



Jetzt mit  
eLearning  
*besser  
lernen*

# Campbell Biologie

10., aktualisierte Auflage

Reece • Urry • Cain • Wasserman  
Minorsky • Jackson

Deutsche Ausgabe herausgegeben von  
Jürgen J. Heinisch und Achim Paululat

## Biologie

# Campbell Biologie

## Inhaltsverzeichnis

Campbell Biologie

Inhaltsübersicht

Inhaltsverzeichnis

Kapitel 1 - Einführung: Evolution, Schlüsselthemen der Biologie,  
Forschung

Biologie, die Wissenschaft des Lebens

1.1 Theorien und Konzepte verbinden die Disziplinen der Biologie

1.1.1 Jede Organisationsebene in der biologischen Hierarchie ist durch emergente  
Eigenschaften charakterisiert

1.1.2 Die Kontinuität des Lebens beruht auf vererbbarer Information in Form von DNA

1.1.3 Die Energieumwandlung durch belebte Materie

1.1.4 Vom Ökosystem zum Molekül Wechselwirkungen sind wichtig in biologischen  
Systemen

1.1.5 Evolution, der große, die gesamte Biologie überspannende Bogen

1.2 Einheitlichkeit und Vielfalt der Organismen sind das Ergebnis der Evolution

1.2.1 Ordnung in die Vielfalt der Lebewesen bringen

1.2.2 Charles Darwin und die Theorie der natürlichen Selektion

1.2.3 Der Stammbaum des Lebens

1.3 Naturwissenschaftler verwenden unterschiedliche Methoden

1.3.1 Biologie als empirische Wissenschaft

1.3.2 Induktion und empirische Forschung

1.3.3 Hypothesen in der Naturwissenschaft

1.3.4 Naturwissenschaftliche Vorgehensweise

1.3.5 Fallstudie: Die Erforschung der Mimikry an Schlangenpopulationen

1.3.6 Die Planung von Kontrollexperimenten

Schützt die Anwesenheit giftiger Korallenschlangen die sie imitierende Dreiecksnatter vor  
räuberischen Tierarten?

1.3.7 Wissenschaftstheorien

1.4 Wissenschaftskultur

1.4.1 Auf den Erkenntnissen anderer Wissenschaftler und Vorgänger aufbauen

Interpretation von Balkendiagrammen

1.4.2 Naturwissenschaft, Technik und Gesellschaft

1.4.3 Die Bedeutung unterschiedlicher Standpunkte in der Wissenschaft

# Inhaltsverzeichnis

## Teil I - Die chemischen Grundlagen des Lebens

### Kapitel 2 - Der chemische Kontext des Lebens

Die Verbindung zwischen Chemie und Biologie

#### 2.1 Materie besteht aus chemischen Elementen und Verbindungen

2.1.1 Elemente und Verbindungen

2.1.2 Elemente des Lebens

2.1.3 Fallstudie: Toleranzbildung bei toxischen Elementen

#### 2.2 Die Atomstruktur bedingt die Eigenschaften eines Elements

2.2.1 Subatomare Teilchen

2.2.2 Ordnungszahl und Massenzahl

2.2.3 Isotope

2.2.4 Die Energieniveaus von Elektronen

Abgleichen der Standardzerfallskurve eines radioaktiven Isotops und Dateninterpretation

2.2.5 Elektronenverteilung und chemische Eigenschaften

2.2.6 Atomorbitale

#### 2.3 Die Bildung und Funktion von Molekülen hängen von den chemischen Bindungen zwischen den Atomen ab

2.3.1 Die kovalente Bindung

2.3.2 Die Ionenbindung

2.3.3 Schwache, nichtkovalente Bindungstypen

2.3.4 Molekülform und -funktion

#### 2.4 Bindungen werden im Verlauf chemischer Reaktionen gebildet und gebrochen

### Kapitel 3 - Wasser und Leben

Ohne Wasser kein Leben

#### 3.1 Wasserstoffbrückenbindungen sind eine Folge der Polarität des Wassermoleküls

#### 3.2 Das Leben auf der Erde hängt vom Wasser ab

3.2.1 Kohäsion und Adhäsion

3.2.2 Ausgleich von Temperaturunterschieden

3.2.3 Schwimmendes Eis als Garant für den Lebensraum Wasser

3.2.4 Des Lebens Lösungsmittel

3.2.5 Leben auf anderen Planeten

#### 3.3 Organismen benötigen zum Leben bestimmte Säure/Base- Bedingungen

3.3.1 Säuren und Basen

3.3.2 Die pH-Skala

3.3.3 Puffer

3.3.4 Gefährdungen der Wasserqualität auf der Erde

Interpretation eines Streudiagramms mit einer Regressionsgeraden

### Kapitel 4 - Kohlenstoff und die molekulare Vielfalt des Lebens

Kohlenstoff: Grundlage des Lebens

#### 4.1 Organische Chemie ist die Chemie der Kohlenstoffverbindungen

# Inhaltsverzeichnis

## 4.1.1 Organische Moleküle und die Entstehung des Lebens auf der Erde

Können sich organische Moleküle unter Bedingungen bilden, die vermutlich denen auf der frühen Erde ähneln?

Das Arbeiten mit Molzahlen und molaren Verhältnissen

## 4.2 Kohlenstoffatome können komplexe Makromoleküle bilden

### 4.2.1 Das Entstehen von Kohlenstoff- Bindungen

### 4.2.2 Molekulare Vielfalt durch Variation des Kohlenstoffgerüsts

## 4.3 Wenige funktionelle Gruppen entscheiden über die biologische Funktion

### 4.3.1 Die für die Lebensprozesse wichtigsten funktionellen Gruppen

### 4.3.2 ATP: Eine wichtige Energiequelle zellulärer Prozesse

### 4.3.3 Die chemischen Elemente des Lebens: Eine Rückschau

## Kapitel 5 - Struktur und Funktion biologischer Makromoleküle

### Die Moleküle lebender Organismen

## 5.1 Makromoleküle sind aus Monomeren aufgebaute Polymere

### 5.1.1 Synthese und Abbau von Polymeren

### 5.1.2 Die Vielfalt der Polymere

## 5.2 Kohlenhydrate dienen als Brenn- und Baustoffe

### 5.2.1 Zucker

### 5.2.2 Polysaccharide

## 5.3 Lipide bilden eine heterogene Gruppe hydrophober Moleküle

### 5.3.1 Fette

### 5.3.2 Phospholipide

### 5.3.3 Steroide

## 5.4 Proteine: Funktionsvielfalt durch Strukturvielfalt

### 5.4.1 Aminosäure-Monomere

### 5.4.2 Polypeptide (Aminosäurepolymere)

### 5.4.3 Proteinstruktur und -funktion

Was kann uns die 3D-Struktur der RNA- Polymerase über ihre Funktion verraten?

## 5.5 Nucleinsäuren speichern, übertragen und verwerten Erbinformation

### 5.5.1 Aufgaben von Nucleinsäuren

### 5.5.2 Bestandteile von Nucleinsäuren

### 5.5.3 DNA- und RNA-Strukturen

## 5.6 Biologie im Wandel durch Genomik und Proteomik

### 5.6.1 DNA und Proteine als Zeitmaß der Evolution

Die Analyse von Polypeptidsequenzdaten

## Teil II - Die Zelle

### Kapitel 6 - Ein Rundgang durch die Zelle

#### Der kleinste gemeinsame Nenner lebender Organismen

## 6.1 Mikroskopie und biochemische Analytik für das Studium von Zellen

### 6.1.1 Mikroskopie

### 6.1.2 Zellfraktionierung

Zellfraktionierung

# Inhaltsverzeichnis

## 6.2 Eukaryontische Zellen sind kompartimentiert

### 6.2.1 Vergleich prokaryontischer mit eukaryontischen Zellen

### 6.2.2 Die eukaryontische Zelle im Überblick

Gebrauch eines Maßstabes zur Berechnung von Oberfläche und Volumen einer Zelle

## 6.3 Die genetischen Anweisungen eukaryontischer Zellen finden sich im Zellkern, ihre Umsetzung erfolgt durch die Ribosomen

### 6.3.1 Der Zellkern: die Informationszentrale der Zelle

### 6.3.2 Ribosomen: die Proteinfabriken der Zelle

## 6.4 Das Endomembransystem steuert den Proteinverkehr und wirkt im Zwischenstoffwechsel mit

### 6.4.1 Das endoplasmatische Reticulum: die biosynthetische Fabrik

### 6.4.2 Der Golgi-Apparat: Logistikzentrum

### 6.4.3 Lysosomen: Verdauungs-Kompartimente

### 6.4.4 Vakuolen: vielseitige Mehrzweckorganellen

### 6.4.5 Das Endomembransystem im Überblick

## 6.5 Mitochondrien und Chloroplasten arbeiten als Energiewandler

### 6.5.1 Die evolutionäre Herkunft von Mitochondrien und Chloroplasten

### 6.5.2 Mitochondrien: Umwandlung chemischer Energie

### 6.5.3 Chloroplasten: Einfangen von Lichtenergie

### 6.5.4 Peroxisomen: Weitere Oxidationen

## 6.6 Das Cytoskelett ist ein Netzwerk aus Filamenten zur Organisation von zellulären Strukturen

### 6.6.1 Funktionen des Cytoskeletts: Stütze und Beweglichkeit

### 6.6.2 Bestandteile des Cytoskeletts

## 6.7 Zelluläre Aktivitäten werden durch extrazelluläre Komponenten und direkte Zell-Zell-Verbindungen koordiniert

### 6.7.1 Pflanzenzellwände

### 6.7.2 Die extrazelluläre Matrix tierischer Zellen

### 6.7.3 Zell-Zell-Verbindungen (interzelluläre Verbindungen)

### 6.7.4 Die Zelle: eine lebendige Einheit, mehr als die Summe ihrer Teile

## Kapitel 7 - Struktur und Funktion biologischer Membranen

### Biomembranen: Grenze und Barriere

## 7.1 Zellmembranen sind ein flüssiges Mosaik aus Lipiden und Proteinen

### 7.1.1 Die Fluidität von Membranen

Bewegen sich Membranproteine?

### 7.1.2 Membranproteine und ihre Funktionen

### 7.1.3 Die Rolle von Membran- Kohlenhydraten bei der Zell-Zell-Erkennung

### 7.1.4 Synthese und topologische Asymmetrie von Membranen

## 7.2 Membranen sind aufgrund ihrer Struktur selektiv permeabel

### 7.2.1 Die Permeabilität der Lipiddoppelschicht

### 7.2.2 Transportproteine

## 7.3 Passiver Transport ist die energieunabhängige Diffusion einer Substanz durch



# Inhaltsverzeichnis

eine Membran

7.3.1 Osmotische Effekte und die Wasserbalance

7.3.2 Erleichterte Diffusion: Protein- gestützter passiver Transport

7.4 Aktiver Transport ist die energieabhängige Bewegung von Stoffen entgegen ihrem Konzentrationsgradienten

7.4.1 Der Energiebedarf des aktiven Transportes

Die Interpretation eines Streudiagramms mit zwei Datensätzen

7.4.2 Wie Ionenpumpen das Membranpotenzial aufrechterhalten

7.4.3 Cotransport: Gekoppelter Transport durch ein Membranprotein

7.5 Endocytose und Exocytose vermitteln den Großteil des Transportes durch die Plasmamembran

7.5.1 Exocytose

7.5.2 Endocytose

## Kapitel 8 - Einführung in den Stoffwechsel

Die Energie des Lebens

8.1 Der Stoffwechsel von Organismen wandelt Stoffe und Energie gemäß den Gesetzen der Thermodynamik um

8.1.1 Die biochemischen Prozesse sind in Stoffwechselpfaden organisiert

8.1.2 Energieformen

8.1.3 Die Gesetze der Energietransformation

8.2 Die Änderung der freien Enthalpie entscheidet über die Richtung, in der eine Reaktion abläuft

8.2.1 Die Änderung der freien Enthalpie (DG)

8.2.2 Freie Enthalpie, Stabilität und chemisches Gleichgewicht

8.2.3 Freie Enthalpie und Stoffwechsel

8.3 ATP ermöglicht Zellarbeit durch die Kopplung von exergonen an endergone Reaktionen

8.3.1 Struktur und Hydrolyse von ATP

8.3.2 Wie durch die Hydrolyse von ATP Arbeit geleistet wird

8.3.3 Die Regeneration des ATP

8.4 Enzyme beschleunigen metabolische Reaktionen durch das Absenken von Energiebarrieren

8.4.1 Die Aktivierungsenergie als Hürde

8.4.2 Wie Enzyme Reaktionen beschleunigen

8.4.3 Die Substratspezifität von Enzymen

8.4.4 Katalyse im aktiven Zentrum des Enzyms

8.4.5 Die Abhängigkeit der Enzymaktivität von Umgebungsbedingungen

Zeichnen eines Liniendiagramms und Berechnen einer Steigung

8.5 Die Regulation der Enzymaktivität hilft bei der Kontrolle des Stoffwechsels

8.5.1 Allosterische Regulation von Enzymen

8.5.2 Allosterische Aktivierung und Hemmung

8.5.3 Die spezifische Lokalisation von Enzymen in der Zelle

## Kapitel 9 - Zelluläre Atmung und Gärung

# Inhaltsverzeichnis

## Leben ist Arbeit

### 9.1 Katabole Stoffwechselwege liefern Energie durch die Oxidation organischer Brennstoffe

9.1.1 Katabole Stoffwechselwege und die ATP-Produktion

9.1.2 Redoxreaktionen: Oxidation und Reduktion

9.1.3 Die Stadien der Zellatmung: Eine Vorschau

### 9.2 Die Glykolyse gewinnt chemische Energie aus der Oxidation von Glucose zu Pyruvat

### 9.3 Nach der Pyruvat-Oxidation vervollständigt der Citratzyklus die energieliefernde Oxidation organischer Moleküle

9.3.1 Oxidation von Pyruvat zu Acetyl-CoA

9.3.2 Der Citratzyklus

### 9.4 Die oxidative Phosphorylierung verknüpft den Elektronentransport über eine chemiosmotische Kopplung mit der ATP-Synthese

