

Die Regulation des Blutzuckergehaltes - Konzeptbildung

Biologie SI

Ulrike Felbick, Katrin Pestkowski

Didaktische Hinweise

Lernziel

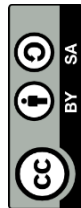
Umgang mit Fachwissen, Erkenntnisgewinnung

Die Schülerinnen und Schüler können am Beispiel des Blutzuckergehalts die Bedeutung der Regulation durch negatives Feedback und durch antagonistisch wirkende Hormone erläutern (UF1, UF4, E6).

Einordnung in die Basismodelle des Lernens:

Basismodell Konzeptbildung

	Handlungskettenschritte im Basismodell Konzeptbildung	Arbeitsschritte der Lernaufgabe
0	Im Lernkontext ankommen	Problematisierung: Blutzuckermenge reicht nur für zwei Minuten Fahrrad fahren...
1	Wissen bewusst machen	Aufgabe 1 Vorwissen zu einer einfachen negativen Rückkopplung aus der Ökologie (Räuber-Beute-Beziehungen)
2	Prototypisches Muster (Beispiel) durcharbeiten	Aufgabe 2 Text zur Blutzuckerregulation als Beispiel („Prototyp“) einer negativen Rückkopplung
3	Wesentliche Prinzipien und Merkmale darstellen	Aufgabe 3 Einfache Reproduktion durch Einordnen von Textelementen und Pfeilen in ein Schema sowie Beschriftung desselben
4	Mit neuem Konzept aktiv umgehen	Aufgabe 4 Regulation einer anderen körperlichen Größe erklären
5	Neues Konzept in anderen Kontexten anwenden	(Aufgaben zur Weiterarbeit: Erklärung des Prinzips des negativen Feedbacks an einem technischen Beispiel (z.B. Thermostat)



Lernvoraussetzungen

Die Schülerinnen und Schüler können bereits

- die Bedeutung der Glucose für den Energiehaushalt der Zelle erläutern (UF1, UF4),
- die fachtypische Darstellungsweise mit Plus- und Minuszeichen für gleichsinnige und gegensinnige Kausalbeziehungen (je... , desto...) verwenden (K1) (z.B. Regelkreise aus der Ökologie)

Anregungen zur Abwandlung der Lernaufgabe

Nutzt man diese Lernaufgabe als Anregung für einen eher personal gesteuerten Unterricht nach den Basismodellen des Lehrens und Lernens nach Oser, bietet sich als alternative Einstiegsmöglichkeit an, Messwerte des Verlaufs der Blutzuckerkonzentration bei gesunden Personen vor und nach Einnahme einer Mahlzeit oder vor und nach körperlicher Anstrengung zu betrachten. Die Messwerte können z.B. auch selbst von der Lehrkraft mithilfe eines Blutzuckermessgeräts gewonnen und in einem Diagramm veranschaulicht werden. Der Ausgleich der Peaks über die Zeit wird daran deutlich.

Danach kann die normalerweise vorliegende Blutzuckerkonzentration praktisch veranschaulicht werden: 1 Teelöffel Traubenzucker (5 mg) auf einen 5-Liter-Wasserkarbid.

Aufgabe 1 und 2 der Lernaufgabe können auch als vorbereitende Hausaufgabe zur Stunde eingegeben werden.

Bei der Erarbeitung des Regelkreises in Partnerarbeit (Aufgabe 3) können die Kärtchen auch bereits zuvor von der Lehrkraft ausgeschnitten und ggf. laminiert worden sein, um Zeit zu sparen. Zur Sicherung des Regelkreises können die Kärtchen auch in groß laminiert werden, um gemeinsam ein Tafelbild zu erstellen.

Ausblick auf die folgenden Unterrichtsstunden

Im weiteren Verlauf der Unterrichtsreihe wird die molekulare Wirkweise der Hormone Insulin und Glukagon behandelt (Schlüssel-Schloss-Modell) sowie die Krankheit Diabetes (siehe weitere Lernaufgabe).

Die Regulation des Blutzuckergehalts – Wie schafft es der Körper, einen gewünschten physiologischen Zustand trotz Störeinflüssen konstant zu halten?

Dein Körper enthält ungefähr 5-6 Liter Blut (ungefähr vergleichbar mit einem Kanister für destilliertes Wasser an Tankstellen). Darin gelöst befinden sich stets etwa 6 Gramm Zucker, das heißt circa ein Teelöffel voll. Diese Zuckermenge gibt dir gerade so viel Energie, dass du zwei Minuten lang Fahrrad fahren kannst.

