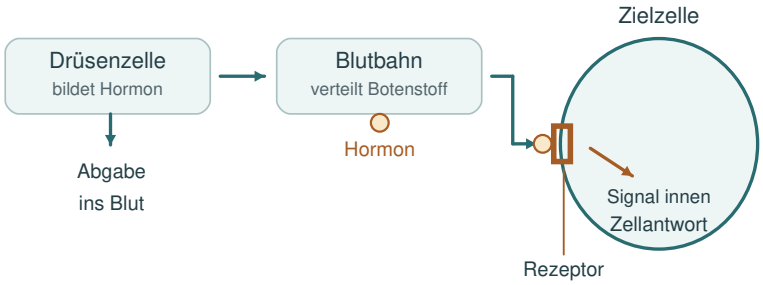
01 | WISSEN IM ZUSAMMENHANG

Nachrichten erreichen passende Zellen

Du isst ein Brot. Aus einem Teil seiner Kohlenhydrate wird Glucose. Während sie ins Blut gelangt, stimmen Hormone die Aufnahme und Speicherung mit dem Bedarf des Körpers ab.



Eine Drüsenzelle gibt einen Botenstoff ab. Bluttransport, passender Rezeptor und Zellantwort bilden einen Signalweg. Vereinfachtes Beispiel eines Membranrezeptors.

1 · Drüsen geben Signale ab

Ein **Hormon** ist ein chemischer Botenstoff des Körpers. Bestimmte Zellen bilden ihn und geben ihn in die Flüssigkeit zwischen den Zellen ab. Von dort gelangt er meist ins Blut. Eine **Hormondrüse** ist ein Organ mit solchen spezialisierten Zellen. Dazu gehören beispielsweise Schilddrüse und Nebennieren. Auch andere Organe bilden Hormone. Die Bauchspeicheldrüse hat sogar zwei Aufgabenbereiche: Sie liefert Verdauungssaft an den Darm und Hormone an das Blut.

2 · Die Zielzelle erkennt das Signal

Das Blut verteilt ein Hormon in viele Körperregionen. Eine **Zielzelle** besitzt einen passenden **Rezeptor**: ein Eiweiß, das den Botenstoff binden kann. Diese Bindung löst weitere Vorgänge aus. Bei Insulin sitzt der Rezeptor in der Zellmembran; die Nachricht wird ins Zellinnere weitergegeben. Andere Hormone, beispielsweise manche Sexualhormone, binden an Rezeptoren innerhalb der Zelle. Die Wirkung hängt vom Rezeptor und von der Ausstattung der jeweiligen Zelle ab.

3 · Zwei Nachrichtensysteme arbeiten zusammen

Nerven und Hormone verbinden Körperbereiche auf unterschiedliche Weise. Nervenbahnen leiten elektrische Signale zu bestimmten Kontaktstellen. Hormone erreichen Zielzellen über den Kreislauf. Viele hormonelle Veränderungen entwickeln sich über längere Zeit. Adrenalin kann dagegen schon innerhalb kurzer Zeit die Herzarbeit beeinflussen. Bei Aufregung verbindet das Gehirn beide Wege. Deshalb gehören Blutkreislauf, Nervensystem und Hormonsystem zu einem gemeinsamen Netz der Körpersteuerung. Die Beziehung lässt sich an zwei Zellen vergleichen: Ein Botenstoff erreicht beide, doch ihre Rezeptoren unterscheiden sich. Die passende Zelle kann reagieren. Das gleiche Prinzip hilft später beim Verstehen von Botenstoffen an einer Synapse zwischen Nervenzellen.

Das gehört zusammen: Bildungsort, Transport, Rezeptor und Zellantwort erklären zusammen die Wirkung eines Hormons.

Öffne „Hormon & Zielzelle“. Vergleiche Insulin und Adrenalin und ändere die Auswahl „Passender Rezeptor an der Zielzelle“.

