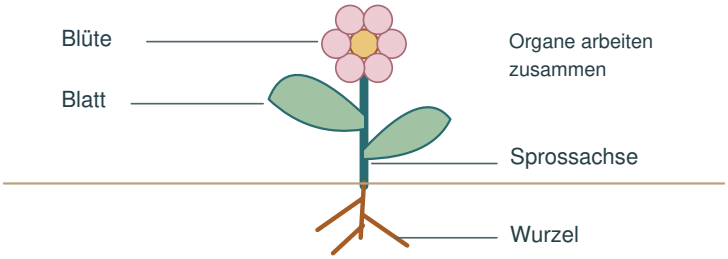
01 | WISSEN IM ZUSAMMENHANG

# Eine Pflanze als zusammenhängender Körper

Eine Bohnenpflanze wächst aus einem kleinen Samen. Bald besitzt sie Wurzeln, eine Sprossachse und Blätter. Diese Teile unterscheiden sich im Bau, arbeiten aber ständig zusammen.




Vereinfachter Bauplan einer Blütenpflanze. Die Organe sind direkt beschriftet. Leitgewebe verbindet Aufnahme, Herstellung, Verbrauch und Speicherung von Stoffen.

## 1 · Zellen bilden Gewebe und Organe

Pflanzen bestehen aus **Zellen**. Zellen mit gemeinsamen Aufgaben bilden Gewebe, zum Beispiel ein Abschlussgewebe an der Oberfläche. Mehrere Gewebe wirken in einem **Organ** zusammen. Wurzel, Sprossachse und Blatt sind solche Organe. In jungen Wachstumsbereichen teilen sich Zellen. Anschließend wachsen sie und spezialisieren sich. So entstehen unterschiedliche Formen aus einer gemeinsamen zellulären Grundlage. Ein Blatt benötigt etwa sowohl schützende als auch lichtaufnehmende und leitende Gewebe.

## 2 · Wurzeln nehmen auf und verankern

Die **Wurzel** verankert viele Landpflanzen im Boden. Feine Wurzelhaare vergrößern die Kontaktfläche zum Bodenwasser. Über die Wurzel gelangen Wasser und gelöste Mineralstoffe in die Pflanze. Diese Stoffe werden für den Aufbau und die Arbeit der Zellen benötigt. Manche Wurzeln speichern außerdem Reservestoffe. An der Wurzelspitze entstehen neue Zellen; eine schützende Wurzelhaube erleichtert das Vordringen durch den Boden. Wurzelbau und Bodenbedingungen wirken daher zusammen.

## 3 · Sprossachse und Blätter verbinden die Wege

Die **Sprossachse** trägt Blätter und Blüten. In ihrem Inneren verlaufen Leitgewebe, die Stoffe zwischen den Organen transportieren. Viele Blätter besitzen eine große, dünne Fläche. Licht erreicht dadurch viele Zellen mit **Chloroplasten**. In diesen Zellbestandteilen läuft die Photosynthese ab. Blattadern führen Leitgewebe durch das Blatt und helfen bei der Versorgung. Eine schützende Oberfläche begrenzt die Wasserabgabe. Form und innerer Bau passen so zu den Aufgaben des Organs.

**Das gehört zusammen:** Wurzel, Sprossachse und Blatt bilden ein Versorgungssystem. Ihre Leistungen entstehen aus der Zusammenarbeit spezialisierter Zellen und Gewebe.

Öffne „Bauplan“ und wechsle die Ansicht zwischen Pflanze, Wurzel und Blatt. Ordne jedem sichtbaren Organ eine Aufgabe im gesamten Körper zu.

01 | ZUSAMMENHÄNGE VERTIEFEN

# Oberfläche und Transport gehören zusammen

## Vom Boden bis zum Blatt

**1. Wurzelhaar**
Vergrößert die Kontaktfläche zum Bodenwasser.

→

**2. Wurzelgewebe**
Wasser gelangt durch Gewebe zu den Leitbahnen.

→

**3. Xylem der Sprossachse**
Verbindet Wurzel und oberirdische Pflanzenteile.

→

**4. Blatt**
Wasser versorgt Zellen; ein Teil wird als Wasserdampf abgegeben.

Der Weg verfolgt Wasser durch verschiedene Organe. Die eigentlichen Zellgrenzen und Transportmechanismen sind vereinfacht.

