5 Stoff- und Energieaustausch bei Tieren

5.1 Die Konstanz des inneren Milieus ist für unsere Zellen lebenswichtig

Das äußere Milieu eines Organismus wird als **Umwelt** bezeichnet. Das innere Milieu unseres Körpers besteht aus Blut, Gewebeflüssigkeit, Lymphe und Hirnflüssigkeit. Die für die Zellen und Organe notwendige Konstanz des inneren Milieus (Blutvolumen, Temperatur, pH-Wert, Salzhaushalt, Wasserhaushalt und Energiestoffhaushalt) bezeichnet man als **Homöostase**. Viele Organsysteme sind an der Erhaltung dieses Zustands beteiligt: das Atmungssystem, der Blutkreislauf, das Exkretionssystem, das Verdauungssystem und die Haut. Diese Systeme transportieren Stoffe durch Austauschflächen, also Grenzflächen aus dünnen Epithelien (z. B. Darmschleimhaut). Der Transport erfolgt entweder mittels **Diffusion** (passiver Transport entlang dem Konzentrationsgefälle), mittels aktiven Transportmechanismen (gegen ein Konzentrationsgefälle), oder das Medium an sich bewegt sich (Massenstrom), z. B. der Blutstrom oder die Atemluft.
Der Energieaufwand, der für die Homöostase benötigt wird, wird als **Grundumsatz** bezeichnet. Jedoch nur 45 % des Grundumsatzes werden für die Homöostase benutzt, der Rest wird als Wärmeenergie freigesetzt.
Unsere Regelsysteme arbeiten oft als **Regelkreis**, z. B. bei der Regulation unserer Körpertemperatur. Hierbei beeinflussen Störgrößen die Regelgröße. Messfühler ermitteln die Änderung und geben den Istwert an den Sollwertgeber und Regler weiter. Der Regler veranlasst die Stellglieder bestimmte Stellgrößen zu variieren, sodass der Sollwert der Regelgröße wieder erreicht wird. Störungen der Homöostase können zu Erkrankungen (Diabetes, Kreislaufstörungen, Bluthochdruck etc.) und im schlimmsten Fall zum Tod führen.

Markl Biologie Arbeitsbuch → S. 36 „Der Blutzuckerspiegel wird reguliert“

5.2 Der Energiebedarf großer Tiere ist relativ niedrig

Kleine und große Tiere unterscheiden sich stark in ihrem Grundumsatz (Energiebedarf in Ruhe). Das liegt daran, dass das Oberflächen-Volumenverhältnis bei gleicher Körperfrom schrumpft, wenn das Volumen zunimmt. Die Körperoberfläche nimmt mit der 2. Potenz, das Volumen mit der 3. Potenz zu. D. h. ein großes Tier kann pro Gramm Körpermasse weniger Wärme über die Oberfläche abgeben/aufnehmen als ein kleines Tier. Umgekehrt hält sich ein großes Tier viel leichter warm.
Diese Unterschiede im **Energiehaushalt** werden unter anderem durch Unterschiede in Atemfrequenz, Puls und Nahrungsaufnahme deutlich. Kleine Tiere müssen pro Gramm Körpermasse wesentlich schneller atmen, Blut pumpen und mehr Nahrung fressen, um ihren Energiebedarf zu decken. Der Wärmehaushalt wird auch aktiv beeinflusst, z. B. indem die Gesamtoberfläche verkleinert (zusammengerollt) oder vergrößert (ausgestreckt) wird, sodass weniger oder mehr Körperwärme abgegeben wird.
Das Oberflächen-Volumenverhältnis beeinflusst auch den Körperbau: Tiere kälterer Regionen besitzen kleine Gliedmaßen, also eine möglichst geringe Oberfläche, wohingegen Tiere in heißen Regionen große Gliedmaßen aufweisen, um möglichst viel Wärme abgeben zu können.