01 | ZUSAMMENHÄNGE VERTIEFEN

Ein Signal erkennen ist etwas anderes als einen Stoff aufnehmen

Insulin vermittelt eine Nachricht

1. Betazelle
Gibt Insulin als Botenstoff ab.

→

2. Bluttransport
Verteilt den Botenstoff im Körper.

→

3. Membranrezeptor
Bindet Insulin und startet einen inneren Signalweg.

→

4. Zellantwort
In Muskel- und Fettzellen kann die Glucoseaufnahme zunehmen.

Der Botenstoff Insulin und der Nährstoff Glucose sind unterschiedliche Moleküle.

Ein **Rezeptor** lässt sich mit einer Empfangsstelle vergleichen. Er bindet ein passendes Hormon und verändert dadurch Vorgänge in der Zelle. Bei Insulin bleibt das Hormon zunächst außen an einem Membranrezeptor. Ein Signalweg vermittelt die Nachricht nach innen. Insulin ist somit nicht selbst die Glucose, die anschließend aufgenommen wird. Es hilft bei passenden Zielzellen, die Aufnahme- und Speicherprozesse zu verändern. Nachricht, Empfangsstelle und beförderter Nährstoff sind drei verschiedene Dinge. Diese Trennung verhindert, dass im Schaubild jedes wandernde Teilchen dieselbe Bedeutung erhält.

Warum reagieren nicht alle Zellen gleich, wenn das Blut das Hormon überallhin bringt? Zellen unterscheiden sich in ihren **Rezeptoren** und in den nachgeschalteten Vorgängen. Eine Zelle ohne passende Empfangsstelle kann die gezeigte Antwort nicht auslösen. Auch Zellen mit Rezeptor müssen nicht dieselbe Wirkung zeigen. Ein Botenstoff kann je nach Zelltyp unterschiedliche Aufgaben beeinflussen. Hormone werden außerdem wieder abgebaut oder aus dem Blut entfernt. Eine Antwort hängt deshalb davon ab, wie viel Signal ankommt, wie lange es verfügbar ist und wie die Zielzelle ausgestattet ist. Die Schlüssel-Schloss-Idee ist ein guter Einstieg, erklärt aber nur die passende Bindung und noch nicht den gesamten Signalweg.

Eine **endokrine** Drüse gibt Hormone an die Körperflüssigkeit und damit meist ans Blut ab. Eine **exokrine** Drüse gibt ihre Stoffe über einen Gang an eine Oberfläche oder in einen Hohlraum ab. Die Bauchspeicheldrüse vereint beide Aufgaben: Insulin erreicht das Blut, Verdauungsenzyme gelangen über einen Gang in den Darm.

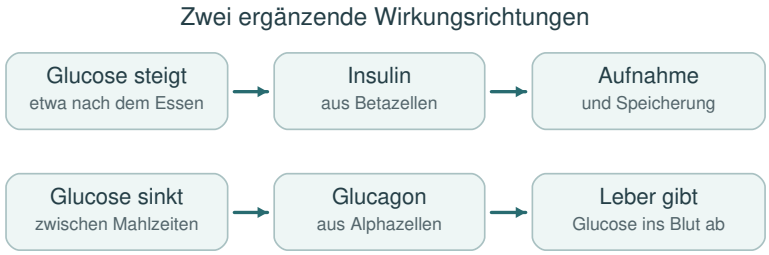
Zwei Zellen erhalten dieselbe Nachricht
Stelle dir zwei Zellen neben derselben Blutbahn vor. Beide werden vom Botenstoff erreicht. Nur eine besitzt den passenden Rezeptor für die dargestellte Antwort. Das erklärt, warum die Verteilung im Blut allein nicht über die Wirkung entscheidet. Entscheidend ist auch, was die Zelle mit der Nachricht anfangen kann.

Genau unterscheiden
Häufige Verwechslung: Das Hormon muss in jede Zielzelle hineinfließen.
So stimmt es: Insulin und Adrenalin können außen an Membranrezeptoren binden. Die Nachricht wird innen weitergegeben. Andere Hormone nutzen Rezeptoren innerhalb der Zelle.