Wie schafft es dein Körper, auch ohne weiteren Energienachschub durch Nahrung längere körperliche Anstrengungen zu überstehen?

Mit dieser Aufgabe lernst du ...

- am Beispiel der Blutzuckerregulation, wie der Körper selbst kontrollierend eingreifen kann, um einen gewünschten Wert weitgehend konstant zu halten.
- wie zwei Hormone dabei als sogenannte „Gegenspieler“ (Fachbegriff: Antagonisten) wirken.
- warum man solche Kontrollmechanismen als „Regulation durch negatives Feedback“ bezeichnet.
- wo in der Biologie und in anderen Kontexten noch genau dieselben Regulationsprinzipien wirksam werden.

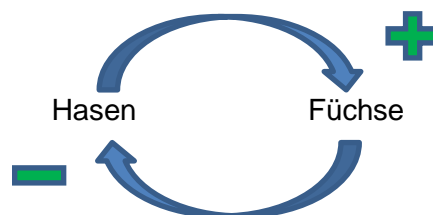
Lernprodukt:

Erkläre das Prinzip der Regulation durch negatives Feedback in einem Schaubild mit erläuterndem Text.

Arbeitsschritte

Aufgabe 1 (EA)

Natürliche Schwankungen werden in etlichen biologischen Zusammenhängen durch Regulationsmechanismen ausgeglichen. Diese lassen sich in sogenannten Regelkreisen visualisieren. Du kennst sie bereits aus der Ökologie. Hier werden Räuber-Beute-Beziehungen auf diese Weise veranschaulicht. Sieh dir den folgenden Regelkreis an. Erinnerung dich daran, wofür die + - und – Zeichen im Regelkreis stehen und schreibe die „je..., desto...“ Beziehungen auf, indem du den Kreis „zweimal durchläufst“.



Aufgabe 2 (EA)

Lies dir den Informationstext 1 zur Blutzuckerregulation durch. Die Regulation der Blutzuckerkonzentration ist ein gutes Beispiel für die sogenannte „Regulation durch negatives Feedback“ im menschlichen Körper.

Aufgabe 3 (PA)

Stelle die Informationen aus dem Informationstext 1 in einem Schaubild (Pfeildiagramm) dar.

Bei Schwierigkeiten stehen dir → Tippkarten zur Verfügung.

1. Schneide die Kärtchen auf dem Arbeitsblatt (→ Material zu Aufgabe 3) aus und ordne sie im Schaubild an der passenden Stelle ein. Achte auf die vorgegebenen Pfeile im Schaubild.
2. Beschrifte die Pfeile mit gleichsinnigen oder gegensinnigen Beziehungen („je..., desto...“).
3. Setze an die Pfeile im Diagramm die Plus- und Minuszeichen, die in biologischen Regelkreisen die ausformulierten Sätze ersetzen können (siehe Aufgabe 1).
4. Viele Menschen denken beim Stichwort „Blutzuckerregulation“ sofort an das Hormon Insulin. Von Glukagon wissen aber die wenigsten. Wie siehst du das? Verwende bei deiner Antwort den Begriff „antagonistisch“.

Aufgabe 4 (EA)

Du hast nun bereits die Regulation der Blutzuckerkonzentration durch die Hormone Insulin und Glukagon kennengelernt. Es gibt noch viele weitere Größen, die im Körper zu regeln und damit innerhalb gewisser Schwankungen konstant zu halten sind. Eine davon ist die Körpertemperatur, die bei gesunden Menschen um die 37°C beträgt.

Lies den Text zur Regulation der Körpertemperatur und erkläre das Prinzip der Regulation durch negatives Feedback in einem dazu passenden Schaubild mit erläuterndem Text. Gehe auch darauf ein, ob das Adjektiv „negativ“ in diesem Zusammenhang gleichbedeutend ist mit „schlecht“.

Tipp: Orientiere dich an dem Schaubild zur Blutzuckerregulation. Nutze wieder die Plus- und Minus-Zeichen, um gleichsinnige bzw. gegensinnige Beziehungen deutlich zu machen.

