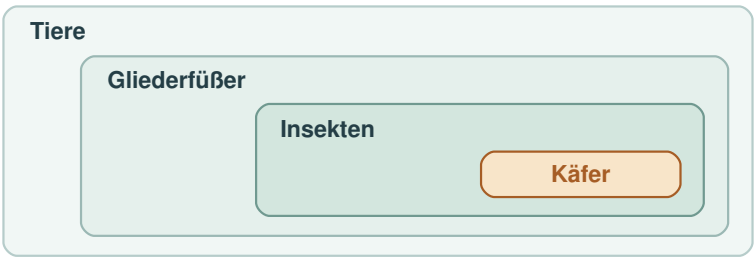
01 | WISSEN IM ZUSAMMENHANG

Lebewesen beobachten und begründet einordnen

Ein Käfer und eine Spinne besitzen gegliederte Beine. Bei genauerem Hinsehen unterscheiden sie sich in Körpergliederung und Beinzahl. Solche Merkmale helfen, von einer breiten Gruppe zu einer genaueren Zuordnung zu gelangen.



Beispiel ineinander enthaltener Gruppen: Tiere, Gliederfüßer, Insekten und Käfer. Die Käfer bleiben zugleich Mitglieder aller umfassenderen Gruppen.

1 · Merkmale machen Vergleiche nachvollziehbar

Ein **Merkmal** ist eine beschreibbare Eigenschaft, zum Beispiel die Zahl der Beine, ein Zellkern oder die Art der Ernährung. Für einen Vergleich brauchst du die gleiche Eigenschaft bei allen betrachteten Lebewesen. Bei erwachsenen Insekten erkennst du normalerweise drei Beinpaare und die Körperabschnitte Kopf, Brust und Hinterleib. Spinnentiere besitzen vier Beinpaare. Entwicklungsstadien oder beschädigte Tiere können die Beobachtung erschweren. Deshalb werden mehrere passende Merkmale gemeinsam betrachtet.

2 · Gruppen sind ineinander verschachtelt

Ein Marienkäfer gehört zu den Käfern, diese zu den Insekten und diese wiederum zu den Gliederfüßern. Alle diese Gruppen sind Teil der Tiere. Eine genauere Gruppe liegt also innerhalb einer umfassenderen. Für benannte Rangstufen werden unter anderem **Art**, Gattung, Familie, Ordnung und Klasse verwendet. Der wissenschaftliche Artname enthält einen Gattungsnamen und einen zweiten Namensteil. Dadurch lassen sich Arten auch über Sprachgrenzen hinweg eindeutig besprechen.

3 · Bestimmen und Verwandtschaft untersuchen

Ein **Bestimmungsschlüssel** führt anhand ausgewählter Merkmale zu einer Zuordnung. Du vergleichst die angebotenen Möglichkeiten und prüfst, welche zur Beobachtung passt. Ein Schlüssel ist jeweils für bestimmte Gruppen und Lebensstadien gedacht. **Systematik** untersucht darüber hinaus die Vielfalt und Beziehungen der Lebewesen. Ein erfolgreicher Bestimmungsweg erklärt also, zu welcher Gruppe ein Fund passt; für die Abstammung werden weitere Beobachtungen und Vergleiche benötigt.

Das gehört zusammen: Systematische Zuordnung entsteht aus vergleichbaren Merkmalen. Je genauer eine Gruppe eingegrenzt wird, desto mehr passende Eigenschaften werden zusammen betrachtet.

Öffne „Gliederfüßer“ und wähle eine Untergruppe. Vergleiche anschließend die Merkmale im Steckbrief mit einer zweiten Gruppe.

01 | ZUSAMMENHÄNGE VERTIEFEN

Eine Zuordnung muss sich begründen lassen

Beobachtung wird zur begründeten Zuordnung

1. Merkmal festlegen
Zum Beispiel Beinpaare am erwachsenen Tier zählen.

→

2. Mehrere Merkmale prüfen
Körperabschnitte und weitere passende Eigenschaften vergleichen.

→

3. Gruppe zuordnen
Eine Einordnung wählen, die zu den Beobachtungen passt.

→

4. Begründung nennen
Die entscheidenden Merkmale und mögliche Unsicherheiten angeben.

Die Abfolge zeigt eine Arbeitsweise. Sie ist keine universelle Bestimmungstabelle für alle Tierarten.