02 | WISSEN IM ZUSAMMENHANG

Glucose bereitstellen und speichern

Nach dem Essen steigt die Glucosemenge im Blut häufig an. Zwischen Mahlzeiten braucht der Körper weiter Energie. Unterschiedliche Signale helfen, Versorgung und Speicherung auszubalancieren.



Zwei vereinfachte Wirkungsrichtungen: Insulin unterstützt Aufnahme und Speicherung, Glucagon die Glucosebereitstellung der Leber. Weitere Regelwege sind hier ausgelassen.

4 · Ein Stoff mit mehreren Wegen

Glucose ist ein Einfachzucker und ein wichtiger Ausgangsstoff der Zellatmung. Verdauung zerlegt unter anderem Stärke in kleinere Zuckerbausteine. Über die Darmwand erreicht Glucose das Blut. Zellen verwenden sie für ihren Stoffwechsel. Leber und Muskeln können Glucosebausteine als **Glykogen** speichern. Die Speicherung verbindet die Zeit nach einer Mahlzeit mit späteren Aufgaben. Der Blutzucker bezeichnet die Konzentration von Glucose im Blut.

5 · Insulin und Glucagon ergänzen sich

Bei steigender Glucosekonzentration geben Betazellen der Bauchspeicheldrüse mehr **Insulin** ab. Es fördert unter anderem die Glucoseaufnahme in Muskel- und Fettzellen und unterstützt Speicherung. Sinkt die Konzentration, können Alphazellen mehr **Glucagon** abgeben. Dieses Hormon veranlasst vor allem die Leber, Glucose bereitzustellen und ans Blut abzugeben. Beide Wirkungsrichtungen tragen dazu bei, die Versorgung wechselnden Bedingungen anzupassen. Dabei wirken weitere Hormone und Nervensignale mit.

6 · Eine Veränderung löst eine Antwort aus

Nach einer Mahlzeit kannst du die Folge erklären: Aufnahme von Glucose, veränderte Konzentration, Hormonfreisetzung und Antwort der Zielgewebe. Bei Bewegung verändern sich Verbrauch und Bereitstellung gleichzeitig. Ein Lernmodell trennt diese Vorgänge in überschaubare Schritte. Sein Blutzuckerindex hilft beim Vergleichen zweier Situationen. Medizinische Messwerte entstehen dagegen durch Messverfahren mit festgelegten Einheiten. Die Modellzahlen beschreiben also das Modell und seine gewählten Regeln. Beschreibe für jeden Modellschritt, welcher Ort gerade wichtig ist: Darm, Blut, Bauchspeicheldrüse oder Zielgewebe. So erkennst du, dass ein Messwert aus mehreren gleichzeitigen Vorgängen entsteht. Ein Anstieg und die anschließende Antwort gehören zu einem zusammenhängenden Ablauf.

Das gehört zusammen: Ein veränderter Bedarf beeinflusst Hormonsignale; Zielgewebe verändern daraufhin Aufnahme, Speicherung und Bereitstellung.

Wähle „Blutzucker“. Löse zuerst eine Mahlzeit aus, gehe schrittweise weiter und vergleiche anschließend mit „Bewegung auslösen“.

02 | ZUSAMMENHÄNGE VERTIEFEN

Ein Regelwert entsteht aus Zufluss, Verbrauch und Speicherung

Drei gleichzeitig wirksame Glucosewege

Aufnahme aus dem Darm
Nach einer Mahlzeit gelangt Glucose ins Blut.

Aufnahme in Gewebe
Zellen verwenden Glucose oder bauen Speicher auf.

Abgabe aus der Leber
Die Leber kann zwischen Mahlzeiten Glucose bereitstellen.

Der Blutzucker ergibt sich aus dem Zusammenspiel dieser und weiterer Vorgänge.