5.3 Tiere müssen sich Energie in Form von Nährstoffen und Wärme zuführen

Alle Lebewesen sind offene Systeme, die mit ihrer Umgebung Energie und Stoffe austauschen. Pflanzen erhalten ihre freie Energie von der Sonne, sie sind **autotroph** (selbsternährend). Tiere fressen energiereiche organische Stoffe von Pflanzen oder Tieren und sind somit **heterotroph** (fremdernährt).
Die aufgenommenen Nährstoffe werden für Körperarbeit benötigt (Betriebsstoffe), aber auch zum Aufbau körpereigener Moleküle und Strukturen im Körper (Baustoffe).
Säugetiere, Vögel und einige andere Tiere sind gleichwarm (**homoiotherm**), d. h. sie halten ihre Körpertemperatur mithilfe ihres Stoffwechsels konstant. Die meisten Tierarten jedoch sind wechselwarm (**poikilotherm**). Ihre Körpertemperatur passt sich der Umgebungstemperatur an. Die Körpertemperatur konstantzuhalten kostet sehr viel Energie, deshalb müssen gleichwarme Tiere wesentlich mehr Nahrung zu sich nehmen als wechselwarme. Dafür können homoiotherme Tiere jedoch weitestgehend unabhängig von der Umgebungstemperatur aktiv sein, wohingegen poikilotherme Arten bei Kälte oder Hitze nicht optimal agieren können.
Möglichkeiten des Austauschs von **Wärmeenergie** mit der Umgebung sind:
— Leitung über Materie (Konduktion)
— Transport über Luft- oder Wasserbewegungen (Konvektion)
— Übertragung durch Verdunstung (Evaporation)
— elektromagnetische Wärmestrahlung (Radiation)

Klett
© Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2010 | www.klett.de | Alle Rechte vorbehalten
Von dieser Druckvorlage ist die Vervielfältigung für den eigenen Gebrauch gestattet.
Die Kopiergebühren sind abgegolten.

5 Stoff- und Energieaustausch bei Tieren

Die Wärmeenergie (thermische Energie) ist die Energie, die in der ungeordneten Bewegung der Stoffteilchen gespeichert ist. Sie wird in Joule (J) gemessen. Nicht zu verwechseln mit der Temperatur!
Eine weitere Möglichkeit, Tiere bezüglich ihres Energiehaushalts einzuteilen ist folgende:
Tiere sind endotherm, wenn ihre Körperwärme von innen, also aus ihrem Stoffwechsel kommt. Sie sind hingegen ektotherm, wenn sie ihre Wärmeenergie von außen, also aus der Umwelt, beziehen.

