

M1 Aktueller Forschungsstand

Laut dem aktuellen Forschungsstand können die kognitiven Fähigkeiten durch Sport verbessert werden (Zimmer, 2015). Sport kann in Abhängigkeit der gewählten Trainingsparameter (Belastungsart, Intensität, Dauer) und des Gesundheitszustandes sowie Fitnesslevels der Personen strukturelle und funktionale Veränderungen des Gehirns bewirken, wodurch die kognitiven und motorischen Fähigkeiten positiv beeinflusst werden (Zimmer, 2015).

Viele Studien stellen „einen positiven Zusammenhang zwischen dem Aktivitätsniveau von Menschen und deren Hirnvolumen“ (Zimmer, 2015, S. 43) fest. Thomas et al. (2012) konnten nachweisen, dass Ausdauertraining die Stimulation der Entstehung neuer Neuronen, Synapsen und Kapillaren anregt. Daran lässt sich eine Zunahme des hippocampalen Volumens durch wiederholtes Ausdauertraining belegen (ebd.). Bei Ratten, die regelmäßigem Ausdauertraining ausgesetzt sind, stellen Mandyam et al. (2007) einen positiven Effekt auf die Rekrutierung von Gliazellen im Bereich des medialen präfrontalen Kortex fest. Hamilton et al. (2015) postulieren zudem eine Steigerung der Verzweigung von Dendriten im medialen präfrontalen Kortex. Aufgrund der Verflochtenheit und beschränkten Erreichbarkeit des zentralen Nervensystems ist die Datenlage diesbezüglich beim Menschen gering (Zimmer, 2015). Dafür lassen sich anhand der Ergebnisse von Weinstein et al. (2012) volumetrische Veränderungen im menschlichen Gehirn feststellen. Bei Senioren, die eine erhöhte kardiovaskuläre Fitness aufweisen, wurde eine größere Ausdehnung des dorsolateralen präfrontalen Kortex beobachtet (ebd.). Eine Vergrößerung des Hirnvolumens impliziert dabei eine Verbesserung der kognitiven Funktionen (Ludyga, 2018).

Anhand der Ergebnisse von Untersuchungen zur Hirnforschung lässt sich belegen, dass körperliche Anstrengung die Bildung von Wachstumshormonen (BDNF, VEGF) erhöht (Zimmer, 2015). Diese können im zentralen Nervensystem die Entstehung neuer Nervenzellen anregen und infolgedessen eine Volumenzunahme der Hirnmasse bewirken (ebd.). Die Steigerung der Ausschüttung jener Hormone ist von der Intensität der Belastung abhängig (ebd.). Beispielsweise kann bei Mäusen durch körperliche Betätigung die BDNF Expression um das Drei- bis Vierfache erhöht werden (ebd.). Besonders gut eignen sich Ausdauerbelastungen mit einer minimalen Dauer von 30 Minuten zur Erhöhung der peripheren BDNF Konzentration (ebd.). Den Wachstumsfaktoren VEGF und BDNF werden „neuroprotektive Wirkungen sowie die Förderung von Aufbauprozessen im Gehirn zugeschrieben“ (Ludyga, 2018, S. 282). Tierstudien von Fabel et al. (2003) und Vaynman et al. (2003) belegen die Förderung der Expression von VEGF und BDNF durch ein regelmäßiges Ausdauertraining. Zudem wird in einer Metaanalyse von Szuhany et al. (2015) eine Zunahme der BDNF Konzentration beim Menschen deutlich.

