



**MEHR  
ERFAHREN**

Genetik und Entwicklung  
Immunbiologie · Evolution · V

**Biologie-KOMPAKT 2**

Oberstufe

**STARK**

# Inhalt

## Vorwort

<b>Genetik und Entwicklung</b> .....	<b>1</b>
<b>1 Klassische Genetik – Mendelsche Regeln</b> .....	<b>1</b>
1.1 Monohybride Erbgänge .....	1
1.2 Dihybride Erbgänge .....	4
1.3 Polygenie, Polyphänie und Modifikation .....	5
1.4 Blutgruppenvererbung nach Mendel .....	6
<b>2 Zyto-genetik – Chromosomen und Vererbung</b> .....	<b>8</b>
2.1 Chromosomen .....	8
2.2 Meiose .....	10
2.3 Genkopplung .....	13
2.4 Chromosomengebundene Vererbung von Krankheiten beim Menschen .....	14
<b>3 Molekulargenetik</b> .....	<b>18</b>
3.1 Struktur der Nukleinsäuren .....	18
3.2 Replikation der DNA .....	20
3.3 Proteinbiosynthese .....	22
3.4 Genwirkketten .....	27
3.5 Genregulation .....	29
3.6 Genregulation bei Prokaryoten .....	29
3.7 Genregulation bei Eukaryoten .....	32
3.8 Genregulation durch epigenetische Mechanismen .....	33
3.9 Mutationen .....	33
3.10 Molekulargenetische Ursachen von Krankheiten beim Menschen .....	37
<b>4 Angewandte Genetik – Gentechnik</b> .....	<b>42</b>
4.1 Werkzeuge der Gentechnik .....	42
4.2 Methoden der Gentechnik und Gendiagnose .....	44
4.3 Anwendungen der Gentechnik bei Bakterien, Pflanzen und Tieren .....	53
4.4 Gendiagnose und Gentherapie beim Menschen .....	56



5	Entwicklungsbiologie .....	60
5.1	Fortpflanzung .....	60
5.2	Methoden der Reproduktionsbiologie .....	63
	<b>Immunbiologie .....</b>	<b>67</b>
6	Abwehrmechanismen .....	67
6.1	Unspezifische Abwehr .....	67
6.2	Spezifische Abwehr .....	68
6.3	Impfungen .....	73
6.4	Bluttransfusion und Rhesusunverträglichkeit .....	74
7	Erkrankungen des Immunsystems .....	76
7.1	Autoimmunerkrankungen .....	76
7.2	Immunschwäche .....	77
7.3	Allergien .....	79
	<b>Evolution .....</b>	<b>81</b>
8	Historische Entwicklung des Evolutionsgedankens .....	81
8.1	Lehre von der Konstanz der Arten .....	81
8.2	Historische Evolutionstheorien .....	82
9	Synthetische Evolutionstheorie .....	86
9.1	Populationsgenetische Grundlagen .....	86
9.2	Variabilität – Mutation und Rekombination .....	88
9.3	Selektion .....	90
9.4	Gendrift – die Wirkung des Zufalls .....	94
9.5	Artbildung durch Isolation .....	95
9.6	Zusammenwirken von Evolutionsfaktoren .....	97
9.7	Evolutionsschübe nach Massenaussterben .....	99
10	Belege für die Evolution .....	100
10.1	Paläontologische Belege .....	100
10.2	Anatomisch-morphologische Belege .....	104
10.3	Molekularbiologische Belege .....	107
10.4	Ethologische Belege .....	110
11	Entwicklung des Lebens auf der Erde .....	111
11.1	Chemische Evolution .....	111
11.2	Anfänge der biologischen Evolution .....	113

12 Evolution des Menschen .....	115
12.1 Der Mensch ist ein Primat .....	115
12.2 Die Sonderstellung des Menschen .....	116

## **Verhalten .....** 121

13 Problemstellungen und Methoden der Verhaltensbiologie .....	121
14 Angeborenes Verhalten .....	123
14.1 Unbedingte Reflexe .....	123
14.2 Instinkthandlung .....	123
15 Erlerntes Verhalten .....	129
15.1 Prägung .....	129
15.2 Konditionierung .....	130
15.3 Höhere Lernleistungen .....	132
16 Sozialverhalten .....	134
16.1 Kooperation .....	134
16.2 Kommunikation .....	136
16.3 Aggression und Aggressionshemmung .....	138
16.4 Sexualverhalten .....	141
17 Verhalten des Menschen .....	142
17.1 Angeborenes Verhalten beim Menschen .....	142
17.2 Lernvorgänge beim Menschen .....	144
17.3 Sozialverhalten des Menschen .....	145

## **Stichwortverzeichnis .....** 147

**Autor:** Hans-Dieter Triebel

### Hinweise:

- Die entsprechend gekennzeichneten Kapitel enthalten ein **Lernvideo**. An den jeweiligen Stellen im Buch befindet sich ein QR-Code, den Sie mithilfe Ihres Smartphones oder Tablets scannen können.