Aufgaben zur Weiterarbeit (PA)

- a) Das Prinzip des negativen Feedbacks wird auch in Kontexten außerhalb der Biologie vielfältig genutzt, um Abweichungen von einem gewünschten Soll-Wert möglichst gering zu halten. Ein technisches Beispiel wäre die Regelung der Raumtemperatur durch ein Thermostat-Ventil. *Recherchiere diese Regelung (oder eine andere technische Regelung) und erkläre an diesem Beispiel das Prinzip des negativen Feedbacks.*
- b) Um noch einmal zur Blutzuckerregulation zurückzukehren: Bei der Krankheit Diabetes kann die Blutzuckerkonzentration nicht mehr wie in einem gesunden Körper reguliert werden. *Überlege, welche „Schaltstellen“ dafür verantwortlich sein könnten, dass der Regulationsmechanismus bei Zuckerkranken nicht funktioniert.*

Material zu Aufgabe 2

Informationstext 1: Regulation durch negatives Feedback am Beispiel der Blutzuckerregulation

Im Beispiel von Aufgabe 1 reagierst du mit Verhaltensänderungen, wenn äußere Einflüsse (heiße Sonne, kaltes Wasser) dein Wohlbefinden stören. Auch ohne, dass du es merkst, kann dein Körper auf ihn störende Einflüsse reagieren. Von vielen Größen erfasst er den aktuellen Ist-Wert und gleicht ihn mit einem vorgegebenen Soll-Wert ab. Damit du lange Radfahren kannst, muss zum Beispiel immer eine gewisse Menge Zucker im Blut vorhanden sein, auch wenn die Muskelzellen diese Menge durch ihren Verbrauch ständig erniedrigen. Der Körper muss dann aus internen Zuckerspeichern Zucker in das Blut abgeben. Wenn dagegen wegen einer zuckerhaltigen Nahrung gerade viel Zucker vorhanden ist, muss der Körper diese Zuckervorräte auffüllen. Dann ist „Speichern“ angesagt... Für die Regulation der Blutzuckerkonzentration gibt es daher Messfühler im Blut. Sie melden dem Gehirn den aktuellen Wert: wie hoch ist die Blutzuckerkonzentration jetzt gerade? Das Gehirn vergleicht diesen Ist-Wert mit dem gewünschten Wert und leitet ggf. korrigierende Maßnahmen ein. Bei zu wenig Zucker im Blut veranlasst das Gehirn die Produktion des Hormons Glukagon in den Alpha-Zellen der Bauchspeicheldrüse. Dieses Hormon wird in das Blut abgegeben, gelangt zur Leber und veranlasst dort, dass die Zuckerspeicher der Leber Zucker ins Blut freisetzen, so dass er zum Beispiel zu den Muskelzellen gelangen kann, die ihn dringend brauchen. Bei einer erhöhten Blutzuckerkonzentration dagegen, zum Beispiel weil du gerade ein Eis gegessen hast, veranlasst das Gehirn die Beta-Zellen der Bauchspeicheldrüse, das Hormon Insulin auszuschütten. Insulin hat die genau gegenteilige Wirkung wie das Glukagon. Deshalb nennt man die beiden Hormone auch „Antagonisten“, das heißt auf Deutsch „Gegenspieler“. Insulin veranlasst die Zellen der Leber und der Muskeln, Zucker aus dem Blut aufzunehmen. Dadurch wird die Blutzuckerkonzentration wieder gesenkt und erreicht den gewünschten Soll-Wert. Die Muskelzellen können den Zucker für ihre Arbeit brauchen, die Leberzellen (und bei zu viel Zucker auch die Fettzellen) speichern ihn für Notzeiten.








Beide Hormone, Insulin und Glukagon, bewirken durch ihre gegenteilige Wirkung, dass die Abweichung des Ist-Werts vom gewünschten Soll-Wert korrigiert wird. Der Körper gibt sich selbst also sozusagen „negatives Feedback“ und reguliert dadurch die Blutzuckerkonzentration.

Man kann diese Regulation auch durch „je..., desto“-Beziehungen ausdrücken:

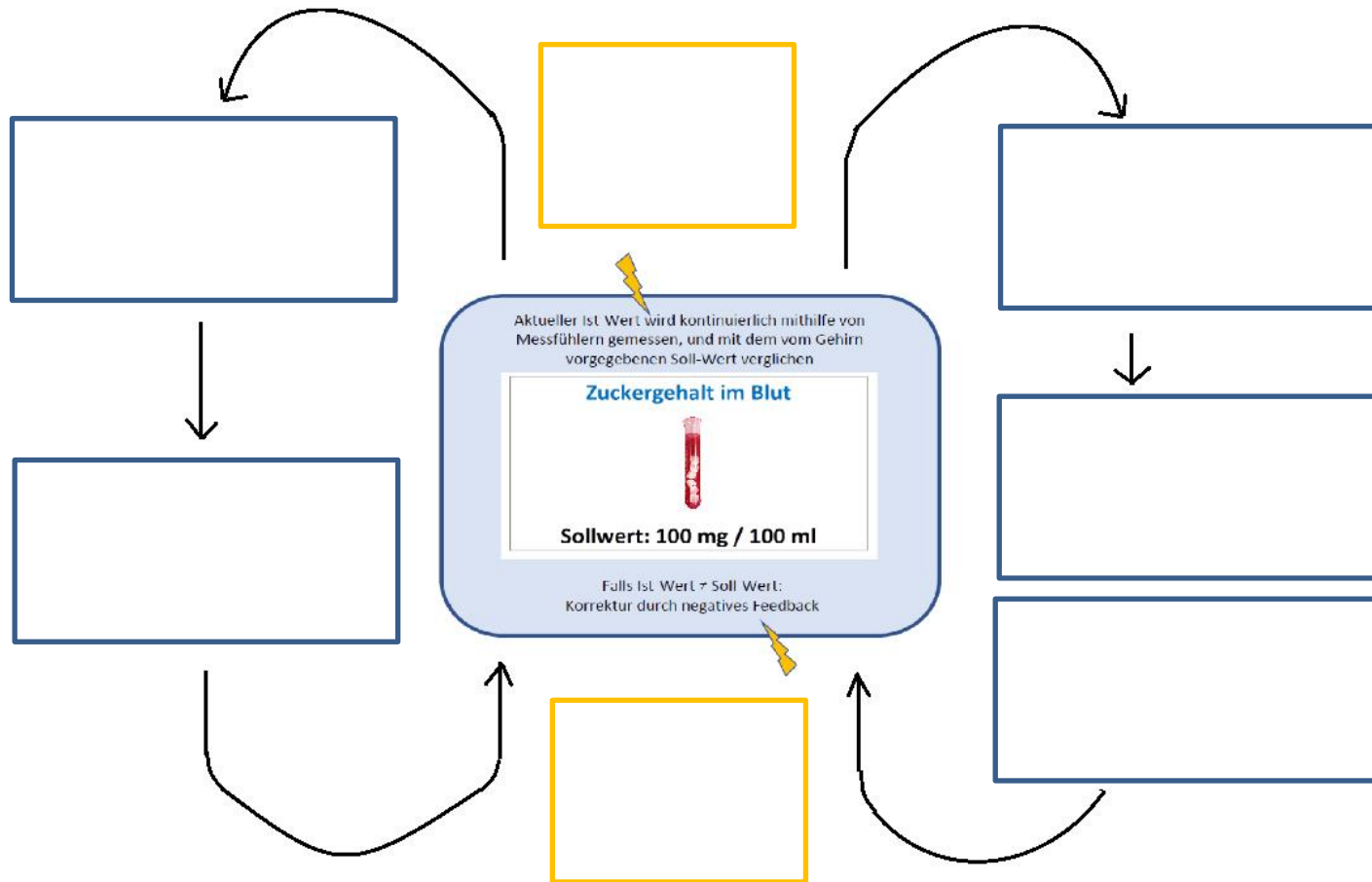
- Je mehr Arbeit die Muskelzellen verrichten müssen, desto mehr Zucker aus dem Blut verbrauchen sie, desto niedriger ist also die Blutzuckerkonzentration.
Je niedriger die Blutzuckerkonzentration, desto mehr Glukagon wird ausgeschüttet.
Je mehr Glukagon ausgeschüttet wird, desto mehr Zucker wird aus den Zuckerspeichern der Leber in das Blut abgegeben.
Und in Folge: desto höher ist wiederum die Blutzuckerkonzentration – am besten wieder da, wo sie sein soll („Soll-Wert“).
- Andersherum: Je mehr Zucker mit der Nahrung aufgenommen wird, desto mehr steigt die Blutzuckerkonzentration über den Soll-Wert.
Je höher die Blutzuckerkonzentration, desto mehr Insulin wird freigesetzt.
Je mehr Insulin freigesetzt wird, desto mehr Zucker wird aus dem Blut in Muskel- und Leberzellen eingeschleust.
Und in Folge: desto niedriger ist wieder die Blutzuckerkonzentration. – am besten wieder da, wo sie sein soll („Soll-Wert“).