9.4.1 Die Elektronentransportkette

9.4.2 Die chemiosmotische Kopplung

9.4.3 Eine Bilanzierung der ATP-Produktion durch die Zellatmung

Ein Balkendiagramm erstellen und eine Hypothese beurteilen

### 9.5 ATP kann auch ohne Sauerstoff durch Gärung oder anaerobe Atmung erzeugt werden

9.5.1 Verschiedene Gärungsformen

9.5.2 Ein Vergleich von Gärung und aerober Atmung

9.5.3 Die evolutionäre Bedeutung der Glykolyse

### 9.6 Die Glykolyse und der Citratzyklus sind vielfach mit anderen Stoffwechselwegen verknüpft

9.6.1 Die Vielseitigkeit des Katabolismus

9.6.2 Biosynthesen (anabole Stoffwechselwege)

9.6.3 Die Regulation der Zellatmung durch Rückkopplungsmechanismen

Ist die Rotation der Nockenwelle der ATP-Synthase für die ATP-Synthese verantwortlich?

## Kapitel 10 - Photosynthese

### Der Prozess, der die Biosphäre ernährt

### 10.1 Die Photosynthese wandelt Lichtenergie in chemische Energie um

10.1.1 Chloroplasten: Die Orte der Photosynthese in Pflanzen

10.1.2 Der Weg einzelner Atome im Verlauf der Photosynthese: Wissenschaftliche Forschung

10.1.3 Zwei Teilschritte der Photosynthese: Eine Vorschau

### 10.2 Die Lichtreaktionen wandeln Sonnenenergie in chemische Energie in Form von ATP und NADPH um

10.2.1 Die Natur des Lichts

10.2.2 Photosynthesepigmente: Die Lichtrezeptoren

Aufnahme eines Absorptionsspektrums

Welche Lichtwellenlängen unterstützen die Photosynthese am wirkungsvollsten?

10.2.3 Anregung von Chlorophyll durch Licht

10.2.4 Photosystem = Reaktionszentrum + Lichtsammelkomplex

10.2.5 Der lineare Elektronenfluss

10.2.6 Der zyklische Elektronenfluss



# Inhaltsverzeichnis

10.2.7 Der chemiosmotische Prozess in Chloroplasten und Mitochondrien im Vergleich

10.3 Der Calvin-Zyklus benutzt ATP und NADPH, um CO<sub>2</sub> in Zucker umzuwandeln

10.4 In heißen, trockenen Klimazonen haben sich entwicklungsgeschichtlich  
alternative Mechanismen der Kohlenstofffixierung herausgebildet

10.4.1 Die Photorespiration: Ein Überbleibsel der Evolution?

10.4.2 C<sub>4</sub>-Pflanzen

Erstellen eines Punktediagramms mit Regressionsgerade

10.4.3 CAM-Pflanzen

10.4.4 Die Bedeutung der Photosynthese: Eine Rückschau

## Kapitel 11 - Zelluläre Kommunikation

Botschaften von Zelle zu Zelle

11.1 Externe Signale werden in intrazelluläre Antworten umgewandelt

11.1.1 Evolution der zellulären Signalverarbeitung

11.1.2 Signalwirkungen über kurze und lange Distanzen

11.1.3 Die drei Stadien der zellulären Signaltransduktion: Ein Überblick

11.2 Signalwahrnehmung: Ein Signalmolekül bindet an ein Rezeptorprotein

11.2.1 Rezeptorproteine in der Plasmamembran

11.2.2 Intrazelluläre Rezeptorproteine

11.3 Signalübertragung: Wechselwirkungen auf molekularer Ebene leiten stufenweise  
das Signal vom Rezeptor an Zielmoleküle in der Zelle weiter

11.3.1 Signaltransduktionswege

11.3.2 Proteinphosphorylierung und Proteindephosphorylierung

11.3.3 Kleine Moleküle und Ionen als sekundäre Botenstoffe

11.4 Die zelluläre Antwort: Signalwege steuern die Transkription oder Aktivitäten im Cytoplasma

11.4.1 Regulationen im Zellkern und im Cytoplasma

11.4.2 Feinabstimmung der Antwort auf Signale

Das Überprüfen eines Modells durch Experimente

11.5 Die Verschaltung verschiedener Signaltransduktionswege bei der Apoptose

11.5.1 Apoptose beim Fadenwurm *Caenorhabditis elegans*

11.5.2 Die verschiedenen Wege der Apoptose und ihre auslösenden Signale

## Kapitel 12 - Der Zellzyklus

Die Schlüsselrolle der Zellteilung

12.1 Aus der Zellteilung gehen genetisch identische Tochterzellen hervor

12.1.1 Die Organisation des genetischen Materials in der Zelle

12.1.2 Die Verteilung der Chromosomen bei der eukaryontischen Zellteilung

12.2 Der Wechsel von Mitose und Interphase im Zellzyklus

12.2.1 Die Phasen des Zellzyklus

12.2.2 Der Spindelapparat

An welchem Ende verkürzen sich die Mikrotubuli während der Anaphase?

12.2.3 Die Cytokinese

12.2.4 Zweiteilung bei Bakterien

# Inhaltsverzeichnis

12.2.5 Die Evolution der Mitose

## 12.3 Der eukaryontische Zellzyklus wird durch ein molekulares Kontrollsystem gesteuert

12.3.1 Hinweise auf die Existenz cytoplasmatischer Signale

Steuern cytoplasmatische Faktoren den Zellzyklus?

12.3.2 Das Zellzyklus-Kontrollsystem

12.3.3 Der Verlust der Zellzyklus-Kontrolle bei Krebszellen

Die Auswertung von Histogrammen

## Teil III - Genetik

### Kapitel 13 - Meiose und geschlechtliche Fortpflanzung

Variationen eines Themas

13.1 Gene werden auf Chromosomen von den Eltern an ihre Nachkommen weitergegeben

13.1.1 Die Vererbung von Genen

13.1.2 Ein Vergleich von geschlechtlicher und ungeschlechtlicher Fortpflanzung

13.2 Befruchtung und Meiose wechseln sich beim geschlechtlichen Generationswechsel ab

13.2.1 Die Chromosomensätze menschlicher Zellen

Erstellung eines Karyogramms

13.2.2 Das Verhalten der Chromosomensätze im menschlichen Lebenszyklus

13.2.3 Die Vielfalt der Lebenszyklen bei der geschlechtlichen Fortpflanzung

13.3 In der Meiose wird der diploide auf einen haploiden Chromosomensatz reduziert

13.3.1 Die Meiosestadien

13.3.2 Mitose und Meiose im Vergleich

Erstellung eines Liniendiagramms und Umwandlung von Einheiten

13.4 Die geschlechtliche Fortpflanzung erhöht die genetische Variabilität ein wichtiger Motor der Evolution

13.4.1 Ursprung der genetischen Variabilität unter Nachkommen

13.4.2 Die Bedeutung der genetischen Variabilität von Populationen für die Evolution

### Kapitel 14 - Mendel und das Genkonzept

Ein Besuch in Mendels Garten

14.1 Das wissenschaftliche Vorgehen von Mendel führte zu den Gesetzen der Vererbung

14.1.1 Mendels quantitativ-experimenteller Ansatz

14.1.2 Die Spaltungsregel (Zweite Mendelsche Regel)

Die Kreuzung von Erbsen

Welche Merkmalszustände erscheinen in der F<sub>2</sub>-Generation, wenn sich F<sub>1</sub>-Hybriden selbst bestäuben?

Die Rückkreuzung

14.1.3 Die Unabhängigkeitsregel (Dritte Mendelsche Regel)

Werden die Allele für ein Merkmal unabhängig oder abhängig von den Allelen eines anderen Merkmals auf die Gameten verteilt?

14.2 Die Mendelsche Vererbung von Merkmalen unterliegt den Gesetzen der Statistik

14.2.1 Die Anwendung von Multiplikations- und Additionsregel auf Einfaktor- Kreuzungen

14.2.2 Die Lösung komplexer genetischer Probleme mit den Regeln der Wahrscheinlichkeitsrechnung

14.3 Die Mendelschen Regeln reichen nicht zur Erklärung aller Erbgänge aus

# Inhaltsverzeichnis

- 14.3.1 Die Erweiterung der Mendelschen Regeln bei einzelnen Genen
- 14.3.2 Die Erweiterung der Mendelschen Regeln auf die Wechselwirkungen von Genen
- 14.3.3 Gene und Erziehung: Der Einfluss der Umwelt auf den Phänotyp
- 14.3.4 Eine integrierte Mendelsche Sicht auf die Vererbung und die genetische Variabilität

Die Erstellung eines Histogramms und die Auswertung von Verteilungsmustern

## 14.4 Auch die Vererbung beim Menschen folgt den Mendelschen Regeln

- 14.4.1 Die Analyse von Stammbäumen
- 14.4.2 Rezessive Erbkrankheiten
- 14.4.3 Dominante Erbkrankheiten
- 14.4.4 Multifaktorielle Krankheiten
- 14.4.5 Genetische Untersuchungen und Beratung

## Kapitel 15 - Chromosomen bilden die Grundlage der Vererbung

### Die Lokalisierung der Gene

#### 15.1 Die Chromosomen bilden die strukturelle Grundlage der Mendelschen Vererbung

- 15.1.1 Ein Beispiel für einen wissenschaftlichen Ansatz: Thomas Hunt Morgan und die Verknüpfung der Mendelschen Regeln mit dem Verhalten der Chromosomen bei der Zellteilung

Welche Augenfarbe haben die Nachkommen der F1- und F2-Generationen aus der Kreuzung einer weiblichen Wildtyp-Taufliege mit einer weißäugigen männlichen Mutantfliege?

#### 15.2 Die Eigenschaften der Geschlechtschromosomen

- 15.2.1 Die Geschlechtschromosomen
- 15.2.2 Die Vererbung geschlechtsgebundener Gene
- 15.2.3 Die Inaktivierung eines X-Chromosoms bei weiblichen Säugetieren

#### 15.3 Die Vererbung gekoppelter Gene auf einem Chromosom

- 15.3.1 Der Einfluss der Genkopplung auf die Vererbung
- 15.3.2 Rekombination und Kopplung

Wie wirkt sich die Kopplung zweier Gene auf die Vererbung der Merkmale aus?

- 15.3.3 Die Kartierung von Genen anhand von Rekombinationshäufigkeiten: ein wissenschaftlicher Ansatz

Die Erstellung einer Gen- oder Kopplungskarte

Der Chi-Quadrat-Test ( $\chi^2$ -Test)

#### 15.4 Abweichungen in der Zahl oder Struktur von Chromosomen verursachen einige bekannte Erbkrankheiten

- 15.4.1 Abweichende Chromosomenzahlen
- 15.4.2 Abweichende Chromosomenstrukturen
- 15.4.3 Menschliche Erbkrankheiten, die auf Veränderungen in der Chromosomenzahl oder -struktur zurückzuführen sind

#### 15.5 Erbgänge, die nicht den Mendelschen Regeln folgen

- 15.5.1 Genomische Prägung
- 15.5.2 Genome von Organellen und ihre Vererbung

## Kapitel 16 - Die molekularen Grundlagen der Vererbung

### Der Bauplan des Lebens

#### 16.1 Die DNA ist die Erbsubstanz

# Inhaltsverzeichnis

## 16.1.1 Die Suche nach der Erbsubstanz: Wissenschaftliche Forschung

Kann ein Erbmerkmal von einem Bakterienstamm auf einen anderen übertragen werden?

