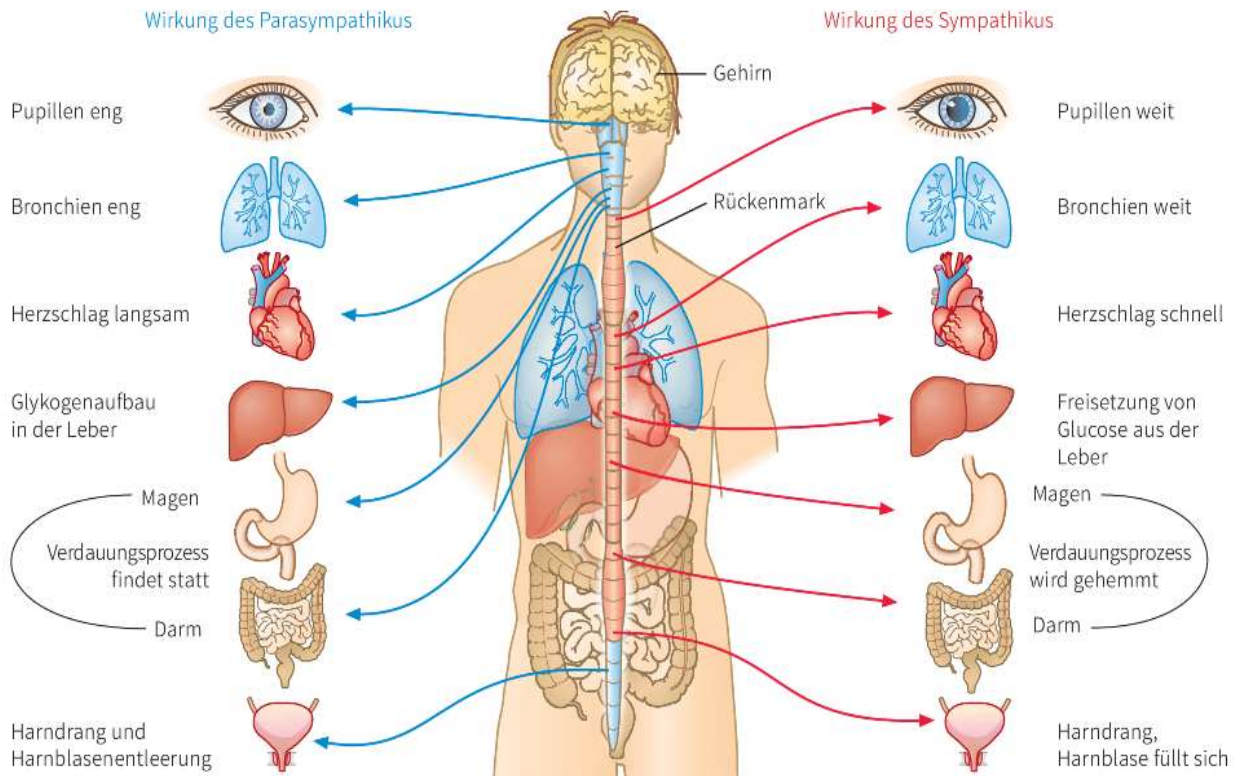


## Überblick: Vegetatives Nervensystem und hormonelles System



1 Sympathikus und Parasympathikus regulieren mit ihren Nervenfasern dieselben Organe – mit gegensinniger Wirkung.

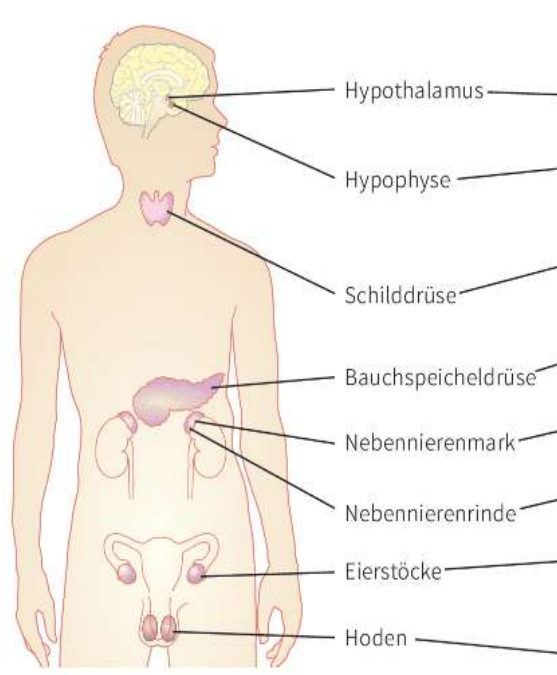
Die Regulation der Körpertemperatur ist bei Gleichwarmen ein komplexer Vorgang, der sowohl hormonell als auch neuronal gesteuert wird. Während einerseits das **somatische Nervensystem** Wahrnehmungen und vom Willen beeinflusste Bewegungen ermöglicht, regelt andererseits das **vegetative Nervensystem** Funktionen von Organen, die nicht willentlich beeinflussbar sind. Es hält, zusammen mit dem hormonellen System nicht nur die Körpertemperatur, sondern auch weitere innere Bedingungen wie etwa den Blutzuckerspiegel und den Wasserhaushalt im Gleichgewicht. Das vegetative Nervensystem wird, wie auch das Hormonsystem, durch den Hypothalamus, ein übergeordnetes Steuerzentrum im Zwischenhirn, gesteuert.

In Ruhephasen werden die Organfunktionen durch den parasympathischen Teil des vegetativen Nervensystems, den **Parasympathikus** reguliert. Seine Aktivität senkt die allgemeine Erregbarkeit und entlastet Herz und Kreislauf. Stoffwechselaktivitäten, die körpereigene Reserven aufbauen, wie etwa Verdauung und Darmaktivität werden dagegen durch den Parasympathikus gefördert. Dadurch kann der Körper in stressfreien Phasen, beispielsweise im Schlaf, regenerieren. Auch Phasen mit körperlicher Anstrengung und akti-

vem Verhalten erfordern eine abgestimmte Reaktion der Organe. In solchen Stressphasen dominiert der **Sympathikus**. Seine Aktivität erhöht die allgemeine Erregbarkeit. Er steigert unter anderem die Herzleistung, die Atmung und den Blutzuckerspiegel. Damit erhöht sich die Bereitschaft zu intensiven Bewegungen.