Eine große Oberfläche erleichtert den Kontakt mit der Umgebung. An der Wurzel vergrößern **Wurzelhaare** die Fläche, über die Wasser und gelöste Mineralstoffe aufgenommen werden können. Ein Wurzelhaar ist die Ausstülpung einer einzelnen Zelle, keine winzige zusätzliche Wurzel. Im Blatt liegen viele Zellen nahe an lichtreichen Oberflächen und luftgefüllten Zwischenräumen. Die dünne Form verkürzt Wege für Licht und Gase. Eine große Fläche hat aber auch Folgen: Über sie kann viel Wasser verloren gehen. Schutzschichten und regelbare Öffnungen gehören deshalb ebenso zum Blattbau wie die lichtaufnehmenden Zellen.

Die Organe arbeiten nicht unabhängig. Ein Blatt benötigt Wasser aus der Wurzel; eine wachsende Wurzel benötigt organische Stoffe, die an anderer Stelle bereitgestellt werden. Die **Leitgewebe** verbinden diese Orte. Wenn du von der ganzen Pflanze zur Blattansicht wechselst, änderst du im Modell die Betrachtungsebene: Du siehst genauer, welche Gewebe eine Aufgabe ermöglichen. Du entdeckst dadurch keine neue Pflanze, sondern einen Teil desselben zusammenhängenden Körpers. Vergleiche immer Bau und Wirkung: Eine große Oberfläche begünstigt Austausch, eine feste Wand gibt Halt, und durchgehende Leitbahnen ermöglichen Transport zwischen weit auseinanderliegenden Organen.

Pflanzen wachsen vor allem in bestimmten teilungsfähigen Bereichen, etwa an Wurzel- und Sprossspitzen. Neue Zellen vergrößern sich und übernehmen unterschiedliche Aufgaben. Der fertige Bauplan ist deshalb kein starres Gerüst: Er entsteht durch fortlaufende Teilung, Wachstum und Spezialisierung. Umweltbedingungen beeinflussen, wie sich dieser Körper weiterentwickelt.

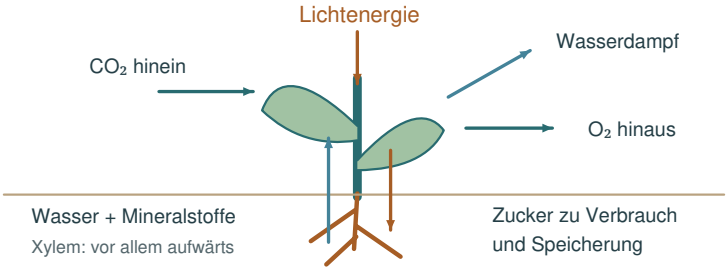
**Ein Blatt ist auf Wurzeln angewiesen**
An einem warmen Tag verdunstet Wasser aus Blättern. Können die Wurzeln nicht genügend Wasser nachliefern, verlieren Zellen Druck und die Pflanze kann welken. Blatt und Wurzel reagieren also auf dieselbe Versorgungssituation, obwohl beide Organe unterschiedliche Aufgaben erfüllen. Mehr Blattfläche ist nur bei passender Versorgung ein Vorteil.

**Genau unterscheiden**
Häufige Verwechslung: Wurzelhaare sind kleine Seitenwurzeln.
**So stimmt es:** Wurzelhaare gehören jeweils zu einer Oberflächenzelle. Seitenwurzeln bestehen aus vielen Zellen und Geweben und können ihrerseits Wurzelhaare tragen.