Besteht das Erbmaterial des Phagen T2 aus Protein oder aus DNA?

Auswertung tabellarischer Daten

## 16.1.2 Ein Strukturmodell der DNA: Wissenschaftliche Forschung

## 16.2 Bei der DNA-Replikation und -Reparatur arbeiten viele Proteine zusammen

### 16.2.1 Das Grundprinzip: Basenpaarung mit einem Matrizenstrang

### 16.2.2 Die molekularen Mechanismen der DNA-Replikation

Wird DNA nach dem konservativen, dem semikonservativen oder dem dispersiven Modus repliziert?

### 16.2.3 Korrekturlesen und DNA-Reparatur

### 16.2.4 Die evolutionäre Bedeutung veränderter DNA-Nucleotide

### 16.2.5 Die Replikation an den Enden linearer DNA-Moleküle

## 16.3 Ein Chromosom besteht aus einem mit Proteinen verpackten DNA-Molekül

## Kapitel 17 - Vom Gen zum Protein

### Der Informationsfluss der Gene

## 17.1 Die Verbindung von Genen und Proteinen über Transkription und Translation

### 17.1.1 Die Untersuchung von Stoffwechselstörungen

Codieren einzelne Gene die Enzyme eines Stoffwechselwegs?

### 17.1.2 Die Grundlagen der Transkription und der Translation

### 17.1.3 Der genetische Code

## 17.2 Transkription die DNA- abhängige RNA-Synthese: Eine nähere Betrachtung

### 17.2.1 Die molekularen Komponenten des Transkriptionsapparats

## 17.3 mRNA-Moleküle werden in eukaryontischen Zellen nach der Transkription modifiziert

### 17.3.1 Veränderung der Enden einer eukaryontischen mRNA

### 17.3.2 Mosaikgene und RNA-Spleißen

## 17.4 Translation die RNA-abhängige Polypeptidsynthese: Eine nähere Betrachtung

### 17.4.1 Die molekularen Komponenten des Translationsapparats

### 17.4.2 Die Biosynthese von Polypeptiden

Wie liest man ein Sequenzlogo?

### 17.4.3 Vom Polypeptid zum funktionsfähigen Protein

### 17.4.4 Die gleichzeitige Synthese vieler Polypeptide in Bakterien und Eukaryonten

## 17.5 Punktmutationen können Struktur und Funktion eines Proteins beeinflussen

### 17.5.1 Verschiedene Formen der Punktmutation

### 17.5.2 Neue Mutationen und Mutagene

### 17.5.3 Was ist ein Gen? Eine neue Betrachtung

## Kapitel 18 - Regulation der Genexpression

### Differenzielle Expression von Genen

## 18.1 Bakterien passen ihr Transkriptionsmuster den wechselnden Umweltbedingungen an

### 18.1.1 Das Operon-Konzept

### 18.1.2 Reprimierbare und induzierbare Operone: Zwei Formen der negativen Regulation der Genexpression

# Inhaltsverzeichnis

18.1.3 Positive Regulation der Genexpression

## 18.2 Die Expression eukaryontischer Gene kann auf verschiedenen Stufen reguliert werden

18.2.1 Differenzielle Genexpression

18.2.2 Regulation der Chromatinstruktur

18.2.3 Regulation der Transkriptionsinitiation

Die Auswertung von DNA-Deletionsversuchen

18.2.4 Mechanismen der posttranskriptionalen Regulation

## 18.3 Die Regulation der Genexpression durch nicht-codierende RNAs

18.3.1 Die Wirkung von Mikro-RNAs und kleinen interferierenden RNAs auf die mRNA

18.3.2 Chromatinumbau und Stilllegung der Transkription durch nicht-codierende RNAs

18.3.3 Die Bedeutung kleiner nicht-codierender RNAs für die Evolution

## 18.4 Die verschiedenen Zelltypen in einem Lebewesen entstehen nach einem Programm zur differenziellen Genexpression

18.4.1 Ein genetisches Programm für die Embryonalentwicklung

18.4.2 Cytoplasmatische Determinanten und Induktionssignale

18.4.3 Die schrittweise Regulation der Genexpression während der Zelldifferenzierung

18.4.4 Musterbildung zur Festlegung des Körperbaus

Ist Bicoid ein Morphogen, welches das anteriore Ende einer Taufliege festlegt?

## 18.5 Krebs entsteht durch genetische Veränderungen, die den Zellzyklus deregulieren

18.5.1 Gene und Krebs

18.5.2 Die Störung zellulärer Signalketten

18.5.3 Das Mehrstufenmodell der Krebsentstehung

18.5.4 Genetische Veranlagung und krebsfördernde Umweltbedingungen

18.5.5 Die Rolle von Viren bei einigen Krebsarten

## Kapitel 19 - Viren

### Ein geborgtes Leben

#### 19.1 Ein Virus besteht aus einer von einer Proteinhülle eingeschlossenen Nucleinsäure

19.1.1 Die Entdeckung der Viren: Ein wissenschaftlicher Exkurs

Was verursacht die Tabakmosaikkrankheit?

#### 19.2 Viren vermehren sich nur in Wirtszellen

19.2.1 Grundlagen der Virenvermehrung

19.2.2 Die Phagenvermehrung

19.2.3 Vermehrungszyklen von Tierviren

19.2.4 Die Evolution von Viren

#### 19.3 Viren, Viroide und Prionen als Pathogene von Tieren und Pflanzen

19.3.1 Viruserkrankungen von Tieren

19.3.2 Das Auftreten neuer Viren

Analyse der Evolution von Viren mithilfe eines auf Sequenzdaten basierenden phylogenetischen Stammbaums

19.3.3 Viruserkrankungen bei Pflanzen

19.3.4 Viroide und Prionen: Die einfachsten Krankheitserreger

## Kapitel 20 - Gentechnik in der Biotechnologie

# Inhaltsverzeichnis

## Methoden zur Analyse und Manipulation von DNA

### 20.1 DNA-Sequenzierung und Klonierung sind wichtige Werkzeuge der Gentechnik und der biologischen Forschung

#### 20.1.1 DNA-Sequenzierung

Die Didesoxy-Kettenabbruch-Methode zur DNA-Sequenzierung

DNA-Sequenzierung der nächsten Generation

#### 20.1.2 Die Vervielfältigung von Genen und anderen DNA-Fragmenten

#### 20.1.3 Die Verwendung von Restriktionsenzymen zur Herstellung rekombinanter Plasmide

#### 20.1.4 Die Polymerase-Kettenreaktion (PCR) und ihre Verwendung bei der DNA-Klonierung

Die Polymerase-Kettenreaktion (PCR)

#### 20.1.5 Die Klonierung und Expression eukaryontischer Gene

### 20.2 Die Verwendung der Gentechnik zur Untersuchung der Expression und Funktion von Genen

#### 20.2.1 Genexpressionsanalyse

Die RT-PCR zur Analyse der Expression eines bestimmten Gens

Die Analyse der Genexpression nach Menge und Expressionsort

#### 20.2.2 Die Aufklärung der Funktion eines Gens

### 20.3 Die Klonierung von Organismen zur Bereitstellung von Stammzellen für die Forschung und andere Anwendungen

#### 20.3.1 Die Klonierung von Pflanzen aus Einzelzellkulturen

#### 20.3.2 Die Klonierung von Tieren: Zellkerntransplantation

Kann der Zellkern einer differenzierten Tierzelle die Entwicklung eines gesamten Lebewesens steuern?

Die reproduktive Klonierung eines Säugetieres durch Transplantation von Zellkernen

#### 20.3.3 Tierische Stammzellen

Kann eine vollständig differenzierte menschliche Zelle wieder deprogrammiert und zu einer Stammzelle werden?

### 20.4 Die Gentechnik beeinflusst unser Leben

#### 20.4.1 Medizinische Anwendungen

#### 20.4.2 Genetische Profile in der Gerichtsmedizin

#### 20.4.3 Umweltsanierung

#### 20.4.4 Landwirtschaftliche Anwendungen

Das CRISPR/Cas9-System zur gezielten Veränderung von Genomen

## Kapitel 21 - Genome und ihre Evolution

### Lesen in den Blättern vom Baum des Lebens

#### 21.1 Die Entwicklung von schnelleren und billigeren Techniken zur Genomsequenzierung

#### 21.2 Genomanalyse mithilfe der Bioinformatik

##### 21.2.1 Zentralisierte Ressourcen zur Analyse von Genomsequenzen

##### 21.2.2 Das Aufspüren proteincodierender Gene in DNA-Sequenzen

##### 21.2.3 Untersuchungen von Genen und ihren Produkten in komplexen Systemen

#### 21.3 Genome unterscheiden sich in der Größe und der Zahl der Gene sowie in der Gendichte

##### 21.3.1 Genomgröße

##### 21.3.2 Genzahl

##### 21.3.3 Gendichte und nicht-codierende DNA

# Inhaltsverzeichnis

## 21.4 Das Genom eukaryontischer Vielzeller enthält viel nicht- codierende DNA und viele Multigenfamilien

21.4.1 Transponierbare Elemente und verwandte Sequenzen

21.4.2 Andere repetitive DNA-Sequenzen

21.4.3 Gene und Multigenfamilien

## 21.5 Genomevolution durch Duplikation, Umlagerung und Mutation der DNA

21.5.1 Duplikation ganzer Chromosomensätze

21.5.2 Veränderungen der Chromosomenstruktur

21.5.3 Duplikation und Divergenz einzelner Genbereiche

Wie liest man eine Identitätstabelle für Aminosäuren?

21.5.4 Umlagerungen innerhalb von Genen: Exonduplikation und Exonaustausch (exon shuffling)

21.5.5 Wie transponierbare genetische Elemente zur Genomevolution beitragen

## 21.6 Der Vergleich von Genomsequenzen liefert Hinweise auf evolutionäre und entwicklungsbiologische Mechanismen

21.6.1 Die Bedeutung von Genomvergleichen

Welche Funktion hat das sich in der Abstammungslinie des Menschen rasch verändernde FOXP2-Gen?

21.6.2 Sequenzvergleiche geben Aufschluss über Entwicklungsprozesse

## Teil IV - Evolutionsmechanismen

### Kapitel 22 - Die darwinistische Sicht des Lebens: Evolutionstheorie Abstammung mit Modifikation

Die Vielfalt erstaunlicher Anpassungen Endless Forms Most Beautiful

#### 22.1 Die Darwinsche Theorie widersprach der traditionellen Ansicht, die Erde sei jung und von unveränderlichen Arten bewohnt

22.1.1 Scala naturae und die Klassifikation der Arten

22.1.2 Vorstellungen über die Veränderungen von Organismen im Lauf der Zeit

22.1.3 Lamarcks Evolutionstheorie

#### 22.2 Die gemeinsame Abstammung und die Variationen zwischen Individuen, auf die die natürliche Selektion wirkt, erklären die vielfältigen Anpassungen von Organismen

22.2.1 Darwins Feldforschung

22.2.2 Die Entstehung der Arten

#### 22.3 Die Evolutionstheorie wird durch eine Vielzahl wissenschaftlicher Befunde gestützt

22.3.1 Direkte Beobachtungen evolutionärer Veränderungen

Kann ein Wechsel der Futterressourcen mittels natürlicher Selektion Evolutionsprozesse auslösen?

22.3.2 Homologie

22.3.3 Fossilbelege

22.3.4 Biogeografie

22.3.5 Die Evolutionstheorie Begriffsanalyse

Vorhersagen treffen und überprüfen

### Kapitel 23 - Die Evolution von Populationen

Die kleinste Einheit der Evolution

#### 23.1 Genetische Variabilität ermöglicht Evolution



# Inhaltsverzeichnis

23.1.1 Genetische Variabilität

23.1.2 Wie wird genetische Variabilität erzeugt?

23.2 Mithilfe der Hardy-Weinberg- Gleichung lässt sich herausfinden, ob in einer Population Evolution stattfindet

23.2.1 Genpool und Allelfrequenzen

23.2.2 Das Hardy-Weinberg-Gesetz

Daten interpretieren und Vorhersagen treffen mithilfe der Hardy-Weinberg-Gleichung

23.3 Natürliche Selektion, genetische Drift und Genfluss können die Allelfrequenzen in einer Population verändern

23.3.1 Natürliche Selektion

23.3.2 Genetische Drift

23.3.3 Genfluss

23.4 Die natürliche Selektion ist der einzige Mechanismus, der beständig für eine adaptive Evolution sorgt

23.4.1 Eine genauere Betrachtung der natürlichen Selektion

23.4.2 Die Schlüsselrolle der natürlichen Selektion bei der adaptiven Evolution

23.4.3 Sexuelle Selektion

Wählen Weibchen ihre Geschlechtspartner auf der Basis von Merkmalen aus, die für eine bessere individuelle Fitness sprechen?

