Einheit der Beschleunigung könnt ihr euch herleiten, wenn ihr mit Brüchen rechnen könnt, da ihr die Einheiten von Geschwindigkeit und Zeit bereits kennt:

$$[a] = \frac{\frac{m}{s}}{s} = \frac{m}{s^2}$$

34.3 Kraft

Damit ein Körper seine Geschwindigkeit ändert, muss auf ihn eine Kraft wirken, sonst würde er sich für immer gleich schnell weiterbewegen. Kräfte sind also essenziell, um einen Körper zu beschleunigen.
Die Formel für die **Kraft F (force)** lautet:

$$F = m \quad a$$

Damit könnt ihr z. B. ausrechnen, welche Kraft benötigt wird, um einen Gegenstand der Masse m um a zu beschleunigen.

Alternativ könnt ihr die Formel auch nach **a** auflösen. Mit dieser Formel erfahrt ihr dann, was für eine Beschleunigung entsteht, wenn ihr auf einen Gegenstand der Masse m eine Kraft F ausübt. Ihr seht: Um einen Gegenstand stark zu beschleunigen, muss dieser entweder sehr leicht (kleines m) oder die Kraft, die ihr aufwendet, sehr groß (großes F) sein.

Die Einheit der Kraft erhaltet ihr natürlich, indem ihr die Einheiten von Masse und Beschleunigung miteinander multipliziert. Damit man nicht immer so viel schreiben muss, fasst man sie auch gerne als **Newton (N)** zusammen:

$$[F] = kg \times \frac{m}{s^2} = N$$

Eine besondere Kraft, der wir permanent ausgesetzt sind, ist die **Gravitationskraft** der Erde bzw. die Erdanziehungskraft. Wenn wir ihr permanent ausgesetzt sind, warum werden wir dann nicht immer schneller (schließlich führt eine Kraft zu einer Beschleunigung)? Weil wir uns häufig in einem Kräftegleichgewicht befinden, indem sich alle Kräfte, denen unser Körper ausgesetzt ist, so neutralisieren, dass wir nicht weiter Richtung Erde beschleunigt werden. Wenn wir von unserem Schreibtisch springen, merken wir allerdings schnell, dass die Erde sehr wohl in der Lage ist, uns zu beschleunigen. Diese Erdbeschleunigung wird auch als **g** abgekürzt (obwohl man wie für jede Beschleunigung auch a nehmen könnte) und beträgt **9,81, also ungefähr 10 m/s².**

$$F = m \quad g$$

Die Gravitation der Erde ist gewissermaßen ein Sonderfall der Gravitationskraft. Allgemein berechnet sich die **Gravitation F_G** zwischen zwei Körpern mithilfe ihrer **Massen m,** dem **Abstand zwischen den beiden Körpern r** und der **Gravitationskonstante G,** die man praktischerweise schon experimentell für euch bestimmt hat (sie beträgt $6{,}7 \times 10^{-11}\ m^3/kg \times s^2$).

$$F_G = \frac{G \times (m_1 \times m_2)}{r^2}$$

LESEPROBE