Aktivitäten des Parasympathikus und des Sympathikus erfolgen äußerst präzise abgestimmt. Häufig ergänzen sie sich und innervieren Organe gemeinsam. Ihre Wirkung ist dann meist entgegengesetzt und damit **antagonistisch** (Abb. 1). Die Regulation der Körpertemperatur auf neuronalem Weg erfolgt über den Sympathikus. Temperaturrezeptoren der Haut und im Körperinneren senden über Neurone Informationen über die Körpertemperatur an den Hypothalamus. Im Hypothalamus wird der Istwert, also der aktuelle Wert der Körpertemperatur, mit dem vorgegebenen Sollwert verglichen. Der Hypothalamus reagiert beispielsweise bei einer Temperaturerhöhung über sympathische Nervenbahnen mit einer Erhöhung der Schweißproduktion und einer Erweiterung der äußeren Blutgefäße. Schwitzen und erhöhte Wärmeabgabe über die Blutgefäße führen zur Abkühlung des Körpers.





Hormon	Wirkung
Freisetzungshormone (Releasing-Hormone)	beeinflussen die Freisetzung von Hormonen der Hypophyse
Steuerungshormone, Somatotropin, FSH, LH	beeinflussen weitere Hormondrüsen, Wachstum, Follikelreifung, Muttermilchbildung, Spermazellenbildung
Thyroxin	Steigerung des Grundumsatzes, Glucoseaufnahme aus dem Darm in das Blut, Wachstum
Insulin, Glucagon	Senkung und Erhöhung des Blutzuckerspiegels
Adrenalin, Noradrenalin	Erhöhung des Blutzuckerspiegels, Steigerung des Grundumsatzes
Cortisol	Hemmung und Heilung von Entzündungen
Östrogene, Progesteron	Ausbildung weibl. Geschlechtsorgane, Regelung des Menstruationszyklus, Erhaltung der Schwangerschaft
Testosteron	Ausbildung männlicher Geschlechtsmerkmale