23.4.4 Erhaltung der genetischen Variabilität: Balancierter Polymorphismus

23.4.5 Warum die natürliche Selektion keine perfekten Organismen hervorbringen kann

## Kapitel 24 - Die Entstehung der Arten

Das Rätsel aller Rätsel

24.1 Das biologische Artkonzept betont die reproduktiven Isolationsmechanismen

24.1.1 Das biologische Artkonzept

24.1.2 Weitere alternative Artkonzepte

24.2 Artbildung mit und ohne geografische Isolation

24.2.1 Allopatrische Artbildung

Kann eine divergierende Entwicklung getrennter Populationen zu einer reproduktiven Isolation führen?

Identifikation von abhängigen und unabhängigen Variablen, Anfertigen eines Streudiagramms und Interpretation von Daten

24.2.2 Sympatrische Artbildung

Führt sexuelle Selektion bei den Buntbarschen zur Entwicklung eines reproduktiven Isolationsmechanismus?

24.2.3 Allopatrische und sympatrische Artbildung: Eine Zusammenfassung

24.3 Hybridzonen ermöglichen die Analyse von Faktoren, die zur reproduktiven Isolation führen

24.3.1 Evolutionsprozesse in Hybridzonen

24.3.2 Zeitliche Entwicklung von Hybridzonen

24.4 Artbildung kann schnell oder langsam erfolgen und aus Veränderungen weniger oder vieler Gene resultieren

24.4.1 Der zeitliche Verlauf der Artbildung

Wie hat die Hybridisierung bei Sonnenblumenarten zur Speziation geführt?

24.4.2 Die Genetik der Artbildung

24.4.3 Von der Artbildung zur Makroevolution

# Inhaltsverzeichnis

## Kapitel 25 - Die Geschichte des Lebens auf der Erde

### Vergangene Welten

#### 25.1 Die Umweltbedingungen auf der jungen Erde ermöglichten die Entstehung des Lebens

25.1.1 Synthese organischer Verbindungen zu Beginn der Erdentwicklung

25.1.2 Abiotische Synthese von Makromolekülen

25.1.3 Protobionten

25.1.4 Selbstreplizierende RNA und die Frühzeit der natürlichen Selektion

#### 25.2 Fossilfunde dokumentieren die Geschichte des Lebens

25.2.1 Die Fossilfunde

25.2.2 Datierung von Gesteinen und Fossilien

25.2.3 Die Entstehung neuer Organismengruppen

#### 25.3 Zu den Schlüsselereignissen in der Evolution gehören die Entstehung einzelliger und vielzelliger Organismen sowie die Besiedlung des Festlands

25.3.1 Die ersten einzelligen Organismen

25.3.2 Der Ursprung der Vielzelligkeit

25.3.3 Die Besiedlung des Festlands

#### 25.4 Aufstieg und Niedergang dominanter Gruppen in Zusammenhang mit Kontinentaldrift, Massenaussterben und adaptiver Radiation

Abschätzung quantitativer Daten anhand eines Diagramms und Entwicklung von Hypothesen

25.4.1 Kontinentaldrift

25.4.2 Massenaussterben

25.4.3 Adaptive Radiationen

#### 25.5 Veränderungen im Körperbau können durch Änderungen in der Sequenz und Regulation von Entwicklungsgenen entstehen

25.5.1 Evolutionäre Effekte von Entwicklungsgenen

25.5.2 Evolution von Entwicklungsprozessen

Was führt zum Verlust der Bauchstacheln bei im Süßwasser lebenden Stichlingen?

#### 25.6 Evolution ist nicht zielorientiert

25.6.1 Evolutionäre Neuerungen

25.6.2 Evolutionäre Trends

## Teil V - Die Evolutionsgeschichte der biologischen Vielfalt

### Kapitel 26 - Der phylogenetische Stammbaum der Lebewesen

#### Den Stammbaum des Lebens rekonstruieren

#### 26.1 Phylogenien (Stammbäume) zeigen evolutionäre Verwandtschaftsbeziehungen

26.1.1 Die binominale Nomenklatur

26.1.2 Hierarchische Klassifikation

26.1.3 Der Zusammenhang zwischen Klassifikation und Phylogenie

26.1.4 Was sagen phylogenetische Stammbäume aus?

26.1.5 Bedeutung und Anwendung der Phylogenie

Von welcher Walart stammt das Fleisch, das als Walfleisch verkauft wird?

# Inhaltsverzeichnis

## 26.2 Die Ableitung der Stammesgeschichte aus morphologischen und molekularbiologischen Befunden

26.2.1 Morphologische und molekulare Homologien

26.2.2 Homologie und Konvergenz

26.2.3 Bewertung molekularer Homologien

## 26.3 Gemeinsame abgeleitete Merkmale (evolutive Neuheiten) erlauben die Rekonstruktion phylogenetischer Stammbäume

26.3.1 Kladistik

26.3.2 Phylogenetische Stammbäume mit proportionaler Länge der Äste

26.3.3 Maximale Sparsamkeit und maximale Wahrscheinlichkeit (maximum parsimony und maximum likelihood)

Anwendung des Parsimonieprinzips auf eine Fragestellung aus der molekularen Systematik

26.3.4 Phylogenetische Stammbäume als Hypothesen

## 26.4 Das Genom als Beleg für die evolutive Vergangenheit eines Lebewesens

26.4.1 Genduplikationen und Genfamilien

26.4.2 Evolution von Genomen

## 26.5 Mit molekularen Uhren kann man den zeitlichen Ablauf der Evolution verfolgen

26.5.1 Molekulare Uhren

26.5.2 Der Ursprung von HIV wurde mithilfe der molekularen Uhr aufgeklärt

## 26.6 Neue Befunde und die stetige Weiterentwicklung unserer Kenntnisse über den Stammbaum der Organismen

26.6.1 Von zwei Organismenreichen zu drei Großgruppen, sogenannten Domänen

26.6.2 Die besondere Bedeutung horizontalen Gentransfers

Testen einer Verwandtschaftshypothese unter Verwendung von Proteinsequenzdaten

## Kapitel 27 - Bacteria und Archaea

### Meister der Anpassung

## 27.1 Strukturelle und funktionelle Anpassung als Erfolgsrezept der Prokaryonten

27.1.1 Zelloberflächenstrukturen

27.1.2 Beweglichkeit

27.1.3 Innerer Aufbau und Genomorganisation

27.1.4 Fortpflanzung und Anpassung

## 27.2 Schnelle Vermehrung, Mutation und Rekombination von Genen als Ursache der genetischen Vielfalt von Prokaryonten

27.2.1 Schnelle Vermehrung und Mutation

Können Prokaryonten bei Umweltveränderungen eine schnelle Evolution durchlaufen?

27.2.2 Rekombination von Genen

## 27.3 Evolution vielfältiger Anpassungen in der Ernährung und im Stoffwechsel der Prokaryonten

27.3.1 Rolle des Sauerstoffs im Stoffwechsel

27.3.2 Stickstoff-Stoffwechsel

27.3.3 Kooperation im Stoffwechsel

## 27.4 Radiäre Entwicklung der Prokaryonten in mehrere Stammeslinien

# Inhaltsverzeichnis

27.4.1 Überblick über die prokaryontische Diversität

27.4.2 Stammbegriff bei Prokaryonten

27.4.3 Kultivierbarkeit von Prokaryonten und Phylogenie nicht-kultivierter Prokaryontenarten

27.4.4 Der phylogenetische Stammbaum der Prokaryonten

27.4.5 Bacteria

27.4.6 Archaea

## 27.5 Kommunikation mit der Umwelt

27.5.1 Zweikomponenten-Systeme

27.5.2 Chemotaxis

## 27.6 Bedeutung der Prokaryonten für die Biosphäre

27.6.1 Chemisches Recycling

27.6.2 Ökologische Wechselwirkungen

## 27.7 Schädliche und nützliche Auswirkungen der Prokaryonten auf den Menschen

27.7.1 Mutualistische Bakterien

27.7.2 Bakterielle Pathogene

27.7.3 Prokaryonten in Forschung und Technik

Zeichnen Sie ein Balkendiagramm und interpretieren Sie die Daten

## Kapitel 28 - Protisten

Klein und lebendig

### 28.1 Die meisten Eukaryonten sind Einzeller

28.1.1 Struktur- und Funktionsvielfalt bei Protisten

28.1.2 Endosymbiose in der Evolution der Eukaryonten

28.1.3 Die vier Übergruppen der Eukaryonten

Interpretation von Sequenzvergleichen

### 28.2 Excavata: Protisten mit abgewandelten Mitochondrien und bemerkenswerten

Flagellen

28.2.1 Diplomonadida und Parabasalia

28.2.2 Euglenozoa

### 28.3 Die SAR-Übergruppe: Ihre Einführung wird durch neue genomweite Sequenzanalysen unterstützt

28.3.1 Stramenopilata

28.3.2 Alveolata

28.3.3 Rhizaria

### 28.4 Archaeplastida: Die engsten Verwandten der Landpflanzen Rotalgen und Grünalgen

28.4.1 Rhodophyta (Rotalgen)

28.4.2 Chloroplastida (Chlorobionta, Viridiplantae, Grüne Pflanzen)

### 28.5 Unikonta: Protisten, die eng mit Pilzen und Tieren verwandt sind

Wo liegt die Wurzel des Eukaryontenstammbaums?

28.5.1 Amoebozoa

28.5.2 Opisthokonta

### 28.6 Protisten spielen eine Schlüsselrolle in allen ökologischen Wechselbeziehungen

# Inhaltsverzeichnis

28.6.1 Symbiontische und parasitische Protisten

28.6.2 Photosynthetisch aktive Protisten

## Kapitel 29 - Die Vielfalt der Pflanzen I: Wie Pflanzen das Land eroberten

Die Erde wird grün

### 29.1 Die Entstehung der Landpflanzen aus Grünalgen

29.1.1 Morphologische und molekularbiologische Befunde

29.1.2 Notwendige Anpassungen beim Übergang an Land

29.1.3 Schlüsselinnovationen bei Landpflanzen

29.1.4 Ursprung und Radiation der Landpflanzen

### 29.2 Moose haben einen vom Gametophyten dominierten Lebenszyklus

29.2.1 Die Gametophyten der Bryophyten

29.2.2 Die Sporophyten der Bryophyten

29.2.3 Die ökologische und ökonomische Bedeutung der Moose

Verringern Moose den mineralischen Nährstoffverlust im Boden?

### 29.3 Die ersten hochwüchsigen Pflanzen: Farne und andere samenlose Gefäßpflanzen

29.3.1 Entstehung und Merkmale der Gefäßpflanzen

Erstellung von Säulendiagrammen und Dateninterpretation

29.3.2 Klassifikation der samenlosen Gefäßpflanzen (Pteridophyten, Farngewächse)

29.3.3 Die Bedeutung der samenlosen Gefäßpflanzen

## Kapitel 30 - Die Vielfalt der Pflanzen II: Evolution der Samenpflanzen

Samenpflanzen veränderten das Bild der Erde

### 30.1 Samen und Pollen: Schlüsselanpassungen an das Landleben

30.1.1 Vorteile reduzierter Gametophyten

30.1.2 Heterosporie ist bei Samenpflanzen die Regel

30.1.3 Samenanlagen und die Produktion der Eizellen

30.1.4 Pollen und die Bildung von Spermazellen

30.1.5 Der Vorteil von Samen in der Evolution der Landpflanzen

Dateninterpretation mithilfe des natürlichen Logarithmus

### 30.2 Die Zapfen der Gymnospermen tragen nackte, direkt zugängliche Samenanlagen

30.2.1 Frühe Samenpflanzen und die Evolution der Gymnospermen

30.2.2 Der Entwicklungszyklus einer Kiefer

### 30.3 Die wichtigsten Weiterentwicklungen der Angiospermen sind Blüten und Früchte

30.3.1 Merkmale der Angiospermen

30.3.2 Die Evolution der Angiospermen

30.3.3 Die Vielfalt der Angiospermen

### 30.4 Die Bedeutung der Samenpflanzen für die Menschheit

30.4.1 Produkte aus Samenpflanzen

30.4.2 Gefahren für die Artenvielfalt der Pflanzen

## Kapitel 31 - Pilze

Potente Pilze

31.1 Pilze sind heterotroph und nehmen ihre Nährstoffe durch Absorption auf

# Inhaltsverzeichnis

31.1.1 Ernährung und Ökologie

31.1.2 Aufbau des Pilzkörpers

Die Auswertung von Genomsequenzen, um eine Hypothese aufzustellen

31.2 Pilze nutzen Sporen für ihre geschlechtliche oder ungeschlechtliche Vermehrung

31.2.1 Die geschlechtliche Fortpflanzung

31.2.2 Die ungeschlechtliche Vermehrung

31.3 Die Entwicklung der Pilze aus einem im Wasser lebenden, begeißelten Protisten

31.3.1 Der Ursprung der Pilze

31.3.2 Die divergente Entwicklung früher Pilzgruppen

31.3.3 Der Wechsel vom Wasser zum Land

31.4 Die verschiedenen Abstammungslinien der Pilze

31.4.1 Chytridien

31.4.2 Zygomyceten

31.4.3 Glomeromyceten

31.4.4 Ascomyceten

31.4.5 Basidiomyceten

31.5 Die zentrale Bedeutung der Pilze für Nährstoffkreisläufe, ökologische Wechselbeziehungen und den Menschen

31.5.1 Pilze als Destruenten

31.5.2 Pilze als Mutualisten

Nützen Endophyten dem Wachstum von Kiefern?