Im Hinblick auf eine eventuelle Begrenzung des Datenvolumens wird empfohlen, dass Sie sich beim Ansehen der Videos im WLAN befinden. Haben Sie keine Möglichkeit, den QR-Code zu scannen, finden Sie die Lernvideos auch unter:

<http://qrcode.stark-verlag.de/94719V>

- Die mit **(1)** gekennzeichneten Verweise auf weitere relevante Textstellen beziehen sich auf den Band **Biologie-KOMPAKT 1** (Zellen und Stoffwechsel, Nerven, Sinne und Hormone, Ökologie; Verlags-Nr. 94718V).

# Vorwort

Liebe Schülerinnen und Schüler,

die Bände Biologie-KOMPAKT 1 (Verlags-Nr. 94718V) und 2 bieten Ihnen eine kompakte, aber gleichzeitig präzise und umfassende Darstellung des Unterrichtsstoffs der Biologie. Die Bücher eignen sich daher sowohl ausgezeichnet für den Schulalltag, parallel zu Ihren persönlichen Aufzeichnungen, als auch zur effektiven Vorbereitung auf Klausuren und das Abitur.

- Alle relevanten Fakten und Zusammenhänge stehen Ihnen damit **schnell und übersichtlich** zur Verfügung.
- Wichtige **Fachbegriffe** sind **farbig** hervorgehoben.
- Die Inhalte werden durch zahlreiche verständliche und schnell erfassbare **Grafiken, Diagramme und Schemata** veranschaulicht.
- Das **umfangreiche Stichwortverzeichnis** ermöglicht Ihnen die gezielte Suche nach bestimmten Begriffen und Inhalten.
- **Querverweise** erleichtern das Auffinden von themenübergreifenden und vertiefenden Darstellungen.

Zu ausgewählten Themen gibt es **Lernvideos**, in denen wichtige biologische Zusammenhänge dargestellt werden. An den entsprechenden Stellen im Buch befindet sich ein QR-Code, den Sie mithilfe Ihres Smartphones oder Tablets scannen können.



Ich wünsche Ihnen Freude an der Biologie und diesem Band und vor allem viel Erfolg auf dem Weg zum Abitur!

*Hans Dieter Triebel*

Hans-Dieter Triebel



# Genetik und Entwicklung

## 1 Klassische Genetik – Mendelsche Regeln

Die Gesetze der Vererbung, nach denen Merkmale an die Nachkommen weitergegeben werden, wurden in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts durch Johann Gregor MENDEL (1822–1884) beschrieben.

### 1.1 Monohybride Erbgänge

MENDEL führte zunächst Kreuzungen mit **reinerbigen (homozygoten)** Erbsenpflanzen durch, die sich nur in einem einzigen sichtbaren Merkmal unterschieden, z. B. rote und weiße Blütenfarbe. Nur ein Merkmal betreffende Erbgänge bezeichnet man als **monohybrid**.

#### Monohybrider dominant-rezessiver Erbgang

Die aus den Samen von gekreuzten Elternpflanzen (**Parentalgeneration, P**) mit roten bzw. weißen Blüten entstandenen Tochterpflanzen (**1. Filialgeneration, F<sub>1</sub>**) hatten einen **uniformen Phänotyp** (Erscheinungsbild), d. h., sie sahen alle gleich aus. Aus diesem Phänomen leitete MENDEL eine Regel ab:

**1. Mendelsche Regel (Uniformitätsregel):** Kreuzt man reinerbige Individuen einer Art, die sich in einem Merkmal unterscheiden, so sind die Nachkommen in der F<sub>1</sub>-Generation untereinander gleich.

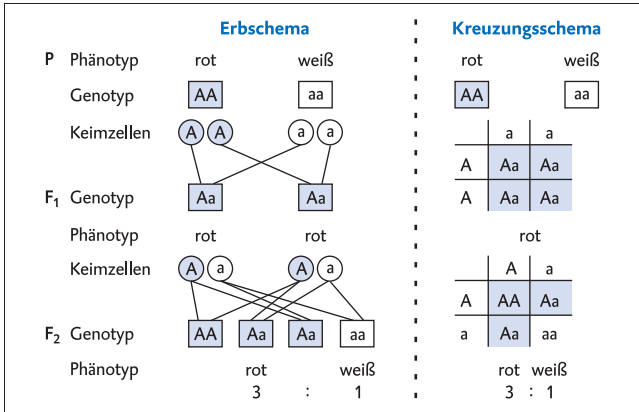
Trotz des im Beispiel einheitlich roten Phänotyps der Pflanzen der F<sub>1</sub>-Generation ist die Anlage für „Weißblütigkeit“ aber nicht verloren gegangen. Sie ist weiterhin im **Genotyp** (Erbbild) der F<sub>1</sub>-Generation vorhanden. In einem solchen Fall liegt die Erbanlage, das **Gen**, für das betreffende Merkmal (hier: die Blütenfarbe) in zwei verschiedenen **Allelen**, d. h. Ausprägungsformen, vor. Die F<sub>1</sub>-Individuen sind also bezüglich dieses einen Merkmals **mischerbig (heterozygot)** und werden (Mono-)Hybride oder Bastarde genannt. Der Phänotyp wird dabei ausschließlich vom **dominanten** Allel (hier: rot) bestimmt. Die Ausprägung des anderen Allels (hier: weiß) wird unterdrückt; dieses Allel ist **rezessiv**.