5.4 Verdauung zerlegt Makromoleküle in wasserlösliche Bausteine

Durch die **Verdauung** werden Makromoleküle (Lipide, Kohlenhydrate, Proteine, Nucleinsäuren) zerlegt und für die Körperzellen verwertbar.
Die Nahrung durchläuft verschiedene Kompartimente und unterschiedliche Verdauungsreaktionen. Im Mund findet die mechanische Zerkleinerung und teilweise der Abbau der Kohlenhydrate (durch Amylase) statt. Proteine werden im Magen (durch Proteasen) abgebaut. Lipide und Nucleinsäuren werden erst im Dünndarm (durch Lipasen bzw. Nucleasen) zersetzt.
Über die Darmschleimhaut werden die wasserlöslichen Nährstoffmoleküle (Energieträger und Baustoffe) schließlich in das Kreislaufsystem aufgenommen (resorbiert; **Resorption**). Die meisten Bausteine gelangen direkt von der Darmschleimhaut in die Blutgefäße der Darmzotten. Lediglich die Lipide gehen den Umweg über das Lymphsystem ins Blut. Die aufgenommene und selbst produzierte Flüssigkeit (wie Speichel) werden dem Verdauungsbrei im Dickdarm entzogen. Zudem gewinnt der Körper aus der Nahrung Salze und Vitamine. Unverdauliches (wie z. B. Cellulose) wird als Kot ausgeschieden.
Die Leber dient als Stoffwechsel-, Speicher- und Entgiftungsorgan.
Ein besonderes Verdauungssystem weisen Wiederkäuer wie Kühe oder Giraffen auf: Sie besitzen vier hintereinandergeschaltete Mägen. Im Pansen und im Netzmagen bauen Mikroorganismen die Cellulose ab. Im Blättermagen wird die Flüssigkeit entzogen. Im Labmagen — wie im menschlichen Magen — beginnt der Proteinabbau (durch Pepsin), wobei Salzsäure den Vorgang unterstützt und die Bakterien der Vormägen abtötet. Im Dünndarm werden die Nährstoffe komplett abgebaut (durch Amylase, Trypsin, Nuclease, Lipase). Gallensalze emulgieren hier die Lipide und helfen beim Abbau. Im Dickdarm wird das restliche Wasser entzogen. Der Blinddarm dient als weitere Gärkammer.
Kohlenhydrate werden zu Glucose abgebaut, die als Energielieferant dient. Zudem dienen Zucker als Bausteine für Nucleinsäuren, als Signalmoleküle auf Zellen und als Seitenketten von z. B. Mucin, einem Makromolekül, das dem Speichel seine Zähflüssigkeit verleiht.
Proteine dienen in Hungerphasen als Energiequelle und sonst als Baustoffe (Muskelaufbau), Signalstoffe (Hormone) und als Enzyme. Von den 20 verschiedenen Aminosäuren kann der Körper Tryptophan und sieben weitere Aminosäuren nicht selbst herstellen, bei Kindern auch Histidin nicht. Diese werden als essenzielle Aminosäuren bezeichnet.
Fette und Lipide liefern dem Körper mehrfach ungesättigte, essenzielle Fettsäuren, die für Zellmembranen und bestimmte Hormone wichtig sind. Fett dient zudem als langfristige Energiereserve, als Isolator und als Polster sowie als Träger der fettlöslichen Vitamine A, D, E und K.

Markl Biologie Arbeitsbuch → S. 37 „Nährstoffe werden abgebaut und vom Körper aufgenommen“

5.5 Energiereserven können im Körper gespeichert werden

In der Leber und der Muskulatur kann Glykogen (Glucose-Polymer) gespeichert werden. Die Energie aus Glykogen reicht in Ruhe für 18 bis 24 Stunden, reine Glucose nur für etwa 30 Minuten. Lipide werden als Fett in Fettgeweben gespeichert und liefern in Ruhe für 50 bis 60 Tage Energie. Proteine aus Muskeln würden theoretisch in Ruhe 10 bis 12 Tage Energie spenden, sie dienen jedoch nicht als Energielieferanten.
Obwohl Fett ein enormer Energielieferant ist, müssen dem Körper regelmäßig Kohlenhydrate zugeführt werden, da einerseits das Gehirn nur aus ihnen Energie gewinnen kann und andererseits der Körper Fette nur verwerten kann, wenn genügend Kohlenhydrate vorhanden sind.
Sind die Glykogenspeicher erschöpft, werden Proteine (sehr langsam) zu Kohlenhydraten umgebaut, sodass Speicherfette erneut verwertet werden können.
Das Atmungsverhältnis (**respiratorischer Quotient**, RQ) ist das Verhältnis aus abgegebener CO_2- und aufgenommener O_2-Menge. Bei Kohlenhydratabbau ist der RQ-Wert 1,0, bei Fettabbau 0,7 und bei Proteinabbau 0,8. Diese Werte lassen sich mithilfe der Oxidationsgleichung von Glucose erklären: $C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2 \rightarrow 6\,CO_2 + 6\,H_2O$.

Klett
© Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2010 | www.klett.de | Alle Rechte vorbehalten
Von dieser Druckvorlage ist die Vervielfältigung für den eigenen Gebrauch gestattet.
Die Kopiergebühren sind abgegolten.