02 | WISSEN IM ZUSAMMENHANG

# Licht wird für den Aufbau von Stoffen genutzt

Pflanzen nehmen Wasser aus dem Boden und Kohlenstoffdioxid aus der Luft auf. Mit Lichtenergie können grüne Pflanzenteile daraus energiereiche organische Stoffe herstellen. Dieser Vorgang verbindet mehrere Organe.




Stoffwege einer grünen Pflanze: Wasser und Mineralstoffe gelangen aus dem Boden herauf, Gase werden am Blatt ausgetauscht und Zucker wird verteilt. Pfeile vereinfachen die Transportwege.

## 4 · Photosynthese baut Zucker auf

Bei der **Photosynthese** wird Lichtenergie genutzt, um aus Kohlenstoffdioxid und Wasser Zucker aufzubauen. Dabei entsteht Sauerstoff. Der grüne Farbstoff **Chlorophyll** hilft, Licht aufzunehmen. Die Zuckermoleküle liefern Ausgangsstoffe für weitere Stoffe, etwa Stärke zur Speicherung oder Cellulose für Zellwände. Der Kohlenstoff im Pflanzenkörper stammt dabei größtenteils aus dem Kohlenstoffdioxid der Luft. Wasser und Mineralstoffe aus dem Boden erfüllen weitere wichtige Aufgaben.

## 5 · Wasser, Gase und Zucker nehmen verschiedene Wege

Das Leitgewebe **Xylem** transportiert Wasser und Mineralstoffe vor allem von den Wurzeln zu den Blättern. Verdunstendes Wasser an den Blättern trägt zum Wasserstrom bei. Diese Abgabe heißt **Transpiration**. Durch **Spaltöffnungen** gelangt Kohlenstoffdioxid in das Blatt; zugleich kann Wasserdampf austreten. Schließzellen verändern die Öffnungsweite. Das zweite Leitgewebe, **Phloem**, verteilt Zucker von Orten seiner Bereitstellung zu Orten, die ihn verbrauchen oder speichern.

## 6 · Wachstum braucht eine passende Versorgung

Auch Pflanzen betreiben **Zellatmung**: Sie nutzen unter anderem Zucker und Sauerstoff, um Energie für Zellvorgänge bereitzustellen. Photosynthese und Zellatmung gehören damit zum selben Stoffwechsel. Die Leistungsfähigkeit hängt etwa von Licht, Temperatur, Wasser und Kohlenstoffdioxid ab. Ein knapp verfügbarer Faktor kann das Wachstum begrenzen. Wird bei Wassermangel die Öffnung der Spaltöffnungen kleiner, verändert sich zugleich die Versorgung mit Kohlenstoffdioxid. Einzelne Veränderungen haben deshalb mehrere Folgen.

**Das gehört zusammen:** Photosynthese, Zellatmung und Transport greifen ineinander. Licht liefert Energie; Wasser, Kohlenstoffdioxid und Mineralstoffe liefern verschiedene Bausteine und Voraussetzungen.

Wähle „Photosynthese & Transport“. Ändere jeweils eine Ausgangsbedingung und beschreibe ihre Wirkung, während die anderen Einstellungen gleich bleiben.

02 | ZUSAMMENHÄNGE VERTIEFEN

# Warum mehr Licht nicht immer mehr Wachstum bedeutet

## Offene und geschlossene Spalten

**Weit geöffnet**
$CO_2$ gelangt leichter hinein; mehr Wasserdampf kann entweichen.

**Stärker geschlossen**
Wasserverlust sinkt; die $CO_2$-Aufnahme wird eingeschränkt.

**Versorgung entscheidet**
Licht, Wasser und $CO_2$ müssen gemeinsam ausreichend verfügbar sein.

Die Gegenüberstellung erklärt einen Zielkonflikt. Echte Öffnungsweiten ändern sich stufenlos und hängen von mehreren Signalen ab.