Ein guter Vergleich beginnt mit einer genauen Frage. „Ist das Tier schön?“ hilft beim Bestimmen wenig. „Wie viele Beinpaare trägt der erwachsene Körper?“ ist dagegen nachvollziehbar prüfbar. Solche **Merkmale** müssen bei allen verglichenen Tieren auf dieselbe Weise untersucht werden. Dabei ist das Lebensstadium wichtig: Eine Raupe und ein ausgewachsener Schmetterling sehen sehr verschieden aus, gehören aber zur selben Art. Fehlende Körperteile können zusätzlich täuschen. Deshalb wird eine Zuordnung sicherer, wenn mehrere Merkmale zusammenpassen. Eine Vermutung wird durch Beobachtungen gestützt, nicht durch Ähnlichkeit auf den ersten Blick.

Gruppen bilden eine **verschachtelte Ordnung**. Ein Marienkäfer ist zugleich ein Käfer, ein Insekt, ein Gliederfüßer und ein Tier. Eine neue Gruppenzuordnung hebt die übergeordneten Zuordnungen nicht auf. Das ähnelt einer Adresse mit Ort, Straße und Hausnummer: Jede Angabe grenzt genauer ein. Bei Lebewesen beruht die Ordnung jedoch auf Merkmalen und möglichst auch auf Abstammung. Ein Bestimmungsschlüssel kann praktische Merkmale wie Farbe nutzen, die keine nahe Verwandtschaft beweisen. Eine systematische Gruppe soll dagegen die Beziehungen der Lebewesen sinnvoll wiedergeben.

Der Begriff **Art** ist anspruchsvoller als ein Name. Bei vielen sich geschlechtlich fortpflanzenden Tieren ist wichtig, ob Populationen unter natürlichen Bedingungen miteinander fortpflanzungsfähige Nachkommen bilden. Für Fossilien, Bakterien und manche andere Fälle braucht man weitere Kriterien. Darum vergleichen Forschende Körpermerkmale, Fortpflanzung, Lebensweise und Erbinformation gemeinsam, statt eine einzige Regel auf alle Lebewesen anzuwenden.

Ein Marienkäfer gehört zu mehreren Gruppen
Ein erwachsener Marienkäfer besitzt drei Beinpaare und die Grundgliederung eines Insekts. Gleichzeitig gehört er zu den Käfern, Gliederfüßern und Tieren. Die Namen widersprechen sich nicht. Jeder nennt eine andere Ebene der Einordnung. Für eine genaue Artbestimmung sind weitere Merkmale nötig.

Genau unterscheiden
Häufige Verwechslung: Ein Tier kann nur zu einer einzigen Gruppe gehören.
So stimmt es: Gruppen sind ineinander verschachtelt. Ein Käfer gehört zugleich zu den Insekten, Gliederfüßern und Tieren; jede Ebene beschreibt eine andere Genauigkeit.

02 | WISSEN IM ZUSAMMENHANG

Vom Zellbau zur Vielfalt der Lebensweisen

Auch sehr unterschiedlich aussehende Lebewesen teilen grundlegende Zellmerkmale. Der Zellbau hilft deshalb bei der Einordnung großer Gruppen. Ernährung, Entwicklung und Erbinformation ergänzen das Bild.



Zellbau vergleichen; molekulare Merkmale ergänzen

Orientierung nach Zellbau: Bakterien und Archaeen besitzen prokaryotische Zellen; Eukaryoten besitzen einen Zellkern. Die Übersicht ist ein Vergleich, kein vollständiger Abstammungsbaum.

4 · Zelltypen geben eine erste Orientierung

Bakterien und Archaeen besitzen prokaryotische Zellen: Ihre DNA liegt in einem Bereich des Zellinneren. **Eukaryoten** besitzen Zellen mit einem abgegrenzten Zellkern und weiteren membranumhüllten Bereichen. Zu ihnen zählen Tiere, Pflanzen, Pilze und viele einzellige Formen. Bakterien und Archaeen unterscheiden sich unter anderem in ihrem molekularen Aufbau. Die drei Namen Bakterien, Archaeen und Eukaryoten dienen in der klassischen Drei-Domänen-Einteilung als große Orientierungseinheiten.

5 · Ernährung verbindet Zellbau und Umwelt

Viele Pflanzen nutzen Photosynthese, um mithilfe von Licht organische Stoffe aufzubauen. Tiere nehmen organische Nahrung auf und verarbeiten sie. **Pilze** geben Verdauungsstoffe nach außen ab und nehmen gelöste Stoffe über ihre Oberfläche auf. Ihr Zellbau und ihre Abstammung begründen eine eigene Gruppe. Ein Pilzgeflecht kann mit Pflanzenwurzeln zusammenleben und Stoffe austauschen. Dadurch zeigt sich: Ähnliche Standorte können von Organismen mit sehr verschiedenen Ernährungsweisen genutzt werden.