Der **Blutzucker** beschreibt eine Konzentration, keine gesamte Zuckermenge des Körpers. Er verändert sich, wenn mehr Glucose ins Blut gelangt oder Gewebe mehr daraus aufnehmen. Nach einer Mahlzeit steigt der Zufluss aus dem Darm. Beim Arbeiten von Muskeln verändert sich ihr Verbrauch. Gleichzeitig können Speicher auf- oder abgebaut werden. Ein einzelner Wert ist deshalb eine Momentaufnahme eines laufenden Austauschs. Um den Verlauf zu erklären, frage immer: Woher kommt Glucose gerade, wohin gelangt sie und welche Signale beeinflussen diese Wege?

Insulin unterstützt unter anderem Aufnahme und Speicherung. **Glucagon** fördert besonders die Bereitstellung von Glucose durch die Leber. Leber- und Muskelspeicher sind dabei nicht gleich: Muskeln nutzen ihren gespeicherten Vorrat vor allem selbst; die Leber kann Glucose an das Blut abgeben und damit andere Gewebe versorgen. Die Hormone lösen den Zucker auch nicht einfach im Blut auf. Sie verändern die Arbeit der Zielgewebe. Wird mehr Glucose gespeichert oder aufgenommen, fällt ihre Konzentration im Blut. Dadurch wird die ursprüngliche Anregung der Insulinabgabe kleiner. Ein solcher Rückweg verbindet Messgröße, Hormonsignal und Zellantwort. Während körperlicher Arbeit wirken zusätzlich Nervensignale, Muskelaktivität und weitere Hormone mit.

Zwischen Mahlzeiten stammt Blutglucose nicht nur aus fertigen Glykogenvorräten. Die Leber und unter bestimmten Bedingungen auch die Nieren können Glucose aus geeigneten Ausgangsstoffen neu bilden. Dieser Vorgang heißt **Glucoseneubildung**. Er erklärt, warum ein leer werdender Vorrat im einfachen Modell noch nicht alle Möglichkeiten des echten Stoffwechsels erfasst.

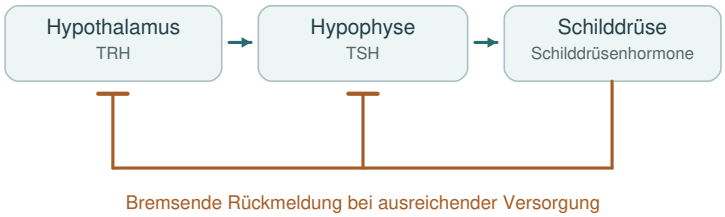
Zwei Verläufe fair vergleichen
Setze die Simulation zurück, löse eine Mahlzeit aus und gehe fünf Modellschritte weiter. Wiederhole genau diesen Ablauf mit ausgeschalteter Gegenspieler-Regulation. Der gemeinsame Start erleichtert den Vergleich. Unterschiede lassen sich dann der veränderten Modellbedingung zuordnen, statt einer anderen Anzahl von Mahlzeiten oder Schritten.

Genau unterscheiden
Häufige Verwechslung: Glucagon holt Glucose gleichermaßen aus allen Körperspeichern ins Blut.
So stimmt es: Vor allem die Leber stellt Glucose für das Blut bereit. Muskelglykogen dient hauptsächlich dem eigenen Muskel. Der gemeinsame Werkstattspeicher vereinfacht diese Unterschiede.

03 | WISSEN IM ZUSAMMENHANG

Rückmeldungen stimmen die Signale ab

Eine Heizung kann auf eine erreichte Temperatur reagieren. Auch der Körper verbindet Veränderungen mit Rückmeldungen. Seine Regelkreise arbeiten mit lebenden Zellen, mehreren Signalen und wechselnden Anforderungen.



Schilddrüsen-Regelkreis mit stimulierenden Signalen nach rechts und bremsender Rückmeldung zurück. Schematisches Wirkungsmodell mit ausgelassenen Zwischenschritten.