31.5.3 Pilze als Krankheitserreger und Parasiten

31.5.4 Der praktische Nutzen von Pilzen

## Kapitel 32 - Eine Einführung in die Diversität und Evolution der Metazoa

32.1 Ein Taxon heterotropher Organismen

32.1 Metazoa sind vielzellige heterotrophe Eukaryonten mit Geweben, die sich aus embryonalen Keimblättern entwickeln

32.1.1 Ernährungsweise

32.1.2 Zellstruktur und Zellspezialisierung

32.1.3 Fortpflanzung und Entwicklung

32.2 Die Evolutionsgeschichte der Metazoa umfasst mehr als eine halbe Milliarde Jahre

32.2.1 Schritte zur Entstehung der vielzelligen Tiere

32.2.2 Neoproterozoikum (vor einer Milliarde bis 542 Millionen Jahren)

32.2.3 Paläozoikum (vor 542 bis 251 Millionen Jahren)

Berechnung und Interpretation von Korrelationskoeffizienten

32.2.4 Mesozoikum (vor 251 bis 65 Millionen Jahren)

32.2.5 Känozoikum (vor 65 Millionen Jahren bis zur Gegenwart)

32.3 Tiere lassen sich über Baupläne beschreiben

32.3.1 Symmetrie

32.3.2 Gewebe

32.3.3 Leibeshöhlen

32.3.4 Proterostome und deuterostome Entwicklung

# Inhaltsverzeichnis

## 32.4 Aus neuen molekularen und morphologischen Daten erwachsen fortlaufend neue Erkenntnisse über die Phylogenie der Tiere

32.4.1 Die evolutive Differenzierung der Metazoa

32.4.2 Künftige Richtungen der phylogenetisch-systematischen Forschung

## Kapitel 33 - Eine Einführung in die wirbellosen Tiere

### Ein Leben ohne Wirbelsäule

33.1 Porifera (Schwämme) sind Tiere ohne echte Gewebe

33.2 Cnidaria (Nesseltiere) bilden ein phylogenetisch altes Metazoontaxon

33.2.1 Anthozoa

33.2.2 Tesserazoa (Medusozoa)

33.3 Spiralia, ein Taxon, das anhand morphologischer und molekularer Daten identifiziert wurde, weist das breiteste Spektrum aller Baupläne im Tierreich auf

33.3.1 Plathelminthes (Plattwürmer)

33.3.2 Rotatoria (Rotifera)

33.3.3 Lophotrochozoa

Versuchsdesign verstehen und Daten Interpretieren

33.4 Ecdysozoa sind die artenreichste Tiergruppe

33.4.1 Nematoda (Fadenwürmer)

33.4.2 Arthropoda (Gliederfüßer)

War der Körperbauplan der Arthropoden die Folge neuer Hox-Gene?

33.5 Echinodermata und Chordata sind Deuterostomia

33.5.1 Echinodermata (Stachelhäuter)

33.5.2 Chordata (Chordatiere)

## Kapitel 34 - Herkunft und Evolution der Wirbeltiere

### Über 500 Millionen Jahre Wirbelsäule

34.1 Chordaten haben eine Chorda dorsalis und ein dorsales Neuralrohr

34.1.1 Abgeleitete Chordatenmerkmale

34.1.2 Acrania/Cephalochordata (Lanzettfischchen)

34.1.3 Tunicata (Manteltiere)

34.1.4 Die frühe Chordatenevolution

34.2 Craniota sind Chordaten, die einen Schädel und eine Wirbelsäule haben

34.2.1 Abgeleitete Craniotenmerkmale

34.2.2 Cyclostomata/Agnatha (Rundmäuler)

34.2.3 Die Frühevolution der Craniota

34.2.4 Der Ursprung von Knochen und Zähnen

34.3 Gnathostomata sind Wirbeltiere, die einen Kieferapparat haben

34.3.1 Abgeleitete Merkmale der Gnathostomata

34.3.2 Fossile Gnathostomata

34.3.3 Chondrichthyes (Knorpelfische: Haie, Rochen und Verwandte)

34.3.4 Actinopterygii, Actinistia und Dipnoi (Strahl(en)flosser, Hohlstachler und Lungenfische)

34.4 Tetrapoda sind Osteognathostomata, die Laufbeine haben



# Inhaltsverzeichnis

34.4.1 Abgeleitete Tetrapodenmerkmale

34.4.2 Die Entstehung der Tetrapoden

34.4.3 Lissamphibia (Amphibien)

34.5 Amniota sind Tetrapoda, bei denen ein an das Landleben angepasstes Eistadium entstanden ist

34.5.1 Abgeleitete Amniotenmerkmale

34.5.2 Frühe Amnioten

34.5.3 Sauropsida

34.6 Mammalia sind Amnioten, die behaart sind und Milch produzieren

34.6.1 Abgeleitete Säugetiermerkmale

34.6.2 Die frühe Evolution der Säugetiere

34.6.3 Monotremata (Kloakentiere)

34.6.4 Marsupialia (Beuteltiere)

34.6.5 Placentalia, Eutheria (Placentatiere)

34.7 Menschen sind Säugetiere, die ein großes Gehirn haben und sich auf zwei Beinen fortbewegen

34.7.1 Abgeleitete Merkmale des Menschen

34.7.2 Die ersten Homininen

34.7.3 Die Australopithecinen

Bestimmung der Gleichung für eine Regressionsgerade

34.7.4 Zweibeinigkeit (Bipedie)

34.7.5 Werkzeuggebrauch

34.7.6 Frühe Vertreter der Gattung Homo

34.7.7 Die Neandertaler

Hat zwischen Neandertalern und modernen Menschen Genfluss stattgefunden?

34.7.8 Homo sapiens

## Teil VI - Pflanzen Form und Funktion

### Kapitel 35 - Pflanzenstruktur, Wachstum und Entwicklung

Sind Pflanzen Computer?

35.1 Pflanzen sind hierarchisch organisiert in Form von Organen, Geweben und Zellen

35.1.1 Die drei Pflanzenorgane: Wurzel, Spross und Blatt

Interpretieren von Daten anhand von Balkendiagrammen

35.1.2 Abschlussgewebe, Leitgewebe und Grundgewebe

35.1.3 Grundtypen der Pflanzenzelle

35.2 Verschiedene Meristeme erzeugen neue Zellen für das primäre und das sekundäre Wachstum

35.3 Primäres Wachstum ist für die Längenzunahme der Wurzeln und Sprosse verantwortlich

35.3.1 Primäres Wachstum der Wurzel

35.3.2 Primäres Wachstum des Sprosses

35.4 Sekundäres Dickenwachstum vergrößert bei verholzten Pflanzen den Umfang von

# Inhaltsverzeichnis

## Spross und Wurzel

### 35.4.1 Cambium und sekundäres Leitgewebe

Klimaforschung mithilfe der Dendrochronologie

### 35.4.2 Das Korkcambium und die Bildung des Periderms

### 35.4.3 Evolution des sekundären Wachstums

## 35.5 Wachstum, Morphogenese und Differenzierung formen den Pflanzenkörper

### 35.5.1 Molekularbiologie und ihre Modellorganismen revolutionieren die Pflanzenwissenschaften

Mit Ti-Plasmiden können transgene Pflanzen hergestellt werden

### 35.5.2 Wachstum Zellteilung und Zellstreckungsausdehnung

### 35.5.3 Morphogenese und Musterbildung

### 35.5.4 Genexpression und Kontrolle der Zelldifferenzierung

### 35.5.5 Veränderte Entwicklungsprozesse durch Phasenwechsel

### 35.5.6 Genetische Kontrolle der Blütenentwicklung

## Kapitel 36 - Stoffaufnahme und Stofftransport bei Gefäßpflanzen

### Das Zittern der Pappeln

## 36.1 Anpassungen zur Aufnahme der Ressourcen waren wichtige Schritte in der Evolution der Landpflanzen

### 36.1.1 Aufbau der Sprossachse und Lichtabsorption

### 36.1.2 Wurzelbau und die Aufnahme von Wasser und Mineralstoffen

## 36.2 Der Transport über Kurz- oder Langstrecken erfolgt durch verschiedene Mechanismen

### 36.2.1 Apoplast und Symplast: Zwei kontinuierliche Wege für den Transport

### 36.2.2 Kurzstreckentransport von gelösten Stoffen über Plasmamembranen

### 36.2.3 Kurzstreckentransport von Wasser über die Plasmamembran

Berechnung und Interpretation von Temperaturkoeffizienten

### 36.2.4 Massenströmung beim Langstreckentransport

## 36.3 Der Transport von Wasser und Mineralstoffen von der Wurzel zum Spross durch das Xylem wird durch die Transpiration angetrieben

### 36.3.1 Aufnahme von Wasser und Mineralstoffen in die Wurzelzellen

### 36.3.2 Transport von Wasser und Mineralstoffen ins Xylem

### 36.3.3 Massenströmung wird durch negativen Druck im Xylem angetrieben

### 36.3.4 Das Steigen des Xylemsafts durch Massenströmung: Zusammenfassung

## 36.4 Die Transpirationsrate wird durch die Stomata reguliert

### 36.4.1 Stomata als wichtigster Ort des Wasserverlusts

### 36.4.2 Mechanismen der Spaltöffnungsbewegung

### 36.4.3 Reize für die Spaltöffnungsbewegung

### 36.4.4 Auswirkungen der Transpiration auf Welken und Blatttemperatur

### 36.4.5 Anpassungen, die den Wasserverlust durch Verdunstung vermindern

## 36.5 Zucker werden im Phloem vom Produktionsort zum Verbrauchs- oder Speicherort transportiert

### 36.5.1 Zucker-Transport from Source to Sink

### 36.5.2 Massenströmung durch positiven Druck Der Mechanismus des Assimilat-Transports bei

# Inhaltsverzeichnis

## Angiospermen

Enthält der Phloemsaft in der Nähe der Source- Regionen mehr Zucker als in der Nähe der Sink- Regionen?

### 36.6 Der Symplast ein dynamisches System

36.6.1 Plasmodesmen ständig wechselnde Strukturen

36.6.2 Elektrisches Signaling im Phloem

36.6.3 Das Phloem eine Datenautobahn

## Kapitel 37 - Boden und Pflanzenernährung

Die carnivore Reusenfallenpflanze

### 37.1 Boden eine lebende, jedoch endliche Ressource

37.1.1 Bodenart

37.1.2 Zusammensetzung des Oberbodens

37.1.3 Bodenschutz und nachhaltige Landwirtschaft

### 37.2 Pflanzen benötigen für ihren Lebenszyklus essenzielle Nährelemente

37.2.1 Makro- und Mikronährelemente

Hydroponische Kultur

37.2.2 Symptome des Nährstoffmangels

37.2.3 Verbesserung der Pflanzenernährung durch Gentechnik einige Beispiele

### 37.3 Zur Pflanzenernährung tragen auch andere Organismen bei

37.3.1 Bakterien und Pflanzenernährung

Wie stark unterscheiden sich bakterielle Lebensgemeinschaften innerhalb von Wurzeln von denen außerhalb?