2 Funktionen wichtiger Hormondrüsen

Zusammen mit dem Nervensystem steuert und regelt das **hormonelle System** Stoffwechsel, Wachstum, Fortpflanzung und weitere wichtige Körperfunktionen. **Hormone** sind chemische Botenstoffe, die durch spezielle Gewebe und Drüsen gebildet werden. Mit dem Blut im Körper verteilt, lagern sie sich nach dem Schlüssel-Schloss-Prinzip an passende Rezeptoren der Zielzellen an. Diese Bindung wird als **Hormon-Rezeptor-Komplex** bezeichnet und löst eine spezifische Zellantwort aus. Häufig besteht der erste Schritt dieser Antwort darin, dass an der Innenseite der Zellmembran das Enzym Adenylatzyklase aus ATP den intrazellulären Botenstoff cAMP (cyclisches Adenosinmonophosphat) bildet. Er wird auch **second messenger** genannt. Es findet eine Signaltransduktion statt.

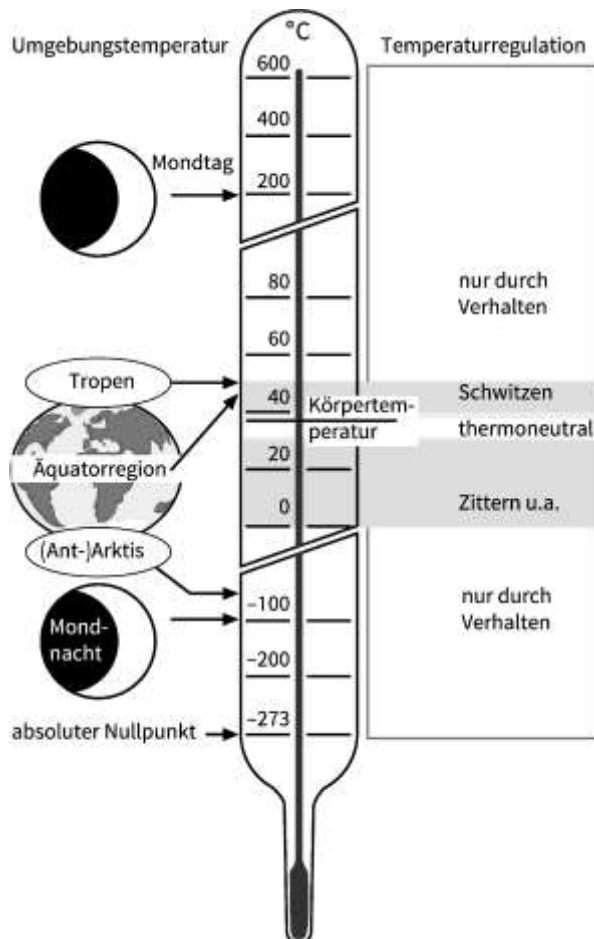
Im Vergleich zur neuronalen Informationsübertragung, bei der Impulse über Nervenbahnen im Sekundenbereich weitergeleitet werden, wirken Hormone, bedingt durch den Transport über das Blut, zeitlich verzögert, aber länger anhaltend. Die Dauer der Hormonwirkung ist abhängig von der Anzahl der freigesetzten Hormonmoleküle, der Dauer der Freisetzung und der Geschwindigkeit des enzymatischen Hormonabbaus. Der **Hypothalamus** bildet nicht nur eine Brücke zum vegetativen Nervensystem, sondern verbindet das Gehirn auch mit dem Hormonsystem. Der Hypothalamus setzt zur Regulation innerer Bedingungen geringe

Mengen hemmender oder fördernder Hormone frei, die direkt zur angrenzenden Hypophyse gelangen. Die Hypophyse reagiert auf diese Freisetzungshormone mit der Abgabe eigener regulierender Hormone in das Blut. Dadurch werden verschiedene andere Hormondrüsen angeregt, ihrerseits Hormone zur Steuerung von Körperfunktionen freizusetzen (Abb. 2).