7 · Rückkopplung stabilisiert Abläufe

Bei einer **negativen Rückkopplung** schwächt die erreichte Wirkung den ursprünglichen Antrieb ab. Ein Beispiel ist die Schilddrüse. Der Hypothalamus im Gehirn gibt TRH ab. Dieses Signal fördert in der Hypophyse die Abgabe von TSH. TSH regt die Schilddrüse zur Bildung ihrer Hormone an. Steigen diese Hormone ausreichend an, bremsen sie die vorgeschalteten Stellen. So wird die weitere Freisetzung an die vorhandene Versorgung angepasst.

8 · Ein Hormon wirkt im Zusammenhang

Schilddrüsenhormone beeinflussen den Stoffwechsel vieler Gewebe und sind für Wachstum und Entwicklung wichtig. Für ihre Bildung benötigt die Schilddrüse Iod. Die Nebennieren bilden andere Botenstoffe: Das Mark gibt unter anderem Adrenalin ab, die Rinde unter anderem Cortisol. Diese Stoffe unterstützen verschiedene Anteile einer Belastungsreaktion. Körperliche Aktivität und Aufregung können solche Systeme ansprechen. Bildungsort, Zeitverlauf und Zielgewebe helfen, ihre Rollen auseinanderzuhalten.

9 · Entwicklung verbindet viele Ebenen

In der Pubertät verändert sich das Zusammenspiel von Hypothalamus, Hypophyse und Keimdrüsen. Signale beeinflussen die Bildung von Sexualhormonen und die Reifung von Fortpflanzungszellen. Veränderungen von Körperbau und Wachstum entstehen über längere Zeit und verlaufen individuell. Ein einzelnes Hormon erklärt dabei nur einen Teil. Gute Erklärungen verbinden immer Organ, Botenstoff, Rezeptor, Wirkung und Rückmeldung. Genau diese Beziehungen kannst du auch an anderen Hormonsystemen suchen. Du kannst einen Regelkreis deshalb als Wirkungskette mit Rückweg zeichnen. Beschrifte jede Verbindung mit einer Wirkung, etwa „regt an“ oder „bremst“. Dadurch wird deutlich, welche Veränderung an der nächsten Stelle zu erwarten ist und wie die Rückmeldung entsteht.

Das gehört zusammen: Hormonwirkung entsteht im Zusammenspiel von Signalen, Zielzellen und Rückkopplung. Damit verbindet sich Zellbiologie mit Organfunktionen.

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

03 | ZUSAMMENHÄNGE VERTIEFEN

Eine Rückmeldung kann einen Antrieb bremsen

Rückmeldung in der Schilddrüsenachse

1. Hypothalamus
TRH unterstützt die Anregung der Hypophyse.

→

2. Hypophyse
TSH regt die Schilddrüse an.

→

3. Schilddrüse
Bildet T3/T4, die an vielen Geweben wirken.

→

4. Rückmeldung
T3/T4 bremsen die weitere Anregung durch die Steuerstellen.

Zurück zum Ausgangspunkt: Der Ablauf beginnt erneut.

Der Rückweg wirkt bremsend. Die Kästen zeigen Beziehungen, keine sofort nacheinander ablaufenden Schalter.

Ein Thermostat schaltet eine Heizung bei erreichter Temperatur zurück. So hilft ein Alltagsvergleich beim Wort **negative Rückkopplung**: Die Antwort wirkt einer weiteren Veränderung entgegen. „Negativ“ bedeutet hier weder schädlich noch schlecht. Bei der Schilddrüsenachse regen Signale aus Hypothalamus und Hypophyse die Hormonbildung an. Die entstandenen Schilddrüsenhormone wirken auf diese Steuerstellen zurück und bremsen die weitere Anregung. Die Rückmeldung beendet nicht sämtliche Körpervorgänge. Sie verändert die Stärke eines fortlaufend geregelten Systems.