5 Stoff- und Energieaustausch bei Tieren

Pro Mol Sauerstoff entsteht ein Mol Kohlenstoffdioxid. Da ein Mol jedes Gases unter Normalbedingungen das gleiche Volumen hat (22,4 l), entspricht der RQ bei reiner Kohlenhydratoxidation dem Wert 1. Bei der Oxidation von Fetten und Proteinen muss im Verhältnis mehr Sauerstoff zugeführt werden, sodass der RQ-Wert kleiner als 1 ist.
Der **Brennwert** eines Stoffes ist die bei einer vollständigen Oxidation freigesetzte Energiemenge (Kohlenhydrate und Proteine 17 kJ/g, Fette 39 kJ/g).
Der Grundumsatz (in Ruhe) sowie der Leistungsumsatz (bei körperlicher Betätigung) werden über den Sauerstoffverbrauch bestimmt. Die Summe aus beiden Umsätzen ergibt den **Energieumsatz**.

Markl Biologie Arbeitsbuch → S. 38 „Die Körpermasse kann aktiv beeinflusst werden“

5.6 Ein Kreislaufsystem ermöglicht allen Zellen und Organen den Stoffaustausch

In unserem Kreislaufsystem transportieren Arterien sauerstoffreiches Blut vom Herzen weg, also in den Körper hinein. Sauerstoffarmes Blut gelangt über die Venen zum Herzen, wobei Venenklappen den Rückfluss des Blutes verhindern. Das Netzwerk aus Kapillaren (= kleine Arterien (Arteriolen) und kleine Venen (Venolen)) versorgt die unterschiedlichen Gewebe fernab der Körperarterien bzw. Körpervenen. Winzige Schließmuskelzellen steuern die Durchblutung der Kapillaren.
Blut wird mit hohem Druck aus dem Herzen gepumpt und in den Venen über die Bewegung der Körpermuskulatur weiterbefördert. Das Herz passt Schlagvolumen und Schlagfrequenz (Puls) flexibel dem Bedarf an.
Lässt man Blut stehen (Blutsenkung), erhält man zwei Phasen: Die obere besteht aus **Blutplasma** (90% Wasser, Plasmaproteine und niedermolekulare Teilchen) und die untere aus **Blutzellen** (Gesamtheit der abgelagerten Blutzellen = Hämatokrit).
Die roten Blutzellen (Erythrocyten; 5 Millionen/ml Blut) sorgen für den Sauerstofftransport. Die verschiedenen Typen der weißen Blutzellen (Leukocyten; 4 000 – 11 000 pro ml Blut) hingegen sind enorm wichtig für die Immunabwehr. Desweiteren gibt es die Blutplättchen (Thrombocyten; 300 000 pro ml Blut), die als Zelltrümmer der Blutgerinnung dienen.
Ein Hämatokritwert von 45 % bedeutet, dass 45 % des Blutes aus roten Blutzellen bestehen. Der Normwert beträgt für Männer 42 – 50% und für Frauen 37 – 45%.
Im Blut werden Nährstoffe wie Glucose, Lipide und Aminosäuren sowie Abfallstoffe wie Harnstoff, Plasmaproteine wie Albumin, Gerinnungsfaktoren, Antikörper sowie Hormone, Salze und Blutzellen transportiert.
Zudem verteilt das Blut Wärmeenergie und Wasser im Körper. Am arteriellen Ende tritt das Wasser aus (Blutdruck > osmotischer Druck) und wird am venösen Ende teilweise in die Kapillaren zurückgeholt (Blutdruck < osmotischer Druck; mehr HCO_3^--Ionen). Der Rest wird vom **Lymphsystem** gesammelt und an anderer Stelle dem Blutkreislauf wieder zugeführt. Das Lymphsystem entwässert die Gewebe, transportiert Lipide und spielt eine Rolle in der Immunabwehr.