In **Erb- oder Kreuzungsschemata** wird das dominante Allel durch einen Großbuchstaben (z. B. A) und das rezessive Allel durch den entsprechenden Kleinbuchstaben (a) symbolisiert.

Bei der Kreuzung der rot blühenden Pflanzen der  $F_1$ -Generation untereinander wurde das rezessive Allel dann wieder sichtbar. Ihre Nachkommen spalteten sich wieder in rot- und weißblütige Pflanzen auf. Aus den entsprechenden Ergebnissen konnte Mendel eine zweite Regel ableiten:

**2. Mendelsche Regel (Spaltungsregel):** Kreuzt man die Individuen der  $F_1$ -Generation untereinander, so treten in der  $F_2$ -Generation sowohl die Merkmale der  $F_1$ -Generation als auch die der Parentalgeneration in einem bestimmten Zahlenverhältnis auf.



Beispiel für einen monohybriden dominant-rezessiven Erbgang

Selbstverständlich kann ein Gen auch in mehr als zwei Ausprägungen vorliegen. In diesen Fällen, z. B. beim ABO-System der Blutgruppen des Menschen (siehe S. 6), spricht man von **multipler Allelie**.

### Monohybrider intermediärer Erbgang

Führt ein heterozygoter Genotyp zu einem gemischten Phänotyp (z. B. rot + weiß  $\Rightarrow$  rosafarbene Blüten), liegt ein **intermediärer Erbgang** vor. Es ergibt sich eine Mischform zwischen den parental Phänotypen, da kein Allel das andere vollständig unterdrücken kann. In einem

solchen Fall sind beide Allele „gleich stark“ und tragen in gleichem Maße zur Merkmalsausprägung bei. Dieser „Idealfall“ ist aber in der Natur relativ selten.

Meist verschiebt sich die Merkmalsausprägung stärker in Richtung eines der beiden beteiligten Allele, sodass man intermediäre Vererbung auch als **unvollständige Dominanz** verstehen kann.

Die 1. und die 2. Mendelsche Regel gelten selbstverständlich auch für den intermediären Erbgang. Daher spaltet sich der uniforme Phänotyp der  $F_1$  in der  $F_2$  ebenfalls in einem charakteristischen Zahlenverhältnis auf.

P Phänotyp	rot	weiß	
Genotyp	aa	bb	
	a	a	
	b	ab	
	b	ab	
$F_1$ Phänotyp	rosa		
	a	b	
	a	aa	
	b	ab	
$F_2$ Phänotyp	rot	rosa	weiß
	1	2	1

Beispiel für einen monohybriden intermediären Erbgang

## Rückkreuzung

Um festzustellen, ob ein Individuum bezüglich eines dominanten Allels homo- oder heterozygot ist, führt man eine **Rückkreuzung** (Testkreuzung) mit einem homozygot rezessiven Partner durch. Sind die Nachkommen uniform, liegt Homozygotie des dominanten Allels vor. Spaltet sich dagegen der Phänotyp im Verhältnis 1 : 1 auf, ist das zu testende Individuum heterozygot.

Phänotyp	rot	weiß		rot	weiß
Genotyp	AA	aa		Aa	aa
	A	A		A	a
	a	Aa	Aa	a	aa
	a	Aa	Aa	a	aa
Phänotyp	rot			rot	weiß
				1	1

Rückkreuzung;  
links: untersuchtes Individuum ist homozygot; rechts: untersuchtes Individuum ist heterozygot

## 1.2 Dihybride Erbgänge

P	Phänotyp	gelbe, runde Samen		grüne, kantige Samen		
	Genotyp	AABB		aabb		
			ab		ab	
		AB	AaBb	AaBb		
		AB	AaBb	AaBb		
F <sub>1</sub>	Phänotyp	gelbe, runde Samen				
			AB	Ab	aB	ab
		AB	AABB	AABb	AaBB	AaBb
		Ab	AABb	AAbb	AaBb	Aabb
		aB	AaBB	AaBb	aaBB	aaBb
		ab	AaBb	Aabb	aaBb	aabb
F <sub>2</sub>	Phänotyp		gelb, rund	gelb, kantig	grün, rund	grün, kantig
			9	3	3	1