Die Photosynthese benötigt gleichzeitig mehrere Voraussetzungen. Fehlt ausreichend Wasser oder Kohlenstoffdioxid, kann zusätzliches Licht den Aufbau von Zucker nur begrenzt steigern. Ein **begrenzender Faktor** ist die Bedingung, deren Knappheit den Ablauf gerade am stärksten einschränkt. Das ist ähnlich wie beim Bauen: Viele Dachziegel helfen wenig, wenn für weitere Häuser keine Wände vorhanden sind. Der Vergleich erklärt das Prinzip; in einer echten Pflanze wirken die Bedingungen allerdings auf viele chemische Reaktionen gleichzeitig. Auch sehr hohe Temperaturen und andere Belastungen können die Leistung verändern.

Die **Spaltöffnungen** verbinden zwei wichtige Bedürfnisse. Offene Spalten erleichtern die Aufnahme von $CO_2$, ermöglichen aber zugleich die Abgabe von Wasserdampf. Bei Wassermangel können kleinere Öffnungen Wasser sparen, während weniger $CO_2$ ins Blatt gelangt. Deshalb ist die Regelung ein Ausgleich zwischen Stoffaufnahme und Wasserverlust. Der Kohlenstoff des aufgebauten Zuckers stammt aus $CO_2$; der bei der Photosynthese abgegebene Sauerstoff stammt aus Wasser. Die Pflanze nutzt einen Teil der organischen Stoffe selbst bei der Zellatmung, transportiert andere zu wachsenden Organen oder speichert sie. Zuckeraufbau, Transport und Verbrauch gehören zu einem gemeinsamen Stoffwechsel.

Die beiden Energieprozesse laufen an verschiedenen Orten ab: Photosynthese findet in Chloroplasten statt, ein großer Teil der Zellatmung in Mitochondrien. Auch lebende Wurzelzellen benötigen Energie, obwohl sie meist keine Photosynthese betreiben. Sie erhalten organische Stoffe über den Transport aus anderen Pflanzenteilen.

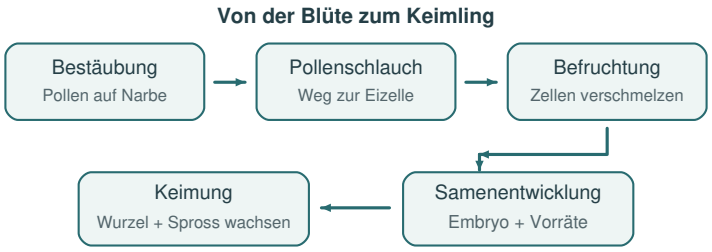
**Nur einen Faktor verändern**
Stelle Licht und $CO_2$-Angebot hoch, das Wasserangebot aber niedrig. Erhöhe zunächst nur das Licht und vergleiche die Modellaktivität. Erhöhe danach das Wasserangebot. So erkennst du, weshalb dieselbe Änderung je nach Ausgangslage unterschiedlich wirkt. Die angezeigten Prozentwerte beschreiben das Lernmodell, keine gemessene Pflanzenleistung.

**Genau unterscheiden**
Häufige Verwechslung: Pflanzen erhalten ihre gesamte Nahrung fertig aus dem Boden.
**So stimmt es:** Sie nehmen Wasser und Mineralstoffe auf, bauen organische Stoffe aber überwiegend selbst aus $CO_2$ auf. Licht liefert dafür Energie, keine fertigen Zuckerbausteine.

03 | WISSEN IM ZUSAMMENHANG

# Aus Blüten können Samen und Früchte entstehen

Eine Blüte gehört zur geschlechtlichen Fortpflanzung vieler Pflanzen. Zwischen dem Besuch eines Insekts und einem keimenden Samen liegen mehrere verschiedene Vorgänge. Jeder erfüllt eine eigene Aufgabe.




Vereinfachte Folge bei einer Blütenpflanze: Bestäubung, Pollenschlauch, Befruchtung, Samenentwicklung und Keimung. Die einzelnen Vorgänge benötigen unterschiedlich viel Zeit.