Eine solche Messung des „Ist-Werts“, Abgleich mit einem „Soll-Wert“, gegebenenfalls gefolgt von einer Regulation durch negatives Feedback gibt es bei vielen körperlichen Größen. Wesentlich dabei ist immer, dass gleichsinnige Beziehungen („je mehr, desto mehr...“ / „je weniger, desto weniger...“) an einer Stelle durch eine gegensinnige Beziehung („je mehr, desto weniger...“ / „je weniger, desto mehr...“) durchbrochen werden. Nur so kann ein unbegrenztes Aufschaukeln oder Abfallen einer Größe ins Bodenlose verhindert werden.

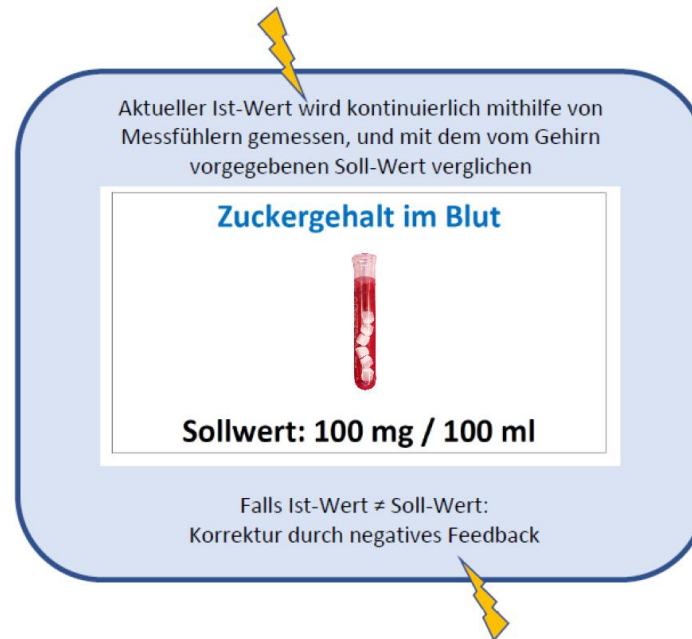
Material zu Aufgabe 3:

<p>Glukoseaufnahme</p> <p>in die Leberzellen und in Fettzellen (zur Speicherung)</p> 	<p>Ausschüttung von Glukagon aus den α-Zellen in der Bauchspeicheldrüse</p> 
<p>Glukoseabgabe</p> <p>aus den Leberzellen (Speicherabbau)</p> 	<p>Ausschüttung von Insulin aus den β-Zellen der Bauchspeicheldrüse</p> 
<p>Glukoseaufnahme</p> <p>z.B. in die Muskelzellen</p> 	
<p>Nahrungsaufnahme</p>  <p>Quelle: pixabay.com</p>	<p>Muskularbeit</p>  <p>Quelle: pixabay.com</p>

Vorlage für das Schaubild zur Blutzuckerregulation (auf DIN A3 vergrößern!)



Vorlage für das Schaubild zur Blutzuckerregulation (auf DIN A3 vergrößern!)
(anspruchsvollere Version, ohne Kästchen und Pfeile)