Beispiel für einen dihybriden dominant-rezessiven Erbgang

MENDEL untersuchte auch **dihybride Erbgänge**, bei denen sich die Erbsenpflanzen in zwei Merkmalen unterschieden, z. B. Samenfarbe (gelb/grün) und -form (rund/kantig). Auch bei diesen Kreuzungen setzten sich in der F<sub>1</sub>-Generation die dominanten Allele durch: Alle Samen waren gelb und rund. In der F<sub>2</sub>-Generation spaltete sich der uniforme Phänotyp wiederum auf. Dabei entstanden auch Kombinationen, die in der P-Generation nicht aufgetreten waren. Die Erbanlagen für Samenfarbe und -form wurden unabhängig voneinander vererbt und neu kombiniert. Diese Ergebnisse fasste Mendel in seiner dritten Regel zusammen:

**3. Mendelsche Regel (Unabhängigkeitsregel):** Kreuzt man Individuen, die sich in mehr als einem Merkmal reinerbig unterscheiden, werden die einzelnen Merkmale unabhängig voneinander vererbt und in der F<sub>2</sub>-Generation neu kombiniert.

Nicht immer gilt diese von MENDEL beobachtete unabhängige Vererbung von Merkmalen. Liegen die Erbanlagen für die betreffenden Merkmale zusammen auf einem Chromosom, liegt **Genkopplung** vor (siehe S. 13). Die Merkmale treten dann meist auch in den Tochtergenerationen zusammen auf.

Bei seinen Versuchen wertete Mendel große Mengen an Daten statistisch aus. Das war entscheidend, denn bei den Mendelschen Regeln handelt es sich um **Wahrscheinlichkeitsgesetze**, anhand derer die bei bestimmten Erbgängen theoretisch zu erwartenden Genotypen- und Phänotypenverhältnisse ermittelt werden können. Sie besagen nicht, dass beispielsweise bei einem monohybriden dominant-rezessiven Erbgang, bei dem die F<sub>2</sub>-Generation vier Nachkommen umfasst, drei von diesen das dominante und einer das rezessive Merkmal aufweisen müssen.

### 1.3 Polygenie, Polyphänie und Modifikation

Tatsächlich trifft die allen Mendelschen Regeln zugrunde liegende „Ein-Gen-ein-Merkmal“-Hypothese nur in den seltensten Fällen zu. In der Regel wird ein Merkmal nicht nur durch ein Gen (**Monogenie**), sondern durch mehrere unterschiedliche Gene bestimmt (**Polygenie**). Wenn das betreffende Merkmal prinzipiell durch jedes dieser Gene alleine zustande kommen könnte und die Gene sich in ihrer Wirkung lediglich gegenseitig verstärken, wird dies als **additive Polygenie** bezeichnet (z. B. die Gene, die die Körpergröße des Menschen bestimmen). **Komplementäre Polygenie** besteht, wenn mehrere Gene zur Ausprägung eines Merkmals benötigt werden, da sie dazu in unterschiedlicher Weise beitragen.

Beeinflusst im Gegensatz zur Polygenie ein einzelnes Gen mehrere Merkmale, so spricht man von **Polyphänie** (auch: **Pleiotropie**). Ein Beispiel hierfür ist das Marfan-Syndrom, bei dem die Abweichung in nur einem Gen mehrere zusammenhängende Symptome hervorruft: Durch eine krankhafte Veränderung des Bindegewebes werden Augen, Skelett und Kreislaufsystem beeinträchtigt.

Die Ausprägung eines Phänotyps kann außer durch die Erbanlagen auch durch die Wirkung von Umwelteinflüssen verändert werden. Solche individuell erworbenen **Modifikationen** werden aber nicht vererbt. An die Nachkommen wird jeweils nur eine **Reaktionsnorm** (Variationsbreite) weitergegeben, innerhalb derer die tatsächliche Ausprägung des betreffenden Merkmals schwanken kann (siehe auch S. 90). Bei der **fließenden Modifikation** verteilt sich die Merkmalsausprägung bei erbgleichen Nachkommen in einer glockenförmigen Kurve um einen Mittelwert (Gauß-Normalverteilung). Ändert sich ein Merkmal dagegen bei bestimmten Umweltbedingungen Übergangslos, so spricht man von



© **STARK Verlag**

[www.stark-verlag.de](http://www.stark-verlag.de)  
[info@stark-verlag.de](mailto:info@stark-verlag.de)

Der Datenbestand der STARK Verlag GmbH ist urheberrechtlich international geschützt. Kein Teil dieser Daten darf ohne Zustimmung des Rechteinhabers in irgendeiner Form verwertet werden.

**STARK**