## 7 · Bestäubung bringt Pollen an den richtigen Ort

In den Staubbeuteln entstehen **Pollenkörner**. Gelangen sie auf eine passende Narbe, spricht man bei Blütenpflanzen von **Bestäubung**. Insekten oder Wind können den Transport übernehmen. Ein geeignetes Pollenkorn kann keimen und einen Pollenschlauch bilden. Dieser wächst durch den Griffel zur Samenanlage. Die männlichen Geschlechtszellen gelangen so in die Nähe der Eizelle. Blütenmerkmale wie Duft oder gut erreichbare Staubbeutel hängen mit dem jeweiligen Bestäubungsweg zusammen.

## 8 · Befruchtung leitet eine neue Entwicklung ein

Bei der **Befruchtung** verschmilzt eine männliche Geschlechtszelle mit der Eizelle. Die entstandene Zelle entwickelt sich zum **Embryo**, der jungen Pflanze im Samen. Die Samenanlage wird zum Samen; der Fruchtknoten entwickelt sich häufig zur Frucht. Ein Samen schützt den Embryo und enthält oder umschließt Reservestoffe. Für die Keimung braucht er passende Bedingungen, vor allem Wasser, Sauerstoff und geeignete Temperatur. Der Keimling nutzt zunächst seine Vorräte.

## 9 · Verschiedene Wege erhalten eine Pflanzenart

Samen können etwa durch Wind oder Tiere verbreitet werden. So erreichen sie neue Standorte. Viele Pflanzen vermehren sich außerdem **ungeschlechtlich**, beispielsweise Erdbeeren durch Ausläufer. Dabei entstehen junge Pflanzen aus Teilen einer vorhandenen Pflanze. Ihre Erbinformation stimmt zunächst weitgehend mit der Ausgangspflanze überein. Geschlechtliche Fortpflanzung kombiniert Erbinformation neu. Beide Wege verbinden die Fortpflanzung mit Wachstum, Versorgung und Umweltbedingungen. Ein vollständiger Überblick betrachtet deshalb den ganzen Lebenszyklus.

**Das gehört zusammen:** Bauplan und Stoffwechsel ermöglichen Wachstum und Fortpflanzung. Bestäubung überträgt Pollen; Befruchtung verbindet Geschlechtszellen und beginnt die Embryonalentwicklung.

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

03 | ZUSAMMENHÄNGE VERTIEFEN

# Bestäubung, Samenbildung und Verbreitung trennen

## Vier verschiedene Ereignisse

**1. Bestäubung**
Pollen erreicht bei einer Blütenpflanze eine passende Narbe.

→

**2. Befruchtung**
Eine männliche Geschlechtszelle verschmilzt mit der Eizelle.

→

**3. Samenbildung**
Embryo, Vorräte und schützende Hülle entwickeln sich.

→

**4. Keimung**
Bei passenden Bedingungen beginnt die junge Pflanze zu wachsen.

Zwischen den Schritten vergeht Zeit. Die Karten beschreiben verschiedene Vorgänge und keine automatisch erfolgreiche Kette.

Der Weg vom Pollenkorn zur jungen Pflanze enthält mehrere Übergänge. Bei der **Bestäubung** gelangt Pollen auf die passende Narbe. Danach muss ein Pollenschlauch wachsen. Erst die Verschmelzung von Geschlechtszellen heißt **Befruchtung**. Aus der befruchteten Eizelle entsteht durch Teilungen ein Embryo. Ein Samen kann anschließend eine Ruhezeit überstehen; bei passenden Bedingungen beginnt die Keimung. Damit liegen zwischen Pollenübertragung und neuer Pflanze mehrere Voraussetzungen. Eine Blüte mit Pollen bildet also nicht automatisch eine Frucht mit keimfähigen Samen. Bestäubung, Befruchtung und Keimung beantworten jeweils eine andere Frage.

Bei Blütenpflanzen schützt der Fruchtknoten die Samenanlagen. Viele Früchte unterstützen später Schutz oder Verbreitung der Samen. Eine Fichte gehört dagegen zu den **Nacktsamern**:

**Bohne und Fichte vergleichen**
In einer Bohnenhülse liegen Samen. Bei der Fichte liegen Samen an den Schuppen eines Zapfens. Beide Pflanzen können also Nachkommen aus Samen bilden. Der Unterschied liegt im Aufbau der Fortpflanzungsorgane: Nur die Bohne besitzt einen Fruchtknoten, aus dem hier die Hülse entsteht.