37.3.2 Pilze und Pflanzenernährung

37.3.3 Epiphyten, parasitische Pflanzen und carnivore Pflanzen

## Kapitel 38 - Fortpflanzung und Biotechnologie der Angiospermen

Die List der Blumen

### 38.1 Blüten, doppelte Befruchtung und Früchte: Wichtige Besonderheiten im Entwicklungszyklus der Angiospermen

38.1.1 Aufbau und Funktion der Blüte

38.1.2 Der Lebenszyklus angiospermer Pflanzen: Ein Überblick

38.1.3 Mechanismen der Pollenübertragung

38.1.4 Vom Samen zur blühenden Pflanze: der Blick ins Detail

38.1.5 Gestalt und Funktion der Frucht

### 38.2 Sexuelle und asexuelle Fortpflanzung bei Angiospermen

38.2.1 Mechanismen der asexuellen (vegetativen) Fortpflanzung

38.2.2 Vor- und Nachteile von sexueller und asexueller Fortpflanzung

Positive und negative Korrelationen helfen Daten zu interpretieren

38.2.3 Mechanismen zur Verhinderung der Selbstbefruchtung

38.2.4 Totipotenz, vegetative Vermehrung und Gewebekulturen

### 38.3 Der Mensch verändert die Nutzpflanzen durch Züchtung und Gentechnik

38.3.1 Pflanzenzüchtung

38.3.2 Biotechnologie und Gentechnik bei Pflanzen

38.3.3 Für und Wider der Pflanzenbiotechnologie

## Kapitel 39 - Pflanzenreaktionen auf innere und äußere Signale

# Inhaltsverzeichnis

## Reize und ortsgebundenes Dasein

### 39.1 Signaltransduktionswege verbinden Signalwahrnehmung und Antwort

#### 39.1.1 Perzeption

#### 39.1.2 Transduktion

#### 39.1.3 Antwort

### 39.2 Pflanzenhormone koordinieren Wachstum, Entwicklung und Reizantworten

#### 39.2.1 Übersicht über die Phytohormone

Welcher Teil der Getreidekeimkeule nimmt Licht wahr, und wie wird das Signal übermittelt?

Wie kommt der polare Auxintransport von der Sprossspitze zur Basis zustande?

### 39.3 Pflanzen brauchen Licht

#### 39.3.1 Blaulicht-Photorezeptoren

#### 39.3.2 Phytochrome als Photorezeptoren

Wie wirkt sich die Reihenfolge von Hellrotlicht und Dunkelrotlicht auf die Samenkeimung aus?

#### 39.3.3 Biologische Uhren und circadiane Rhythmik

#### 39.3.4 Die Wirkung des Lichts auf die biologische Uhr

#### 39.3.5 Photoperiodismus und Anpassungen an Jahreszeiten

### 39.4 Pflanzen reagieren, abgesehen von Licht, auf viele weitere Reize

#### 39.4.1 Schwerkraft

#### 39.4.2 Mechanische Reize

#### 39.4.3 Umweltstress

Interpretation von Versuchsergebnissen anhand eines Säulendiagramms

### 39.5 Reaktionen der Pflanze auf Pathogenbefall und Herbivoren

#### 39.5.1 Verteidigungsstrategien gegen Pathogene

#### 39.5.2 Verteidigungsstrategien gegen Herbivoren

## Teil VII - Tiere Form und Funktion

### Kapitel 40 - Grundprinzipien tierischer Form und Funktion

#### Unterschiedliche Formen, gemeinsame Herausforderungen

### 40.1 Form und Funktion sind bei Tieren auf allen Organisationsebenen eng miteinander korreliert

#### 40.1.1 Physikalische Gesetze beeinflussen die Größe und Gestalt von Tieren

#### 40.1.2 Austausch mit der Umgebung

#### 40.1.3 Hierarchische Organisation der Körperbaupläne

#### 40.1.4 Struktur und Funktion von Geweben

#### 40.1.5 Koordination und Kontrolle

### 40.2 Regulation des inneren Milieus

#### 40.2.1 Regulierer und Konformer

#### 40.2.2 Homöostase

### 40.3 Einfluss von Form, Funktion und Verhalten auf homöostatische Prozesse

#### 40.3.1 Endothermie und Ektothermie

#### 40.3.2 Veränderung der Körpertemperatur

#### 40.3.3 Gleichgewicht zwischen Wärmeabgabe und Wärmeaufnahme

# Inhaltsverzeichnis

Wie erzeugt ein Tigerpython-Weibchen Wärme, während es sein Gelege bebrütet?

40.3.4 Anpassung an unterschiedliche Temperaturbereiche

40.3.5 Physiologischer Thermostat und Fieber

## 40.4 Energiebedarf eines Tieres in Abhängigkeit von Größe, Aktivität und Umwelt

40.4.1 Bereitstellung und Nutzung von Energie

40.4.2 Quantifizierung des Energieverbrauchs

40.4.3 Minimale Stoffwechselrate und Thermoregulation

40.4.4 Faktoren, die die Stoffwechselrate beeinflussen

Interpretation von Kreisdiagrammen

40.4.5 Torpor und Energiesparen

Was geschieht mit der circadianen Uhr während des Winterschlafs?

## Kapitel 41 - Hormone und das endokrine System

### Chemische Signalübertragung durch Hormone

#### 41.1 Hormone und andere Signalmoleküle, ihre Bindung an die Rezeptoren und die von ihnen ausgelösten spezifischen Reaktionswege

41.1.1 Interzelluläre Kommunikation

41.1.2 Chemische Klassen von lokalen Regulatoren und Hormonen

41.1.3 Signalwege in den Zellen

41.1.4 Mehrfachwirkungen von Hormonen

41.1.5 Endokrine Gewebe und Organe

#### 41.2 Endokrine Hormone: Regulation durch Rückkopplung und Koordination mit dem Nervensystem

41.2.1 Einfache hormonelle Reaktionswege

41.2.2 Rückkopplungskreise

41.2.3 Koordination von Hormon- und Nervensystem bei Wirbellosen

41.2.4 Koordination von Hormon- und Nervensystem bei Wirbeltieren

41.2.5 Hormone des Hypophysenhinterlappens

41.2.6 Hormone des Hypophysenvorderlappens

41.2.7 Die Regulation der Schilddrüse: Eine Hormonkaskade

41.2.8 Hormonelle Regulation des Wachstums

#### 41.3 Reaktionen endokriner Drüsen auf verschiedene Reize in der Regulation von Homöostase, Entwicklung und Verhalten

41.3.1 Parathormon und Vitamin D: Steuerung des  $\text{Ca}^{2+}$ -Spiegels im Blut

41.3.2 Hormone der Nebennieren: Stressantwort

Planung eines kontrollierten Experiments

41.3.3 Geschlechtshormone aus den Geschlechtsdrüsen

41.3.4 Melatonin und Biorhythmus

41.3.5 Evolution und Hormonfunktion

## Kapitel 42 - Die Ernährung der Tiere

### Die Notwendigkeit zu essen

#### 42.1 Die Nahrung der Tiere muss die Versorgung mit chemischer Energie, organischen Molekülen und essenziellen Nährstoffen gewährleisten

# Inhaltsverzeichnis

42.1.1 Essenzielle Nährstoffe

42.1.2 Mangelernährung

42.1.3 Ermittlung des Nährstoffbedarfs

Hat die Ernährung Einfluss auf die Häufigkeit angeborener Fehlbildungen?

42.2 Nährstoffverarbeitung: Aufnahme, Verdauung, Resorption und Ausscheidung

42.2.1 Verdauungskompartimente

42.3 Spezialisierte Organe für die verschiedenen Stadien der Nahrungsverarbeitung im Verdauungssystem der Säugetiere

42.3.1 Mundhöhle, Schlund und Speiseröhre

42.3.2 Verdauung im Magen

42.3.3 Verdauung im Dünndarm

42.3.4 Resorption im Dünndarm

42.3.5 Resorption im Dickdarm

42.4 Ernährung und die evolutive Anpassung der Verdauungssysteme von Wirbeltieren

42.4.1 Anpassung der Zähne

42.4.2 Anpassungen von Magen und Darm

42.4.3 Anpassungen durch Symbiose

42.4.4 Anpassungen durch Symbiose bei Pflanzenfressern

42.5 Regelkreise steuern Verdauung, Energiehaushalt und Appetit

42.5.1 Regulation der Verdauung

42.5.2 Regulation des Energiehaushalts

42.5.3 Regulation von Appetit und Verbrauch

Die Interpretation von experimentellen Daten in Verbindung mit Genmutationen

## Kapitel 43 - Kreislauf und Gasaustausch

Ort des Austauschs

43.1 Kreislaufsysteme verknüpfen alle Zellen des Körpers mit Austauschflächen

43.1.1 Gastrovaskularsysteme

43.1.2 Offene und geschlossene Kreislaufsysteme

43.1.3 Die Organisation von Kreislaufsystemen bei Wirbeltieren

43.2 Koordinierte Kontraktionszyklen des Herzens treiben den doppelten Kreislauf bei Säugern an

43.2.1 Der Säugerkreislauf

43.2.2 Das Säugerherz: Eine nähere Betrachtung

43.2.3 Der rhythmische Herzschlag

43.3 Blutdruck und Blutfluss spiegeln Bau und Anordnung der Blutgefäße wider

43.3.1 Bau und Funktion von Blutgefäßen

43.3.2 Strömungsgeschwindigkeit des Bluts

43.3.3 Blutdruck

Wie kontrollieren Endothelzellen die Vasokonstriktion?

43.3.4 Kapillarfunktion

43.3.5 Flüssigkeitsrückführung durch das Lymphsystem

43.4 Blutbestandteile und ihre Funktion bei Stoffaustausch, Transport und Abwehr

# Inhaltsverzeichnis

43.4.1 Blutzusammensetzung und Funktion

43.4.2 Erkrankungen des Herz-Kreislauf- Systems

Wie zeichnet und interpretiert man Histogramme?

## 43.5 Gasaustausch erfolgt an spezialisierten respiratorischen Oberflächen

43.5.1 Partialdruckgradienten beim Gasaustausch

43.5.2 Atemmedien

43.5.3 Respiratorische Oberflächen

43.5.4 Kiemen bei wasserlebenden Tieren

43.5.5 Tracheensysteme bei Insekten

43.5.6 Lungen

Was verursacht das Surfactant-Mangelsyndrom (Atemnotsyndrom bei Frühgeborenen)?

## 43.6 Atmung: Ventilation der Lunge

43.6.1 Atmung bei Amphibien

43.6.2 Atmung bei Vögeln

43.6.3 Atmung bei Säugern

43.6.4 Kontrolle der Atmung beim Menschen

## 43.7 Anpassungen an den Gasaustausch: Respiratorische Proteine binden und transportieren Atemgase

43.7.1 Koordination von Zirkulation und Gasaustausch

43.7.2 Respiratorische Proteine

43.7.3 Tierische Spitzenathleten

Worauf basiert die ungewöhnlich hohe O<sub>2</sub>- Aufnahme bei Gabelböcken?

## Kapitel 44 - Das Immunsystem

### Erkennung und Abwehr

#### 44.1 Das angeborene Immunsystem basiert auf der Erkennung gemeinsamer Muster von Krankheitserregern

44.1.1 Angeborene Immunabwehr wirbelloser Tiere

44.1.2 Angeborene Immunabwehr der Wirbeltiere

Kann ein einziges antimikrobielles Peptid eine Tauffliege vor Infektionen schützen?