Zeit spielt dabei eine wichtige Rolle. Die Wirkung eines Hormons und seine Entfernung aus dem Blut brauchen Zeit. Ein Regelkreis kann deshalb nicht wie ein Lichtschalter in jedem Augenblick genau denselben Wert herstellen. Außerdem verändern Wachstum, Tagesrhythmus und Belastung die Anforderungen. Bei einer Stressreaktion arbeiten Nerven und Hormone zusammen: Das Nebennierenmark kann rasch Adrenalin abgeben; Cortisol aus der Nebennierenrinde gehört zu einer anderen, oft langsameren Antwort. In der Pubertät wirken Signale über längere Zeit auf Entwicklung und Reifung. Gute Erklärungen benennen daher immer Bildungsort, Ziel, Wirkung und Rückmeldung. Das vermeidet die Vorstellung, ein einzelnes Hormon bestimme eine ganze Person oder ihr Verhalten.

Hormone regulieren weitere Grundbedingungen, etwa den Wasserhaushalt. Das Hormon **ADH** kann bewirken, dass die Nieren mehr Wasser zurückhalten. Dazu werden Informationen über den Zustand des Körpers verarbeitet. Hormonsysteme betreffen somit viel mehr als Pubertät: Sie verbinden Flüssigkeitshaushalt, Stoffwechsel, Entwicklung und Anpassung an unterschiedliche Situationen.

Einen Pfeil richtig beschriften
Ein Pfeil von der Hypophyse zur Schilddrüse kann „regt an“ heißen. Ein Rückpfeil von den Schilddrüsenhormonen zu den Steuerstellen heißt „bremst“. Ohne diese Wörter könnten beide Pfeile gleich aussehen. Erst die Beschriftung zeigt, welche Veränderung an der nächsten Stelle zu erwarten ist.

Genau unterscheiden
Häufige Verwechslung: Negative Rückkopplung bedeutet, dass ein Hormon schädlich wirkt.
So stimmt es: Der Begriff beschreibt eine entgegenwirkende Rückmeldung. Sie kann dazu beitragen, Körpervorgänge an den Bedarf anzupassen.

Wissen anwenden und weiterdenken

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

1 · Hormon & Zielzelle

Ausprobieren: Wähle „Insulin“ und spiele den Weg mit passendem Rezeptor ab. Schalte danach „Passender Rezeptor an der Zielzelle“ aus.

Beobachten: An welcher Stelle endet die dargestellte Antwort ohne passenden Rezeptor?

Erklären: Warum kann ein Hormon im Blut vorhanden sein, ohne dass jede erreichte Zelle gleich reagiert?

Modellgrenze: Die Formen kennzeichnen Modellteile. Das Beispiel zeigt Membranrezeptoren; andere Hormone benötigen andere Detailmodelle.

2 · Blutzucker

Ausprobieren: Nutze „Zurücksetzen“, „Mahlzeit auslösen“ und mehrmals „Einen Schritt weiter“. Wiederhole ohne „Gegenspieler-Regulation aktiv“.

Beobachten: Wie unterscheiden sich Kurve, Insulinsignal und Speicher bei gleichem Beginn?

Erklären: Warum nimmt ein regulierendes Signal wieder ab, wenn die Abweichung kleiner wird?

Modellgrenze: Der Index hat keine medizinische Einheit. Ein Modellschritt ist keine feste reale Zeit; weitere Stoffwechselwege fehlen.

3 · Stress & Pubertät

Ausprobieren: Vergleiche bei „Stressreaktion“ die Karten „Ruhe“, „Alarm“ und „Erholung“.

Beobachten: Welche Organe und Signale ändern ihre Rolle zwischen Herausforderung und Erholung?

Erklären: Warum muss eine anregende Antwort nach der Herausforderung wieder kleiner werden können?

Modellgrenze: Die Karten ordnen Zusammenhänge. Im Körper laufen viele Signale parallel und mit unterschiedlichen Verzögerungen.

Interaktive Werkstatt öffnen →

Fachliche Quellen und weiterführende Literatur

Anatomy and Physiology 2e

Taschenatlas Physiologie