Ludyga et al. (2016) kommen in ihren Untersuchungen zu dem Ergebnis, dass sich das Gehirn bereits nach einem Training funktionell anpasst. Eine zunehmende Belastungsdauer und -intensität impliziert eine Senkung der kortikalen Aktivität, da eine Umverteilung von Blut zugunsten der Aufrechterhaltung der Bewegung erfolgt (Ludyga, 2018). Weitere Untersuchungen zeigen „eine Zunahme der Oxygenierung im präfrontalen Kortex bei geringer bis moderater Belastungsintensität und eine Abnahme bei höherer Intensität“ (ebd., S. 283). Deshalb können intensive Trainingseinheiten zu einer Verringerung der neuronalen Aktivität in verschiedenen Regionen des präfrontalen Kortex führen, so Ekkekakis (2009). Ogoh und Ainslie (2009) stellen einen von der Intensität abhängigen Verlauf der zerebralen Durchblutung fest. Hohe Belastungen führen zu einem Absinken der zerebralen motorischen Rate (ZMR, Verhältnis von Sauerstoffaufnahme zur Aufnahme von Laktat und Glukose), so Braz und Fisher (2015). Daraus lässt sich ableiten, dass eine unmittelbare körperliche Anstrengung in Abhängigkeit der Intensität spezifische Veränderungen der kortikalen Aktivität, der zerebralen Durchblutung und des zerebralen Metabolismus bewirkt.

Bei körperlicher Belastung stellen Audiffren et al. (2008), Coles und Tomporowski (2008) sowie Hillman, et al. (2009) eine Verbesserung der Aufmerksamkeit, der kognitiven Verarbeitung und Kontrolle von Informationen und des Langzeitgedächtnisses fest. Im Kontrast zu höheren Belastungsintensitäten verbessert ein Ausdauertraining mit geringer Intensität die exekutiven Funktionen (ebd.). Die aktuelle Studienlage lässt darauf schließen, dass die längerfristigen Wirkungen im Gegensatz zu den akuten Effekten weniger untersucht sind (ebd.).

Roig et al. (2013) beschäftigten sich mit den Effekten einer aeroben Trainingseinheit auf das Arbeits- und Langzeitgedächtnis und stellen fest, dass der Zeitpunkt der sportlichen Betätigung bedeutsam ist. Studien von Coles und Tomporowski (2008) sowie Labban und Etnier (2011) zeigen, dass vor der Exposition von Informationen eine Ausdauerbelastung zur Leistungssteigerung des Arbeits- und Langzeitgedächtnisses führt, indem die Enkodierungs- und Konsolidierungsprozesse positiv beeinflusst werden. Des Weiteren belegt Hopkins et al. (2012) eine Verbesserung des impliziten Gedächtnisses durch vier Wochen Ausdauertraining.

Literatur

- Audiffren, M., Tomporowski, P. D. & Zagrodnik, J. (2008). Acute aerobic exercise and information processing: Energizing motor processes during a choice reaction time task. *Acta Psychologica*, 129, 410-419.
- Braz, I. D. & Fisher, J. P. (2015). The impact of age on cerebral perfusion, oxygenation and metabolism during exercise in humans. *Journal of Physiology*, 594, 4471-4483.
- Coles, K. & Tomporowski, P. D. (2008). Effects of acute exercise on executive processing, short-term and longterm memory. *Journal of Sports Sciences*, 26, 333-344.