44.1.3 Wie Krankheitserreger dem angeborenen Immunsystem entgehen

#### 44.2 Im adaptiven Immunsystem ermöglicht eine Vielzahl an Rezeptoren die spezifische Erkennung von Pathogenen

44.2.1 Antigenerkennung durch B-Zellen und Antikörper

44.2.2 Antigenerkennung durch T-Zellen

44.2.3 Die Entwicklung von B- und T-Zellen

#### 44.3 Adaptive Immunität und die Abwehr von Infektionen in Körperzellen und Körperflüssigkeiten

44.3.1 Helfer-T-Zellen: Reaktion auf nahezu alle Antigene

44.3.2 Cytotoxische T-Zellen: Abwehr gegen intrazelluläre Pathogene

44.3.3 B-Zellen: Abwehr gegen extrazelluläre Pathogene

44.3.4 Aktive und passive Immunität

44.3.5 Antikörper als Hilfsmittel in Forschung und Diagnostik

#### 44.4 Störungen des Immunsystems



# Inhaltsverzeichnis

44.4.1 Übermäßige, gegen körpereigene Strukturen gerichtete und verminderte Immunreaktionen

44.4.2 Strategien der Krankheitserreger der adaptiven Immunabwehr zu entgehen

Vergleiche zwei Variablen auf einer gemeinsamen x-Achse

44.4.3 Krebs und Immunität

## Kapitel 45 - Osmoregulation und Exkretion

Ein Balanceakt

45.1 Osmoregulation: Gleichgewicht zwischen Aufnahme und Abgabe von Wasser und den darin gelösten Stoffen

45.1.1 Osmose und Osmolarität

45.1.2 Strategien zur Bewältigung osmotischer Herausforderungen

Beschreibung und Interpretation wissenschaftlicher Daten

45.1.3 Die Energetik der Osmoregulation

45.1.4 Transportepithelien

45.2 Die stickstoffhaltigen Exkretionsprodukte eines Tieres spiegeln dessen Phylogenie und Habitat wider

45.2.1 Formen stickstoffhaltiger Exkretionsprodukte

45.2.2 Einfluss von Evolution und Umwelt auf stickstoffhaltige Exkretionsprodukte

45.3 Verschiedene Exkretionssysteme sind Abwandlungen tubulärer Systeme

45.3.1 Exkretionsprozesse

45.3.2 Ein Überblick über verschiedene Exkretionssysteme

45.4 Das Nephron: Schrittweise Verarbeitung des Ultrafiltrats

45.4.1 Vom Ultrafiltrat zum Urin: Eine genauere Betrachtung

45.4.2 Osmotische Gradienten und Wasserkonservierung

45.4.3 Anpassungen der Wirbeltiere an unterschiedliche Lebensräume

45.5 Hormonelle Regelkreise verknüpfen Nierenfunktion, Wasserhaushalt und Blutdruck

45.5.1 Antidiuretisches Hormon

45.5.2 Das Renin-Angiotensin-Aldosteron- System

Können Aquaporin-Mutationen zu Diabetes insipidus führen?

45.5.3 Homöostatische Regulation der Niere

## Kapitel 46 - Fortpflanzung der Tiere

Paarbildung für die sexuelle Fortpflanzung

46.1 Sexuelle und asexuelle Fortpflanzung im Tierreich

46.1.1 Mechanismen ungeschlechtlicher Fortpflanzung

46.1.2 Unisexuelle Fortpflanzung

46.1.3 Bisexuelle Fortpflanzung: Ein evolutionäres Rätsel

46.1.4 Fortpflanzungszyklen und -muster

46.2 Die Befruchtung hängt von Mechanismen ab, die Eizellen und Spermien derselben Art zusammenbringen

46.2.1 Das Überleben des Nachwuchses sichern

46.2.2 Gametenproduktion und -übergabe

Von welchen Männchen wird Sperma genutzt, wenn Taufliedenweibchen sich mehrmals hintereinander paaren?

46.3 Keimzellenproduktion und -transport mittels Fortpflanzungsorganen

# Inhaltsverzeichnis

- 46.3.1 Das weibliche Fortpflanzungssystem
- 46.3.2 Das männliche Fortpflanzungssystem
- 46.3.3 Die sexuelle Reaktion des Menschen

## 46.4 Unterschiede in Zeitverlauf und Muster der Meiose bei männlichen und weiblichen Säugern

## 46.5 Fortpflanzungsregulierung bei Säugern: Ein komplexes Zusammenspiel von Hormonen

- Einen Versuch aufsetzen und Schlussfolgerungen ziehen
- 46.5.1 Hormonelle Kontrolle des männlichen Fortpflanzungssystems
- 46.5.2 Der weibliche Fortpflanzungszyklus

## 46.6 Bei placentalen Säugern findet die gesamte Embryonalentwicklung im Uterus statt

- 46.6.1 Empfängnis, Embryonalentwicklung und Geburt
- 46.6.2 Maternale Immuntoleranz gegenüber Embryo und Fetus
- 46.6.3 Empfängnisverhütung und Abtreibung
- 46.6.4 Moderne Reproduktionstechniken

## Kapitel 47 - Entwicklung der Tiere

### Körperbaupläne

## 47.1 Nach der Befruchtung schreitet die Embryonalentwicklung durch Furchung, Gastrulation und Organogenese fort

- 47.1.1 Besamung und Befruchtung
  - Steht die Verteilung von  $\text{Ca}^{2+}$  im Ei mit der Bildung der Befruchtungshülle in Zusammenhang?
- 47.1.2 Furchung
  - Interpretation von Zellzyklen

## 47.2 An der tierischen Morphogenese sind spezifische Veränderungen in Zellform, Zellposition und Zelladhäsion beteiligt

- 47.2.1 Gastrulation
- 47.2.2 Entwicklungsphysiologische Anpassungen von Amnioten
- 47.2.3 Organogenese
- 47.2.4 Mechanismen der Morphogenese

## 47.3 Das Schicksal von sich entwickelnden Zellen ist von ihrer Vorgeschichte und von induktiven Signalen abhängig

- 47.3.1 Anlagepläne
  - Wie beeinflusst die Verteilung des grauen Halbmonds das Entwicklungspotenzial der ersten beiden Tochterzellen?
- 47.3.2 Festlegung des Zellschicksals und Musterbildung durch induktive Signale
  - Kann die dorsale Urmundlippe Zellen in einem anderen Teil des Amphibienembryos dazu veranlassen, ihr Entwicklungsschicksal zu ändern?
  - Welche Rolle spielt die Zone polarisierender Aktivität (ZPA) bei der Musterbildung der Wirbeltierextremität?

## Kapitel 48 - Neurone, Synapsen und Signalgebung

### Kommunikationsbahnen

## 48.1 Neuronale Organisation und Struktur als Spiegel der Funktion bei der Informationsübermittlung

- 48.1.1 Einführung in die Informationsverarbeitung
- 48.1.2 Neuronale Struktur und Funktion

## 48.2 Aufrechterhaltung des Ruhepotenzials eines Neurons durch Ionenpumpen und

# Inhaltsverzeichnis

## Ionenkanäle

48.2.1 Entstehung des Ruhepotenzials

48.2.2 Ein Modell des Ruhepotenzials

## 48.3 Axonale Fortleitung von Aktionspotenzialen

Intrazelluläre Ableitung

48.3.1 Erzeugung von Aktionspotenzialen

48.3.2 Erzeugung von Aktionspotenzialen: Eine nähere Betrachtung

48.3.3 Fortleitung von Aktionspotenzialen

## 48.4 Synapsen als Kontaktstellen zwischen Neuronen

48.4.1 Erzeugung postsynaptischer Potenziale

48.4.2 Summation postsynaptischer Potenziale

48.4.3 Modulation der synaptischen Übertragung

48.4.4 Neurotransmitter

Verfügt das Gehirn über ein spezielles Rezeptorprotein für Opiate?

## Kapitel 49 - Nervensysteme

### Befehls- und Kontrollzentrum

## 49.1 Nervensysteme bestehen aus Neuronenschaltkreisen und unterstützenden Zellen

49.1.1 Organisation des Wirbeltiernervensystems

49.1.2 Das periphere Nervensystem

## 49.2 Regionale Spezialisierung des Wirbeltiergehirns

49.2.1 Der Hirnstamm

49.2.2 Das Kleinhirn (Cerebellum)

49.2.3 Das Zwischenhirn (Diencephalon)

Welche Zellen kontrollieren die circadiane Rhythmik bei Säugern?

49.2.4 Funktionelle Bildgebung des Gehirns

49.2.5 Das Großhirn (Cerebrum)

49.2.6 Die Evolution der Kognition bei Wirbeltieren

## 49.3 Die Großhirnrinde: Kontrolle von Willkürbewegungen und kognitiven Funktionen

49.3.1 Informationsverarbeitung in der Großhirnrinde

49.3.2 Sprache und Sprechen

49.3.3 Lateralisierung corticaler Funktionen

49.3.4 Emotionen

49.3.5 Bewusstsein

## 49.4 Gedächtnis und Lernen als Folge von Veränderungen der synaptischen Verbindungen

49.4.1 Neuronale Plastizität

49.4.2 Gedächtnis und Lernen

49.4.3 Langzeitpotenzierung

## 49.5 Störungen des Nervensystems: Erklärungen auf molekularer Basis

49.5.1 Schizophrenie

49.5.2 Depressionen

49.5.3 Substanzmissbrauch und das Belohnungssystem des Gehirns

# Inhaltsverzeichnis

49.5.4 Alzheimer-Krankheit

49.5.5 Parkinson-Krankheit

49.5.6 Stammzelltherapie

## Kapitel 50 - Sensorische und motorische Mechanismen

### Sensorik und Sensibilität

#### 50.1 Sensorische Rezeptoren: Umwandlung von Reizenergie und Signalübermittlung an das Zentralnervensystem

50.1.1 Sensorische Bahnen

50.1.2 Sensorische Rezeptortypen

#### 50.2 Die für Gehör und Gleichgewicht zuständigen Mechanorezeptoren nehmen Flüssigkeits- oder Partikelbewegungen wahr

50.2.1 Wahrnehmung von Schwerkraft und Schall bei Wirbellosen

50.2.2 Gehör und Gleichgewichtssinn bei Säugern

50.2.3 Gehör und Gleichgewichtssinn bei anderen Wirbeltieren

#### 50.3 Geschmacks- und Geruchssinn basieren auf ähnlichen Sinneszelltypen

50.3.1 Der Geschmackssinn bei Säugern

Wie nehmen Säuger unterschiedliche Geschmacksqualitäten wahr?

50.3.2 Der Geruchssinn des Menschen

#### 50.4 Im ganzen Tierreich basiert das Sehen auf ähnlichen Mechanismen

50.4.1 Sehen bei Wirbellosen

50.4.2 Das Sehsystem von Wirbeltieren

#### 50.5 Muskelkontraktion erfordert die Interaktion von Muskelproteinen

50.5.1 Die Skelettmuskulatur von Wirbeltieren

50.5.2 Andere Muskeltypen

#### 50.6 Das Skelettsystem wandelt Muskelkontraktion in Fortbewegung um

50.6.1 Skelettsystemtypen

50.6.2 Verschiedene Formen der Fortbewegung

50.6.3 Energetische Kosten der Fortbewegung

Wie hoch sind die Energiekosten für die Fortbewegung?

## Kapitel 51 - Tierisches Verhalten

### Das Wie und Warum tierischen Verhaltens

#### 51.1 Einfaches und komplexes Verhalten kann durch bestimmte sensorische Eingangssignale ausgelöst werden

51.1.1 Festgelegte Reaktionsmuster (Erbkoordination)

51.1.2 Migration

51.1.3 Verhaltensbiologische Rhythmen

51.1.4 Signalgebung und Kommunikation bei Tieren

#### 51.2 Lernen: Spezifische Verknüpfung von Erfahrung und Verhalten

51.2.1 Erfahrung und Verhalten

Benutzt eine Grabwespe Landmarken, um ihr Nest zu finden?

#### 51.3 Verhaltensweisen lassen sich durch Selektion auf Überleben und Fortpflanzungserfolg eines

# Inhaltsverzeichnis

## Individuums erklären

### 51.3.1 Evolution von Verhalten zum Nahrungserwerb

Hypothesentesten mit einem quantitativen Modell

### 51.3.2 Paarungsverhalten und Partnerwahl

## 51.4 Genetische Analysen und die Theorie der Gesamtfitness liefern eine Basis für Untersuchungen zur Evolution von Verhalten

### 51.4.1 Die genetische Basis von Verhalten

### 51.4.2 Genetische Variabilität und die Evolution von Verhalten

Sind Unterschiede in der Zugorientierung innerhalb einer Art genetisch determiniert?

### 51.4.3 Altruismus

### 51.4.4 Gesamtfitness

### 51.4.5 Evolution und menschliche Kultur

## Teil VIII - Ökologie

### Kapitel 52 - Ökologie und die Biosphäre: Eine Einführung

#### Das Thema Ökologie

### 52.1 Die Ökologie integriert viele biologische Forschungsrichtungen und dient als wissenschaftliche Grundlage für den Natur- und Umweltschutz

#### 52.1.1 Der Zusammenhang zwischen Ökologie und Evolutionsbiologie

#### 52.1.2 Ökologie und Umweltschutz

### 52.2 Die Wechselbeziehungen zwischen Organismen und ihrer Umwelt bestimmen ihre Verbreitung und Häufigkeit

#### 52.2.1 Ausbreitung und Verbreitung

#### 52.2.2 Verhalten und Habitatselektion

#### 52.2.3 Biotische Faktoren

Begrenzen Seeigel das Vorkommen von Seetang?