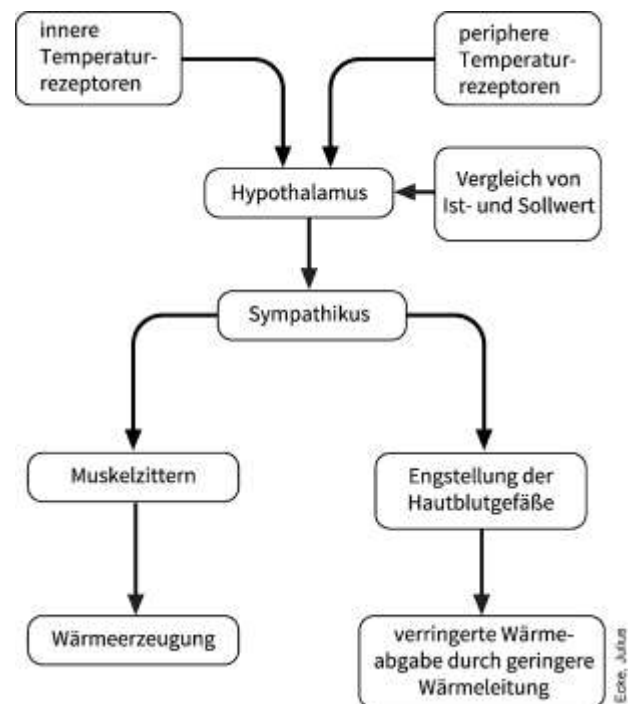
Der Hypothalamus reagiert beispielsweise auf einen Abfall der Körpertemperatur mit der Freisetzung geringer Mengen des Freisetzungshormons TRH (Thyreotropin Releasing Hormon), das (–) sich an Rezeptoren der angrenzenden Hypophyse anlagert. Der Hormon-Rezeptor-Komplex an der Zelloberfläche der Hypophyse löst als Zellantwort die Freisetzung des Steuerungshormons Thyreotropin, kurz TSH, aus. TSH gelangt über das Blut auch zu Zellen der Schilddrüse und lagert sich dort an spezifische TSH-Rezeptoren an. Dadurch wird eine erhöhte Freisetzung des Schilddrüsenhormons Thyroxin ausgelöst. Fast alle Körperzellen besitzen Rezeptoren für Thyroxin. Bindet das Thyroxin dort an, erhöht sich der Energieumsatz der Zellen und mehr Energie wird in Form von Wärme an die Zellumgebung abgegeben. Die Körpertemperatur erhöht sich. Ein Anstieg der Thyroxinkonzentration im Blut hemmt als **negative Rückkopplung** die Synthese und Freisetzung von TRH und TSH durch Hypothalamus und Hypophyse.

## Temperaturregulation beim Menschen

Bei gleichwarmen Lebewesen besteht die Notwendigkeit, die Körperkerntemperatur auf einem konstanten Niveau zu halten. Dieser Wert beträgt beim Menschen etwa 37 °C. Registriert der Hypothalamus einen Anstieg der Körperkerntemperatur, löst er je nach Abweichung verschiedene Maßnahmen zur Gegenregulation aus. Über sympathische Nervenbahnen kann der Hypothalamus sowohl die Schweißabgabe als auch eine Änderung der Blutgefäßweite bewirken. Durch eine Erhöhung der Schweißabgabe nimmt die Wärmeabgabe durch Verdunstung zu. Die Änderung der Blutgefäßweite beeinflusst die Wärmeabgabe über die Blutgefäße der Haut.



**A** Temperaturregulation des Menschen bei variierender Umgebungstemperatur



**B** Sympathisch gesteuerte Thermoregulation bei drohender Unterkühlung

## Aufgaben

1. Innerhalb der sogenannten thermoneutralen Zone von 27–32 °C hält der menschliche Körper nur durch die Anpassung der Hautdurchblutung die Körpertemperatur aufrecht. **Erläutern** Sie mithilfe der Abbildung A die Temperaturregulation für die Bereiche außerhalb der thermoneutralen Zone.
2. **Beschreiben** Sie die im Fließdiagramm (Abb. B) dargestellten Vorgänge und **erläutern** Sie, dass es sich bei den Vorgängen zur Aufrechterhaltung der Temperatur bei Menschen um Regelungsvorgänge und nicht um Steuerungsvorgänge handelt.
3. **Stellen** Sie entsprechend der Abbildung B die hormonell gesteuerte Thermoregulation bei niedriger Umgebungstemperatur in einem Fließdiagramm **dar**.