- Ekkekakis, P. (2009). Illuminating the black box: Investigating prefrontal cortical hemodynamics during exercise with near-infrared spectroscopy. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, *31*, 505-553.
- Fabel, K., Fabel, K., Tam, B., Kaufer, D., Baiker, A., Simmons, N., Kuo, C. J. & Palmer, T. D. (2003). VEGF is necessary for exercise-induced adult hippocampal neurogenesis. *European Journal of Neuroscience*, *18*, 2803-2812.
- Hamilton, G. F., Criss, K. J. & Klintsova, A. Y. (2015). Voluntary exercise partially reverses neonatal alcohol-induced deficits in mPFC layer II/III dendritic morphology of male adolescent rats. *Synapse*, *69*, 405-415.
- Hillman, C. H., Pontifex, M. B., Raine, L. B., Castelli, D. M., Hall, E. E. & Kramer, A. F. (2009). The effect of acute treadmill walking on cognitive control and academic achievement in preadolescent children. *Neuroscience*, *159*, 1044-1054.
- Hopkins, M. E., Davis, F. C., Vantighem, M. R., Whalen, P. J. & Bucci, D. J. (2012). Differential effects of acute and regular physical exercise on cognition and affect. *Neuroscience*, *215*, 59-68.
- Labban, J. D. & Etnier, J. L. (2011). Effects of acute exercise on long-term memory. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, *82*, 712-721.
- Ludyga, S. (2018). Sportaktivität, Stress und das Gehirn. In R. Fuchs & M. Gerber (Hrsg.) *Handbuch Stressregulation und Sport*. Springer.
- Ludyga, S., Gerber, M., Brand, S., Holsboer-Trachsler, E. & Pühse, U. (2016). Acute effects of moderate aerobic exercise on specific aspects of executive function in different age and fitness groups: A meta-analysis. *Psychophysiology*, *53*, 1611-1626.
- Mandyam, C. D., Wee, S., Eisch, A. J., Richardson, H. N. & Koob, G. F. (2007). Methamphetamine self-administration and voluntary exercise have opposing effects on medial prefrontal cortex gliogenesis. *The Journal of Neuroscience*, *27*, 11442-11450.
- Ogoh, S. & Ainslie, P. N. (2009). Cerebral blood flow during exercise: Mechanisms of regulation. *Journal of Applied Physiology*, *107*, 1370-1380.
- Roig, M., Nordbrandt, S., Geertsen, S. S. & Nielsen, J. B. (2013). The effects of cardiovascular exercise on human memory: A review with meta-analysis. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *37*, 1645-1666.
- Szuhany, K. L., Bugatti, M. & Otto, M. W. (2015). A meta-analytic review of the effects of exercise on brain-derived neurotrophic factor. *Journal of Psychiatric Research*, *60*, 56-64.
- Thomas, A. G., Dennis, A., Bandettini, P. A. & Johansen-Berg, H. (2012). The effects of aerobic activity on brain structure. *Frontiers in Psychology*, *3*(86), 1-9.
- Vaynman, S., Ying, Z. & Gomez-Pinilla, F. (2003). Interplay between brain-derived neurotrophic factor and signal transduction modulators in the regulation of the effects of exercise on synaptic-plasticity. *Neuroscience*, *122*, 647-657.
- Weinstein, A. M., Voss, M. W., Prakash, R. S., Chaddock, L., Szabo, A., White, S. M., Wojcicki, T. R., Mailey, E., McAuley, E., Kramer, A. F. & Erickson, K. I. (2012). The association between aerobic fitness and executive function is mediated by prefrontal cortex volume. *Aging, Brain, Behavior, and Immunity*, *26*, 811-819.
- Zimmer, P., Oberste, M. & Block, W. (2015). Einfluss von Sport auf das zentrale Nervensystem – Molekulare und zelluläre Wirkmechanismen. Influence of exercise on the central nervous system – molecular and cellular mechanisms. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, *66*, 42-49.

M2 Spiele Einstieg

Staffelspiel

Am Ende der Halle werden Matheaufgaben ausgelegt. Jede Mannschaft sammelt entweder gerade oder ungerade Ergebnisse. Die Aufgaben liegen offen aus. Ziel ist es, so viele Aufgaben wie möglich für die eigene Mannschaft zu sammeln. Dafür müssen die Schüler*innen richtig rechnen, damit sie kein falsches Ergebnis mitnehmen. Die Schüler*innen laufen in ihren Gruppen im Wechsel. Pro Lauf darf eine Aufgabe mitgenommen werden. Der*die nächste Läufer*in darf erst starten, wenn die vorherige Person wieder zurück am Startpunkt ist. Gewonnen hat die Mannschaft, die nach Ablauf der Zeit (5 min) die meisten Aufgaben richtig gelöst hat.





Gerade, ungerade oder 10er-Zahl

Die Schüler*innen laufen kreuz und quer im ruhigen Tempo durch die Halle. Die Lehrkraft hält verschiedene Matheaufgaben hoch. Bei einem geraden Ergebnis springen die Schüler*innen auf einem Bein. Bei einem ungeraden Ergebnis legen sie sich auf den Boden. Bei einer 10er-Zahl (10, 20, 30, 40 usw.) stellen sie sich immer in Zweiergruppen zusammen. Ziel ist es, die Übungen möglichst schnell auszuführen und keine Fehler zu machen. Alle Schüler*innen haben drei Leben. Bei jedem Fehler verlieren sie ein Leben. Haben sie kein Leben mehr, sind sie ausgeschieden. An der Tafel/Whiteboard stehen die Ergebnisse mit den Übungen nochmal aufgelistet.