Ihre Samenanlagen liegen auf Samenschuppen, ohne umschließenden Fruchtknoten. Ein Zapfen trägt deshalb Samen, ist aber keine Frucht wie eine Bohnenhülse. Bei ungeschlechtlicher Vermehrung über Ausläufer wird kein solcher Befruchtungsweg benötigt. Die neue Pflanze entsteht aus einem Teil der vorhandenen. Das kann eine erfolgreiche Kombination von Eigenschaften erhalten. Geschlechtliche Fortpflanzung mischt dagegen Erbinformation neu und erzeugt unterschiedliche Nachkommen. Beide Wege können bei derselben Pflanzenart vorkommen.

Samen sind zugleich Verbreitungseinheiten. Ihre Ausstattung kann den Transport durch Wind, Wasser oder Tiere begünstigen. Eine erfolgreiche Verbreitung bedeutet jedoch noch keine erfolgreiche Ansiedlung. Erst wenn Licht, Wasser, Temperatur und weitere Bedingungen passen, kann aus dem Keimling eine versorgte, weiterwachsende Pflanze werden.

**Genau unterscheiden**
Häufige Verwechslung: Bestäubung und Befruchtung sind derselbe Vorgang.
**So stimmt es:** Bestäubung ist der Pollentransport. Befruchtung ist die spätere Verschmelzung von Geschlechtszellen. Dazwischen wächst bei Blütenpflanzen der Pollenschlauch.

# Wissen anwenden und weiterdenken

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

## 1 · Bauplan

**Ausprobieren:** Wechsle unter „Ansicht“ von „Ganze Pflanze“ zu „Wurzel · Längsschnitt“ und „Blatt · Querschnitt“. Wähle „Einzelne Wurzelhaare“, „Xylem“ und „Spaltöffnung“ in den passenden Ansichten aus.

**Beobachten:** Welche Strukturen vergrößern den Austausch, welche verbinden Organe und welche begrenzen Wasserverlust?

**Erklären:** Warum braucht eine Pflanze sowohl große Austauschflächen als auch schützende Oberflächen?

**Modellgrenze:** Die Ansichten besitzen unterschiedliche Vergrößerungen. Aus den Bildgrößen lassen sich keine echten Größenverhältnisse ablesen.

## 2 · Photosynthese & Transport

**Ausprobieren:** Verändere zuerst nur „Wasserangebot“. Vergleiche anschließend bei gleichen Reglern die Zustände von „Spaltöffnungen geöffnet“.

**Beobachten:** Wie ändern sich relative Modellaktivität, angezeigte Begrenzung und relativer Wasserverlust?

**Erklären:** Warum kann Wassersparen gleichzeitig die Versorgung mit $CO_2$ einschränken?

**Modellgrenze:** Der knappste Faktor ist hier eine qualitative Vereinfachung; Temperatur, Pflanzenart und Tagesrhythmus werden nicht vollständig berechnet.

## 3 · Bestäubung & Fortpflanzung

**Ausprobieren:** Tippe „Pollen übertragen“ und gehe mit „Nächster Schritt“ durch den Ablauf. Öffne danach „Pflanzen vergleichen“ und vergleiche Bohne und Fichte.

**Beobachten:** Wo unterscheiden sich Pollenübertragung, Befruchtung und Samenbildung? Welche Pflanze besitzt einen Fruchtknoten?

**Erklären:** Warum kann die Fichte Samen bilden, obwohl sie keine Frucht bildet?

**Modellgrenze:** Der Ablauf zeigt ausgewählte Schritte einer Blütenpflanze; die Fichte folgt in Einzelheiten einem anderen Fortpflanzungsweg.

## Interaktive Werkstatt öffnen →

### Fachliche Quellen und weiterführende Literatur

Biology 2e