6 · Sammelbegriffe brauchen eine Erklärung

Der Begriff **Protisten** bezeichnet eine vielfältige Sammlung von Eukaryoten außerhalb der großen Gruppen Tiere, Pflanzen und Pilze. Viele leben einzellig; andere bilden größere Verbände. Sie haben unterschiedliche Ernährungs- und Lebensweisen und verteilen sich auf mehrere Abstammungslinien. Auch „Algen“ und „Wirbellose“ sind praktische Sammelbegriffe. Sie helfen beim Überblick, während die genauere Systematik zusätzliche Unterschiede und Verwandtschaften innerhalb dieser Vielfalt sichtbar macht.

Das gehört zusammen: Große Gruppen lassen sich mit Zellbau und molekularen Merkmalen vergleichen. Ähnliche Lebensweisen können in verschiedenen Abstammungslinien vorkommen.

Öffne „Hauptgruppen“ und vergleiche die Steckbriefe. Verfolge danach in der „Gesamtübersicht“, welche Gruppen innerhalb der Eukaryoten liegen.

02 | ZUSAMMENHÄNGE VERTIEFEN

Lebensweise und Abstammung getrennt vergleichen

Drei Fragen an ein Lebewesen

Zellbau
Zellkern vorhanden? Welche weiteren Strukturen sind erkennbar?

Ernährung
Lichtenergie nutzen, Nahrung aufnehmen oder gelöste Stoffe aufnehmen?

Organisation
Eine Zelle, ein Zellverband oder arbeitsteilige Gewebe?

Die Kriterien werden gemeinsam verwendet. Einzelne passende Merkmale beweisen noch keine enge Verwandtschaft.

Zellbau und Ernährung beantworten verschiedene Fragen. Ein abgegrenzter **Zellkern** ist ein Merkmal der Eukaryoten. Ob ein Lebewesen selbst mithilfe von Licht organische Stoffe aufbaut oder vorhandene organische Stoffe nutzt, beschreibt dagegen seine Ernährung. Deshalb gehören nicht alle grünen Lebewesen automatisch zu einer einzigen nah verwandten Gruppe. Auch unter den einzelligen Eukaryoten kommen unterschiedliche Ernährungsweisen vor. Manche nutzen je nach Bedingungen mehr als einen Weg. Für einen vollständigen Vergleich braucht man deshalb mehrere Achsen: Zellbau, Zahl und Organisation der Zellen, Ernährung und weitere Merkmale.

Pilze zeigen besonders gut, warum vertraute äußere Formen täuschen können. Ein Pilz steht zwar oft fest an einem Ort, betreibt aber keine Photosynthese. Viele Pilze bilden ein Geflecht aus dünnen Fäden, den **Hyphen**. Dieses Geflecht heißt **Myzel**. Es gibt Enzyme ab, die organische Stoffe außerhalb der Pilzzellen zerlegen. Gelöste Bausteine werden anschließend aufgenommen. Der sichtbare Hutpilz ist meist nur ein Fortpflanzungsorgan eines größeren Geflechts. Pilze besitzen Zellwände, deren Zusammensetzung sich von Pflanzenzellwänden unterscheidet. Sie bilden eine eigene Abstammungsgruppe und sind näher mit Tieren als mit Pflanzen verwandt.

Auch die Bezeichnung „einzellig“ beschreibt einen Aufbau, keine einzelne Verwandtschaftsgruppe. Bakterien, bestimmte Pilze und viele andere Eukaryoten können einzellig leben. Praktische Sammelbegriffe erleichtern den Einstieg, müssen aber erklärt werden. Sonst wird eine gemeinsame Eigenschaft fälschlich mit einer gemeinsamen nahen Abstammung gleichgesetzt.

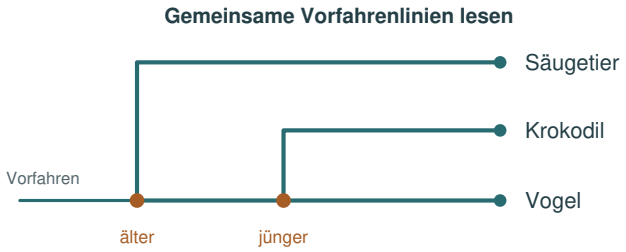
Was du von einem Pilz siehst
Ein Champignon über dem Boden ist nicht der gesamte Pilz. Sein Geflecht kann sich im Untergrund ausbreiten und dort Stoffe aufnehmen. Die feste Lebensweise und eine Zellwand machen ihn trotzdem nicht zur Pflanze. Entscheidend sind weitere Zellmerkmale, Ernährung und die gemeinsame Abstammung.