Markl Biologie Arbeitsbuch → S. 39 „Kapillaren sind die Schnittstellen zwischen Blutkreislauf und Gewebe“

5.7 Der Gasaustausch liefert Sauerstoff für die Zellatmung und beseitigt Kohlenstoffdioxid

Beim Menschen umfasst der Gasaustausch die äußere Atmung (Ventilation der Lunge und Gasaustausch zwischen Lunge und Blut), den Atemgastransport (Transport in der Blutbahn) und die Zellatmung (Gasaustausch zwischen Blut und Gewebe sowie Verbrauch von O_2 und Abgabe von CO_2).
In der Lunge gelangt Sauerstoff (O_2) aus den Alveolen (Lungenbläschen) in die Lungenkapillaren und wird dort an das **Hämoglobin** (Hb) der roten Blutzellen gebunden und im Blut auch gelöst transportiert. Im Gewebe diffundiert der Sauerstoff aus den Körperkapillaren in die Zellen. Kohlenstoffdioxid (CO_2) nimmt den umgekehrten Weg — teils an Hämoglobin gebunden, größtenteils als Hydrogencarbonat (HCO_3^-; Puffersubstanz) im Blut gelöst. CO_2 diffundiert aus den roten Blutzellen in die Lunge.
Der Gasaustausch über die Lungenschleimhaut erfolgt durch **Diffusion** (ohne Energieaufwand). Jedoch ist hier ein Partialdruckgefälle (Partialdruckdifferenz) die treibende Kraft. Das Diffusionsgesetz $M = K \cdot A/d \cdot P_1 - P_2$) zeigt, dass die pro Zeiteinheit durchtretende Gasmenge (M) umso größer ist, je größer der Diffusionskoeffizient (K), die Austauschfläche (A) und das Partialdruckgefälle ($P_1 - P_2$) und je kürzer die Diffusionsstrecke (d) ist.
Der Diffusionskoeffizient von CO_2 ist rund 25-mal so groß wie für O_2, was den Gasaustausch trotz des niedrigen Partialdruckgefälles für CO_2 möglich macht.

Klett
© Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2010 | www.klett.de | Alle Rechte vorbehalten
Von dieser Druckvorlage ist die Vervielfältigung für den eigenen Gebrauch gestattet.
Die Kopiergebühren sind abgegolten.

5 Stoff- und Energieaustausch bei Tieren

Die Hauptrolle spielt das Atmungsprotein (respiratorische Protein) Hämoglobin. Es bindet O_2 bzw. CO_2 reversibel (umkehrbar).
Die O_2-Bindungseigenschaft (O_2-**Affinität**) eines Hämoglobins ist abhängig von den Umweltbedingungen und variiert zwischen verschiedenen Arten. Bindet etwas Sauerstoff an das Hämoglobin, steigt seine Affinität für das Gas, sodass es sich leichter beladen lässt. Diese **Kooperativität** des Proteins passt dessen Funktion exakt an die O_2-Partialdruckverhältnisse im Tier an. Dies basiert auf der Zusammenarbeit der vier Untereinheiten. Die einzelne Polypetidkette des **Myoglobins** (bindet O_2 in Muskelzellen) hingegen zeigt eine hyperbolische O_2-Bindungskurve.
Je niedriger der pH-Wert, desto niedriger ist auch die O_2-Affinität (**Bohr-Effekt**). Dies erleichtert die O_2-Aufnahme/CO_2-Abgabe in der Lunge (höherer pH-Wert als im Gewebe) und die CO_2-Aufnahme/O_2-Abgabe im Gewebe.
Die vier sich gegenseitig beeinflussenden Untereinheiten (zwei α- und zwei β-Untereinheiten) des Hämoglobins besitzen jeweils eine tiefe Tasche, in der eine **Hämgruppe** (= Porphyrinring mit zentralem Eisen-Ion (Fe^{2+})) eingelagert ist. O_2 kann reversibel an das Eisen-Ion binden. Über bestimmte Aminosäuren der engen Tasche wird die O_2-Bindung gesteuert (Schutz vor dauerhafter Oxidation). pH-Wert oder Temperatur beeinflussen die räumliche Struktur des Proteins, also des aktiven Zentrums.
Die endständige Aminogruppe der β-Untereinheit bindet CO_2 als Carbamat (–NH–COO–).
Im Zentrum des Hämoglobins bindet der wichtigste allosterische Effektor, das 2,3-Diphosphoglycerat (DPG). DPG senkt die O_2-Affinität des Hämoglobins, sodass ausreichend O_2 ins Gewebe abgegeben wird. Auch für die Akklimatisierung im Hochgebirge spielt dieser Effektor eine große Rolle.