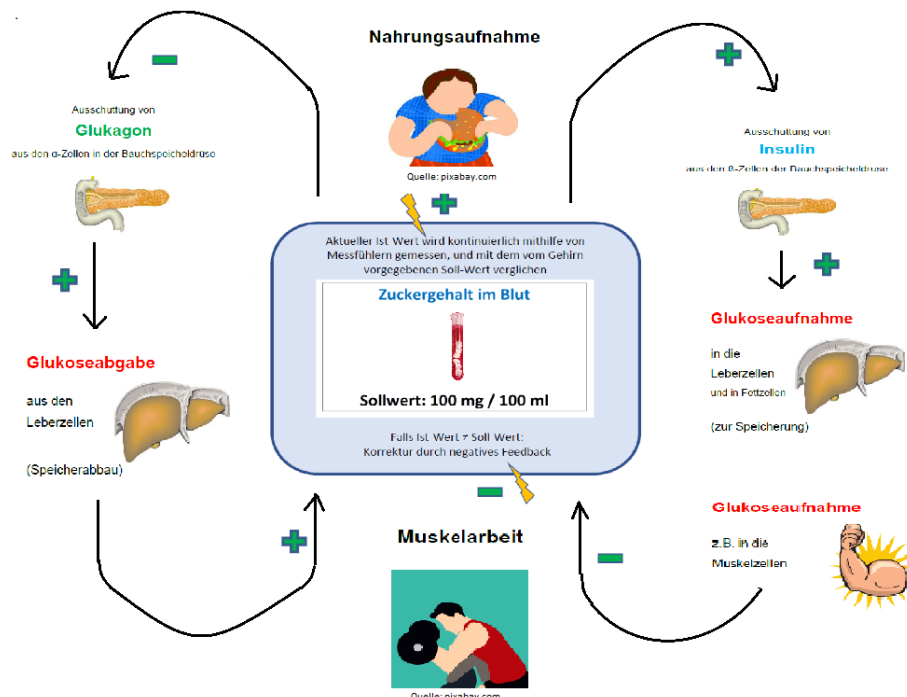


Tipps zu Aufgabe 3

1. Beginne mit den Störeinflüssen (Nahrungsaufnahme bzw. Muskelarbeit).
2. Wie wirkt sich die Nahrungsaufnahme auf den Blutzuckergehalt aus? Welches Hormon schüttet der Körper als Gegenmaßnahme aus?
3. Wie wirkt sich Muskelarbeit auf den Blutzuckergehalt aus? Welches Hormon schüttet der Körper als Gegenmaßnahme aus?
4. Folgende Beziehungen sind denkbar:
 - a. je mehr ..., desto mehr
 - b. je mehr, desto weniger
 - c. je weniger, desto weniger....
 - d. je weniger, desto mehr
5. Um Zeit und Worte zu sparen, ersetzen Biologen die Ausformulierung von je-desto-Beziehungen meist knapp durch Plus- und Minus-Zeichen. Das Pluszeichen steht dabei für gleichsinnige Beziehungen („je mehr... desto mehr ...“ bzw. „je weniger ..., desto weniger...“), das Minus-Zeichen steht für gegensinnige Beziehungen („je mehr... desto weniger...“ bzw. „je weniger ..., desto mehr...“).



Lösung zu Aufgabe 3:



Material zu Aufgabe 4

Informationstext 2: Die Regulation der Körpertemperatur

Im gesunden Körper legt das Gehirn den Soll-Wert auf etwa 37°C fest. Der tatsächliche Ist-Wert kann jedoch auch im gesunden Körper davon abweichen, z.B. wenn anstrengende körperliche Arbeit verrichtet wird, oder wenn es draußen besonders heiß oder besonders kalt ist. Steigt die Körperkerntemperatur zu sehr über den gewünschten Soll-Wert, kann der Mensch natürlich mit einer Verhaltensänderung reagieren. Er kann z.B. den Schatten aufsuchen oder die Klimaanlage einschalten. Es gibt jedoch auch unbewusste Körperreaktionen, die die Temperatur herunterregulieren: Hier greift das Prinzip des negativen Feedbacks. Die Schweißdrüsen können beispielsweise veranlasst werden, mehr Schweiß abzusondern, denn durch die Verdunstung des Schweißes kann der Körper wieder abgekühlt werden. Der Durchmesser der Blutkapillaren in den äußeren Hautschichten kann vergrößert werden, so dass mehr Blut hierdurch fließt. Das sieht z.B. man an geröteten Wangen. So gelangt mit dem Blut mehr Wärme an die Körperoberfläche und wird über die Luft abgegeben. Der Körper kühlt dadurch wieder ab.

Sinkt die Körpertemperatur dagegen gefährlich ab, kann neben dem Anstellen der Heizung auch der Körper selbst wieder unbewusst tätig werden: der Durchmesser der Blutkapillaren in den äußeren Hautschichten wird verengt (z.B. werden dann die Lippen oder die Finger blau). So bleibt mehr Blut und damit Wärme in den tieferen Körperschichten. Die Muskeln der Körperhaare kontrahieren, dadurch richten sich feine Härchen auf und man bekommt eine Gänsehaut. So entsteht eine isolierende Luftschicht um den Körper. Auch Skelettmuskeln kontrahieren und produzieren dadurch Wärme. Im Extremfall führt dies zu unkontrolliertem Zittern und Zähneklappern. All dies wirkt sich negativ auf die abfallende Körpertemperatur zurück und lässt sie wieder ansteigen.

(Bei Krankheiten kann das Gehirn den Soll-Wert erhöhen. Dann fährt der Körper tatsächlich die Körpertemperatur selbst nach oben, so dass eingedrungene Krankheitserreger effektiver bekämpft werden können. Auf Dauer und bei einer zu starken Erhöhung der Körpertemperatur ist dies jedoch schädlich auch für die eigenen Körperzellen).

Mögliche Lösung zu Aufgabe 4