Genau unterscheiden
Häufige Verwechslung: Pilze sind Pflanzen ohne grüne Farbe.
So stimmt es: Pilze besitzen einen eigenen Zellbau und eine eigene Abstammungslinie. Sie nehmen organische Stoffe auf und betreiben keine Photosynthese; fehlendes Grün allein erklärt die Gruppe nicht.

03 | WISSEN IM ZUSAMMENHANG

Ein Stammbaum zeigt gemeinsame Geschichte

Die Gruppenkarte hilft bei der Orientierung. Ein wissenschaftlicher Stammbaum ergänzt eine andere Frage: Welche Linien teilen einen gemeinsamen Vorfahren? Dafür werden Körpermerkmale, Fossilien und molekulare Daten zusammengeführt.



Vereinfachtes Lesebeispiel mit drei heutigen Gruppen. Vogel und Krokodil teilen hier einen jüngeren gemeinsamen Vorfahren als jeweils mit einem Säugetier. Astlängen besitzen keine Zeitskala.

7 · Verzweigungen richtig lesen

Ein **Stammbaum** stellt Abstammungsbeziehungen als Verzweigungen dar. An einem Verzweigungspunkt wird eine gemeinsame Vorfahrenlinie angenommen. Zwei Gruppen sind näher verwandt, wenn sie einen jüngeren gemeinsamen Vorfahren teilen. Du verfolgst deshalb die Äste rückwärts bis zu ihrem Treffpunkt. Die Anordnung links oder rechts ist für diese Beziehung nebensächlich. Astlängen geben nur dann Zeit oder Veränderung an, wenn eine entsprechende Skala erklärt wird.

8 · Ähnlichkeiten können verschiedene Ursachen haben

Manche ähnliche Strukturen gehen auf einen gemeinsamen Ursprung zurück. Die Knochen in menschlichem Arm und Walflosse folgen beispielsweise demselben grundlegenden Bauplan; solche Gemeinsamkeiten heißen **Homologien**. Ähnliche Funktionen können auch unabhängig entstehen. Flügel von Insekten und Vögeln ermöglichen Flug, haben aber einen unterschiedlichen Bau und Ursprung. Das ist eine **Analogie**. Viele übereinstimmende Merkmale und passende DNA-Vergleiche ergeben zusammen eine tragfähigere Erklärung als eine einzelne Ähnlichkeit.

9 · Wissen wächst mit neuen Belegen

Forschende vergleichen heute auch die Reihenfolge von DNA-Bausteinen. Neue Daten können bisherige Gruppierungen präzisieren. Besonders bei frühen Verzweigungen des Lebens und beim Austausch von Genen zwischen Linien ist die Geschichte komplex. Die Werkstatt zeigt eine vereinfachte Orientierung für den Unterricht. Eine gute Begründung nennt die beobachteten Merkmale und unterscheidet sie von der daraus abgeleiteten Verwandtschaft. So verbindet Systematik das Sammeln von Beobachtungen mit überprüfbaren wissenschaftlichen Erklärungen.

Das gehört zusammen: Merkmale unterstützen Zuordnungen; gemeinsame Abstammung erklärt Verwandtschaft. Ein Stammbaum ist eine durch Belege begründete Darstellung dieser Geschichte.

Fachbücher und Quellen stehen auf Seite 7. Die Onlinefassung verlinkt außerdem die passenden Lehrbuchkapitel.

03 | ZUSAMMENHÄNGE VERTIEFEN

Ein Stammbaum ist keine Leiter

Ähnlichkeit richtig deuten

Gemeinsamer Ursprung
Arm und Walflosse besitzen denselben Grundbauplan der Vordergliedmaße.

Ähnliche Aufgabe
Insekten- und Vogelflügel ermöglichen Flug, entstanden aber verschieden.

Mehrere Belege
Körperbau, Entwicklung und DNA werden gemeinsam verglichen.

Die Karten unterscheiden Ursachen von Ähnlichkeit. Eine Funktion allein beantwortet die Frage nach Verwandtschaft nicht.

Alle heute lebenden Tierarten stehen am Ende ihrer jeweils eigenen langen Entwicklungsgeschichte. Ein Regenwurm ist deshalb kein unfertiges Wirbeltier, und ein heutiger Affe ist kein früher Mensch. Ein **Stammbaum** zeigt gemeinsame Vorfahrenlinien und Verzweigungen. Von einer gemeinsamen Linie können sich mehrere Nachfahrenlinien entwickeln und gleichzeitig weiterbestehen. Die entscheidende Frage lautet: Wo treffen sich ihre rückwärts verfolgten Äste? Die Position oben, unten, links oder rechts ist für sich allein kein Maß für Nähe oder Leistungsfähigkeit. Auch die Zahl der eingezeichneten Zwischenzweige hängt davon ab, welche Gruppen dargestellt werden.