Markl Biologie Arbeitsbuch → S. 40 „EPO und Blutdoping steigern den Sauerstoffgehalt im Blut“

5.8 Die Niere filtriert Blut und holt aus dem Filtrat alles Nötige zurück

Die Niere ist zuständig für die **Exkretion**, ein Entsorgungs-Rückgewinnungs-System in unserem Körper. Die kleinste Einheit der Niere wird **Nephron** genannt.
Die Exkretion gliedert sich in mehrere Schritte:
Bei der Filtration wird Blut durch den Glomerulus (= Knäuel poröser Kapillaren) und aufsitzende Zellen gepresst. Dabei gelangen nur Wasser und darin gelöste Teilchen als Filtrat (Primärharn) in den vorderen Tubulus (lat.: Röhrchen).
Wasser und alle wichtigen Teilchen (z. B. Glucose) werden nun dem Primärharn im Tubulussystem entzogen (Reabsorption). Bei Diabetes verbleibt ein Teil der Glucose im Harn, sodass dies beim Blutzuckertest nachgewiesen werden kann.
Bestimmte Stoffe werden dem Primärharn gezielt aus dem Blut zugeführt (Sekretion).
Durch die hohe Salzkonzentration (NaCl) im Nierenmark wird in der Henleschleife das restliche Wasser entzogen. Auch ein Teil des Harnstoffes tritt im Sammelrohr aus.
Der Endharn (Urin) sammelt sich im Nierenbecken und wird über Harnleiter und Blase ausgeschieden.
Die Regulation des Wasserhaushalts unserer Körperflüssigkeiten (**Osmoregulation**) ist lebenswichtig. Die Anzahl der gelösten Teilchen (Osmolarität; mOsm/l) im extrazellulären Milieu muss möglichst konstant gehalten werden, damit die Zellen nicht schrumpfen oder sich aufblähen.
Beim Abbau von Aminosäuren und Nucleinsäuren entsteht Ammoniak (NH_3). Das Ammonium-Ion (NH_4^+) ist ein starkes Zellgift, das die Membrankanäle für K^+-Ionen verstopft. Zudem entkoppelt es die Zellatmung, sodass kein ATP gebildet wird. Viele Wassertiere sondern Ammonium-Ionen über Haut und Kiemen ab. Bei den meisten Landtieren und dem Menschen werden Gifte über den Harn oder Harnsäure ausgeschieden.
In der Niere und vielen weiteren Systemen funktioniert der Stofftransport nach dem **Gegenstromprinzip**. Zwei Medien sind durch eine selektiv permeable Scheidewand voneinander getrennt und strömen gegenläufig aneinander vorbei. So kann ein maximales Konzentrationsgefälle aufrechterhalten werden und ein Stoff einseitig durch Diffusion angereichert werden.
Mithilfe einer „künstlichen Niere“ kann eine Blutwäsche (Hämodialyse) durchgeführt werden. Hierbei wird Blut durch ein Gerät gepumpt, gereinigt, eventuell mit Glucose und Salzen versetzt und zurück in die Vene geleitet. Im Gerät sind Blut und Dialysat durch eine selektiv permeable Membran getrennt. Giftige Stoffe (harnpflichtige Substanzen), also niedermolekulare Substanzen, diffundieren durch die Membran, hochmolekulare bleiben zurück.

