



Campbell Biologie

10., aktualisierte Auflage

Reece • Urry • Cain • Wasserman
Minorsky • Jackson

Deutsche Ausgabe herausgegeben von
Jürgen J. Heinisch und Achim Paululat



Pearson

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 Transports

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-Synthetase

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-Synthetase für die ATP-Synthetase 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 zirkuläre Elektronenfluss

Inhaltsverzeichnis

- 10.2.7 Der chemiosmotische Prozess in Chloroplasten und Mitochondrien im Vergleich
- 10.3 Der Calvin-Zyklus benutzt ATP und NADPH, um CO₂ 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 C₄-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 Proteindesphosphorylierung
 - 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 Kontrollsyste gesteuert
 - 12.3.1 Hinweise auf die Existenz cytoplasmatischer Signale
 - Steuern cytoplasmatische Faktoren den Zellzyklus?
 - 12.3.2 Das Zellzyklus-Kontrollsyste
 - 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 F2-Generation, wenn sich F1-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 Mutantenfliege?

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 (c2-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: Zellkerentransplantation

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 ermöglichen die Entstehung des Lebens

- 25.1.1 Synthese organischer Verbindungen zu Beginn der Erdentwicklung
- 25.1.2 Abiotische Synthese von Makromolekülen
- 25.1.3 Prokaryonten
- 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 Stammesbegriff 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 Symbiotische 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 Chytridiens

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 542251 Millionen Jahren)

Berechnung und Interpretation von Korrelationskoeffizienten

32.2.4 Mesozoikum (vor 25165,5 Millionen Jahren)

32.2.5 Känozoikum (vor 65,5 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 Metazoentaxon

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 Wurzaufbau 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 Mikronährrelemente

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 angiosperm 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 Getreidekoleoptile 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 Rhythmisik

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 Ca²⁺-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 O₂- 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 Taufliege 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 Wirbeltierniere 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 Taufliegenweibchen 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 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 Amnionen

- 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 Rhythmis 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 kortikaler 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 Turmfalken (*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 Schlusssteinart?

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 Prärieguhns in Illinois?

56.2.2 Populationsexstinktion durch zufällige und häufige Umwelt Ereignisse

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.** Zugangscodes 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>