Ein einzelnes Merkmal kann mehrfach unabhängig entstehen oder später verändert werden. Stromlinienförmige Körper helfen etwa beim Schwimmen; sie erklären allein keine nahe Verwandtschaft. **Homologe Strukturen** haben einen gemeinsamen Ursprung, auch wenn sie verschiedene Aufgaben erfüllen. Für die Vordergliedmaßen von Mensch und Wal lässt sich eine entsprechende Grundanordnung der Knochen vergleichen. Eine **Analogie** beschreibt ähnliche Funktionen, die unabhängig entstanden sind. Mehrere unabhängige Belege aus Körperbau, Entwicklung und DNA liefern eine stärkere Grundlage als ein auffälliges Merkmal. Forschende prüfen auch, welche Erklärung mit neuen Daten vereinbar bleibt.

Wissenschaftliche Gruppierungen können sich dadurch ändern. Vögel gehören in einer Abstammungssystematik innerhalb der Reptilienverwandtschaft. Die traditionelle Schulgruppe „Reptilien ohne Vögel“ ist für einen ersten Vergleich praktisch, umfasst aber nicht alle Nachfahren derselben Linie. Eine gute Übersicht macht solche Vereinfachungen sichtbar und unterscheidet ein Ordnungsschema von einem vollständig rekonstruierten Stammbaum.

Delfin und Fisch
Beide leben im Wasser und können eine stromlinienförmige Gestalt besitzen. Ein Delfin atmet jedoch mit Lungen und säugt seine Jungen. Zusammen mit weiteren Merkmalen und DNA-Vergleichen ergibt sich seine Zuordnung zu den Säugetieren. Gleicher Lebensraum ist somit keine ausreichende Erklärung für dieselbe Gruppe.

Genau unterscheiden
Häufige Verwechslung: Weiter rechts im Stammbaum bedeutet weiter entwickelt.
So stimmt es: Die räumliche Anordnung ist eine Zeichenentscheidung. Entscheidend sind Verzweigungen und gemeinsame Vorfahren; heutige Arten sind keine Stufen auf einer Leiter.

Wissen anwenden und weiterdenken

Drei ergänzende Entdeckeraufträge. Erkläre deine Beobachtungen mit den Zusammenhängen aus dem Wissenstext.

1 · Ausschnitt erkunden

Ausprobieren: Öffne „Ausschnitt erkunden“, dann „Gliederfüßer“. Wähle zwei Untergruppen und öffne im Steckbrief den „Gesamten Einordnungsweg“.

Beobachten: Welche Merkmale unterscheiden die Gruppen, und welche übergeordneten Gruppen teilen sie?

Erklären: Warum widersprechen sich die Bezeichnungen Insekt und Gliederfüßer nicht?

Modellgrenze: Die Übersicht enthält ausgewählte Gruppen. Sie ersetzt keinen Bestimmungsschlüssel für jedes einzelne Tier und Lebensstadium.

2 · Gesamtübersicht

Ausprobieren: Wähle in der „Gesamtübersicht“ nacheinander Pflanzen, Pilze und Tiere. Vergleiche Zellbau, Ernährung und die Hinweise in ihren Steckbriefen.

Beobachten: Welche Merkmale teilen die drei Gruppen als Eukaryoten, und welche unterscheiden ihre Ernährungsweisen?

Erklären: Warum reicht das Merkmal „steht fest an einem Ort“ für eine Gruppenzuordnung nicht aus?

Modellgrenze: Die großen Schulgruppen fassen Vielfalt zusammen; insbesondere Sammelbegriffe bilden keine vollständige Darstellung aller Abstammungslinien.

3 · Ausschnitt erkunden

Ausprobieren: Wähle „Wirbeltiere“ und untersuche die Steckbriefe der Gruppen. Nutze danach die „Gesamtübersicht“, um die Einordnung der Vögel nachzuverfolgen.

Beobachten: Welche Zugehörigkeit zeigen die Linien? Welche Merkmale begründen die Einordnung?

Erklären: Warum kann eine traditionelle Sammelgruppe von einer vollständigen Abstammungsgruppe abweichen?

Modellgrenze: Die Linien der Werkstatt zeigen vor allem Gruppenzugehörigkeit. Zwischenzweige sind teilweise ausgelassen; Astlängen sind keine Zeitskala.

Interaktive Werkstatt öffnen →

Fachliche Quellen und weiterführende Literatur

Biology 2e