Markl Biologie Arbeitsbuch → S. 41 „Bei der Bauchfelldialyse findet die Blutwäsche im Körper statt“

Klett
© Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2010 | www.klett.de | Alle Rechte vorbehalten
Von dieser Druckvorlage ist die Vervielfältigung für den eigenen Gebrauch gestattet.
Die Kopiergebühren sind abgegolten.

5 Stoff- und Energieaustausch bei Tieren

5.9 Ein Muskel verkürzt sich, indem Proteinfilamente aneinander entlanggleiten

Für Bewegungsvorgänge in Zellen wechseln Motorproteine unter ATP-Verbrauch zwischen zwei Konformationen und wandern so z. B. an Cytoskelettproteinen entlang. Beim Skelettmuskel erfolgt die Bewegung anders: Skelettmuskeln sind über Sehnen an zwei Knochen befestigt, die über ein Gelenk verbunden sind. Zwei Muskeln arbeiten stets als Gegenspieler (**Antagonisten**), sodass einer sich zusammenzieht und so den anderen dehnt.
Der Aufbau des Skelettmuskels ist vom Großen ins Kleine wie folgt: Muskel, Muskelfaserbündel, Muskelfaser (lange, vielkernige Einheit), Muskelzellen (verschmelzen zu vielkernigen Fasern). In den Muskelfasern sind Myofibrillen enthalten, die vom sarcoplasmatischen Reticulum (SR) umgeben sind. Myofibillen sind von Mikrofilamenten (**Actin** und **Myosin**) durchzogen und bestehen aus funktionellen Einheiten, den Sarkomeren.
Zwei Sarkomere werden durch die Z-Scheibe voneinander getrennt. An die begrenzenden Z-Scheiben sind Actinfilamente (gleichen zwei umeinandergewundenen Perlenketten) gebunden, die sich in der Mitte des Sarkomers parallel zu Myosinfilamenten (tragen rund 1000 bewegliche Köpfe) überlappen. Die M-Linie bildet hier eine Spiegelachse des Sarkomers.
Bei der Kontraktion heftet sich der Myosinkopf (mit ADP + P) am Actin an. ADP + P lösen sich ab, wodurch der Myosinkopf kippt und das Actin näher zur Sarkomermitte zieht — das Sarkomer verkürzt sich. ATP dockt nun am Myosinkopf an, sodass sich Actin davon löst. Durch die Energie aus der Spaltung von ATP in ADP + P kann der Myosinkopf erneut gespannt und an Actin gebunden werden. Diesen Vorgang beschreibt die Gleitfilamenttheorie der Muskelkontration.
Durch Calcium wird die Muskelkontraktion reguliert. Ein Nervenimpuls führt zur Ausschüttung von Calcium-Ionen aus dem SR, sodass die Bindungsstellen am Actin für die Myosinköpfe freigelegt werden. Trifft kein weiter Impuls ein, werden die Bindungsstellen für die Myosinköpfe bald wieder blockiert, da stetig Calcium-Ionen in das SR aufgenommen werden. Der Muskel erschlafft und kann gedehnt werden. Bleibt die Erregung erhalten, entwickelt der Muskel durch die stetige Bewegung der Filamente weiterhin Muskelkraft.
Die Myosinköpfe arbeiten wie beim Tauziehen im Team mit „Nachfassen" an jeweils anderer Stelle, wohingegen ein Motorprotein wie das Kinesin die ganze Strecke auf einem Filament des Cytoskeletts entlang wandert.

Markl Biologie Arbeitsbuch → S. 42 „Muskelkater entsteht durch kleine Verletzungen"

Klett
© Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2010 | www.klett.de | Alle Rechte vorbehalten
Von dieser Druckvorlage ist die Vervielfältigung für den eigenen Gebrauch gestattet.
Die Kopiergebühren sind abgegolten.