#### 52.2.4 Abiotische Faktoren

#### 52.2.5 Klima

### 52.3 Aquatische Biome: Vielfältige und dynamische Systeme, die den größten Teil der Erdoberfläche einnehmen

#### 52.3.1 Struktur aquatischer Biome

### 52.4 Klima und unvorhersagbare Umweltveränderungen bestimmen die Struktur und Verbreitung der terrestrischen Biome

#### 52.4.1 Makroklima und terrestrische Biome

#### 52.4.2 Allgemeine Eigenschaften terrestrischer Biome und die Bedeutung von Störungen

Erstellung von Balken- und Liniendiagrammen mit Interpretation der Daten

### Kapitel 53 - Populationsökologie

#### Auf den Spuren der schottischen Soay-Schafe

### 53.1 Dynamische Prozesse und ihr Einfluss auf die Individuendichte, Individuenverteilung und Demografie von Populationen

#### 53.1.1 Individuendichte und Verteilungsmuster

Ermittlung der Populationsgröße mit der Fang- Wiederfang-Methode

#### 53.1.2 Demografie

# Inhaltsverzeichnis

## 53.2 Wichtige Phasen im Lebenszyklus einer Organismenart als Produkt der natürlichen Selektion

### 53.2.1 Evolution und die Vielfalt von Lebenszyklen

### 53.2.2 Kompromisse und Lebenszyklus

Wie wirkt sich die Versorgung der Nachkommen beim Turmfalke (*Falco tinnunculus*) auf die Überlebensrate der Elterntiere aus?

## 53.3 Exponentielles Wachstum: Ein Modell für Populationen in einer idealen, unbegrenzten Umwelt

### 53.3.1 Pro-Kopf-Zunahme

### 53.3.2 Exponentielles Wachstum

## 53.4 Das logistische Wachstumsmodell: Langsameres Populationswachstum bei Annäherung an die Umweltkapazität

### 53.4.1 Das logistische Wachstumsmodell

### 53.4.2 Das logistische Modell und natürliche Populationen

### 53.4.3 Logistisches Modell und Lebenszyklus

Modellierung des Populationswachstums mithilfe der logistischen Gleichung

## 53.5 Dichteabhängige Einflüsse auf das Populationswachstum

### 53.5.1 Populationsveränderungen und Individuendichte

### 53.5.2 Dichteabhängige Regulation von Populationen

### 53.5.3 Populationsdynamik

## 53.6 Die menschliche Bevölkerung: Kein exponentielles Wachstum mehr, aber immer noch ein steiler Anstieg

### 53.6.1 Die Erdbevölkerung

### 53.6.2 Globale Umweltkapazität

## Kapitel 54 - Ökologie der Lebensgemeinschaften

### Lebensgemeinschaften in Bewegung

## 54.1 Wechselbeziehungen zwischen Organismen: Positiv, negativ oder neutral

### 54.1.1 Interspezifische Konkurrenz

Kann die ökologische Nische einer Art durch interspezifische Konkurrenz verändert werden?

### 54.1.2 Prädation

Erstellen eines Balken- und Streudiagramms

### 54.1.3 Parasitismus

### 54.1.4 Herbivorie

### 54.1.5 Mutualismus

### 54.1.6 Parabiose und Kommensalismus

### 54.1.7 Metabiose

## 54.2 Der Einfluss von dominanten Arten und Schlüsselarten auf die Struktur von Lebensgemeinschaften

### 54.2.1 Artendiversität

Die Diversität der Mikroorganismen, ermittelt mit molekularbiologischen Methoden

### 54.2.2 Trophische Strukturen

### 54.2.3 Arten mit einer großen Bedeutung für die Lebensgemeinschaft

# Inhaltsverzeichnis

Ist *Pisaster ochraceus* eine Schlussteinart?

## 54.2.4 Bottom-up- und Top-down-Kontrolle in Nahrungsnetzen

Unterliegt die Nematoden-Lebensgemeinschaft in der Antarktis einer Top-down- oder einer Bottom-up-Kontrolle?

## 54.3 Der Einfluss von Störungen auf Artendiversität und Artenzusammensetzung

### 54.3.1 Charakterisierung von Störungen

### 54.3.2 Sukzession

### 54.3.3 Von Menschen verursachte Störungen

## 54.4 Biogeografische Faktoren und ihre Bedeutung für die Artendiversität in Lebensgemeinschaften

### 54.4.1 Breitengradabhängigkeit

### 54.4.2 Effekte der Flächengröße

### 54.4.3 Insel-Biogeografie

Welcher Zusammenhang besteht zwischen Artenreichtum und der Flächengröße einer Insel?

## 54.5 Lebensgemeinschaften: ihre Bedeutung für das Verständnis der Lebenszyklen von Pathogenen und ihre Bekämpfung

### 54.5.1 Pathogene und die Struktur von Lebensgemeinschaften

### 54.5.2 Lebensgemeinschaften und Zoonosen

## Kapitel 55 - Ökosysteme

### Die Dynamik der Ökosysteme

## 55.1 Der Energiehaushalt und die biogeochemischen Kreisläufe von Ökosystemen

### 55.1.1 Energieerhaltung

### 55.1.2 Erhaltung der Masse

### 55.1.3 Energie, Masse und Trophieebenen

## 55.2 Energie und andere limitierende Faktoren der Primärproduktion der Ökosysteme

### 55.2.1 Energiebilanzen von Ökosystemen

Ermittlung der Nettoprimärproduktion mit Satelliten

### 55.2.2 Primärproduktion in aquatischen Ökosystemen

Welcher Nährstoff begrenzt die Phytoplanktonproduktion vor der Küste von Long Island?

### 55.2.3 Primärproduktion in terrestrischen Ökosystemen

## 55.3 Energietransfer zwischen Trophieebenen: Effizienz meist unter zehn Prozent

### 55.3.1 Produktionseffizienz

Analyse von quantitativen Daten in einer Tabelle

### 55.3.2 Die Grüne-Welt-Hypothese

## 55.4 Biologische und geochemische Prozesse regulieren die Nährstoffkreisläufe eines Ökosystems

### 55.4.1 Biogeochemische Kreisläufe

### 55.4.2 Mineralisierungs- und Umlaufraten bei Nährstoffkreisläufen

Wie wirkt sich die Temperatur in einem Ökosystem auf die Zersetzung des Laubs aus?

### 55.4.3 Fallstudie: Nährstoffkreisläufe im Hubbard Brook Experimental Forest

## 55.5 Der Einfluss des Menschen auf die biogeochemischen Kreisläufe der Erde

### 55.5.1 Nährstoffanreicherung

### 55.5.2 Saurer Regen

### 55.5.3 Umweltgifte



# Inhaltsverzeichnis

55.5.4 Treibhausgase und globale Erwärmung

55.5.5 Abbau der stratosphärischen Ozonschicht

## Kapitel 56 - Naturschutz und Renaturierungsökologie

Die Reichtümer der Tropen

### 56.1 Der Mensch als Gefahr für die biologische Vielfalt

56.1.1 Die drei Ebenen der biologischen Vielfalt

56.1.2 Biologische Vielfalt und das Wohlergehen des Menschen

56.1.3 Drei Gefahren für die biologische Vielfalt

### 56.2 Populationsgröße, genetische Variabilität und kritische Habitatgröße beim Schutz von Populationen

56.2.1 Ermittlung der minimalen überlebensfähigen Populationsgröße

Was war die Ursache für den drastischen Populationsrückgang des Präriehuhns in Illinois?

56.2.2 Populationsextinktion durch zufällige und häufige Umweltereignisse

56.2.3 Abwägen konkurrierender Ansprüche

### 56.3 Landschafts- und Gebietsschutz zur Erhaltung ganzer Biota

56.3.1 Struktur und biologische Vielfalt von Landschaften

56.3.2 Einrichtung von Schutzgebieten

### 56.4 Renaturierung: Wiederherstellung geschädigter Ökosysteme

56.4.1 Biologische Sanierung

56.4.2 Biologische Bestandsstützung

56.4.3 Renaturierung als Zukunftsaufgabe

Erstellung eines Fehlerbalkendiagramms und Interpretation der Ergebnisse

### 56.5 Nachhaltige Entwicklung: Das Wohlergehen der Menschen durch die Bewahrung der biologischen Vielfalt

56.5.1 Das Konzept der nachhaltigen Entwicklung

56.5.2 Fallstudie: Nachhaltige Entwicklung in Costa Rica

56.5.3 Die Zukunft der Biosphäre

## Anhang A: Lösungen

Kapitel 1

Kapitel 2

Kapitel 3

Kapitel 4

Kapitel 5

Kapitel 6

Kapitel 7

Kapitel 8

Kapitel 9

Kapitel 10

Kapitel 11

# **Inhaltsverzeichnis**

Kapitel 12  
Kapitel 13  
Kapitel 14  
Kapitel 15  
Kapitel 16  
Kapitel 17  
Kapitel 18  
Kapitel 19  
Kapitel 20  
Kapitel 21  
Kapitel 22  
Kapitel 23  
Kapitel 24  
Kapitel 25  
Kapitel 26  
Kapitel 27  
Kapitel 28  
Kapitel 29  
Kapitel 30  
Kapitel 31  
Kapitel 32  
Kapitel 33  
Kapitel 34  
Kapitel 35  
Kapitel 36  
Kapitel 37  
Kapitel 38  
Kapitel 39  
Kapitel 40  
Kapitel 41  
Kapitel 42  
Kapitel 43  
Kapitel 44  
Kapitel 45

# Inhaltsverzeichnis

Kapitel 46

Kapitel 47

Kapitel 48

Kapitel 49

Kapitel 50

Kapitel 51

Kapitel 52

Kapitel 53

Kapitel 54

Kapitel 55

Kapitel 56

Anhang B: Anleitungen zu den wissenschaftlichen Übungen

Anhang C: Lehrbuchempfehlungen

Anhang D: Bildnachweis

Kapitel 1

Teil I Die chemischen Grundlagen des Lebens

Kapitel 2

Kapitel 3

Kapitel 4

Kapitel 5

Teil II Die Zelle

Kapitel 6

Kapitel 7

Kapitel 8

Kapitel 9

Kapitel 10

Kapitel 11

Kapitel 12

Teil III Genetik

Kapitel 13

Kapitel 14

Kapitel 15

Kapitel 16

Kapitel 17

Kapitel 18

# Inhaltsverzeichnis

Kapitel 19

Kapitel 20

Kapitel 21

## Teil IV Evolutionsmechanismen

Kapitel 22

Kapitel 23

Kapitel 24

Kapitel 25

## Teil V Die Evolutionsgeschichte der biologischen Vielfalt

Kapitel 26

Kapitel 27

Kapitel 28

Kapitel 29

Kapitel 30

Kapitel 31

Kapitel 32

Kapitel 33

Kapitel 34

## Teil VI Pflanzen Form und Funktion

Kapitel 35

Kapitel 36

Kapitel 37

Kapitel 38

Kapitel 39

## Teil VII Tiere Form und Funktion

Kapitel 40

Kapitel 41

Kapitel 42

Kapitel 43

Kapitel 44

Kapitel 45

Kapitel 46

Kapitel 47

Kapitel 48

Kapitel 49

Kapitel 50

Kapitel 51

# **Inhaltsverzeichnis**

Teil VIII Ökologie

Kapitel 52

Kapitel 53

Kapitel 54

Kapitel 55

Kapitel 56

Anhang E: Stichwortverzeichnis

Copyright

# Copyright

Daten, Texte, Design und Grafiken dieses eBooks, sowie die eventuell angebotenen eBook-Zusatzdaten sind urheberrechtlich geschützt. Dieses eBook stellen wir lediglich als **persönliche Einzelplatz-Lizenz** zur Verfügung!

Jede andere Verwendung dieses eBooks oder zugehöriger Materialien und Informationen, einschließlich

- der Reproduktion,
- der Weitergabe,
- des Weitervertriebs,
- der Platzierung im Internet, in Intranets, in Extranets,
- der Veränderung,
- des Weiterverkaufs und
- der Veröffentlichung

bedarf der **schriftlichen Genehmigung** des Verlags. Insbesondere ist die Entfernung oder Änderung des vom Verlag vergebenen Passwort- und DRM-Schutzes ausdrücklich untersagt!

Bei Fragen zu diesem Thema wenden Sie sich bitte an: **info@pearson.de**

## Zusatzdaten

Möglicherweise liegt dem gedruckten Buch eine CD-ROM mit Zusatzdaten oder ein Zugangscode zu einer eLearning Plattform bei. Die Zurverfügungstellung dieser Daten auf unseren Websites ist eine freiwillige Leistung des Verlags. **Der Rechtsweg ist ausgeschlossen.** Zugangscode können Sie darüberhinaus auf unserer Website käuflich erwerben.

## Hinweis

Dieses und viele weitere eBooks können Sie rund um die Uhr und legal auf unserer Website herunterladen:

**<https://www.pearson-studium.de>**