M3 Laufzettel

Aufgabe: Füllt die Tabelle 1 nach jedem Spiel aus. Überlegt euch, ob ihr die Übung anstrengend fandet oder nicht und kreuzt an, ob ihr die Aufgaben gut oder schlecht bearbeiten konntet.

Tabelle 1: Ergebnisse Anstrengung während Sportspiele

Station	Anstrengung				Aufgabenbearbeitung		
					Ich musste gar nicht überlegen.	Ich musste ein bisschen überlegen.	Ich musste stark überlegen.
Staffelspiel							
Fang die Zahlen							
Gerade, ungerade oder 10er- Zahl							

M4 Das Herz – Infotext

Aufgabe: Lest den Text und markiert wichtige Punkte.

Das Herz ist in etwa faustgroß, liegt hinter dem Brustbein im menschlichen Körper und besteht überwiegend aus Herzmuskulatur. Ein Herz wird immer aus Sicht des*der Patient*in betrachtet. Schaut man frontal auf das Herz, so ist die linke Herzhälfte auf der rechten Seite und die rechte Herzhälfte auf der linken Seite. Die **Herzscheidewand** trennt die beiden Hälften voneinander. Das Herz besteht aus vier Kammern. Beide Herzhälften haben einen Vorhof und eine Herzkammer. Das Herz verbindet zwei Kreisläufe miteinander, den **großen Kreislauf** oder auch **Körperkreislauf** genannt und den **kleinen Kreislauf/Lungenkreislauf**. Der Weg des Bluts macht deutlich, wie sich die Herzhälften unterscheiden und was ihre Funktion ist.

Durch die rechte Herzhälfte strömt das Blut, das aus dem **Körperkreislauf** kommt und in den **Lungenkreislauf** geht. Da es aus dem Körperkreislauf kommt, ist es arm an Sauerstoff. Das Blut hat den Sauerstoff (O_2) zu den Bedarfsorganen (bspw. Muskulatur) transportiert und es dort abgegeben und dafür Kohlenstoffdioxid (CO_2) als Abfallprodukt von den Bedarfsorganen mitgenommen. Dieses nun sauerstoffarme Blut soll in den Lungen durch die Atemluft wieder mit O_2 angereichert werden und CO_2 über das Ausatmen abgeben. Um aus dem Körperkreislauf in die Lunge zu kommen, muss das Blut das Herz passieren.

Es strömt über die **obere und untere Hohlvene** in den **rechten Vorhof** ins Herz. Die Vorkammern dienen als Sammelstellen für das Blut. Von dort aus fließt das Blut weiter durch die Segelklappen in die **rechte Herzkammer**. Das Blut fließt durch Druck der Venen in die Herzkammer. Dadurch, dass sich die rechte Herzkammer zusammenzieht (kontrahiert), wird das Blut durch die Taschenklappen in die Lungenarterie gepumpt. Die Lungenarterie führt das Blut in die **Lungenkapillaren**, wo es CO_2 abgibt und mit O_2 beladen wird. Das Blut ist jetzt sauerstoffreich. Nach den Lungenkapillaren strömt das Blut in die **Lungenvene**, die das Blut zurück zum Herzen leitet. Dort strömt das Blut zunächst in den linken Vorhof, durch die Segelklappen in die **linke Hauptkammer**, um von dort aus durch die Kontraktion der Hauptkammer durch die Taschenklappen in die **Aorta** gepumpt zu werden. Die Aorta ist die Hauptschlagader, die das sauerstoffreiche Blut aus der linken Herzhälfte in den Körperkreislauf pumpt. Das Blut wird zu den Körperkapillaren transportiert. Die **Körperkapillare** führen direkt zu den Bedarfsorganen, um dort den Sauerstoff abzugeben und CO_2 wieder mitzunehmen. Dann geht der Kreislauf wieder von vorne los.

M5 Das Herz – Aufbau

Aufgabe: Beschriftet die folgende Abbildung mit Hilfe des Informationstextes „Das Herz“.

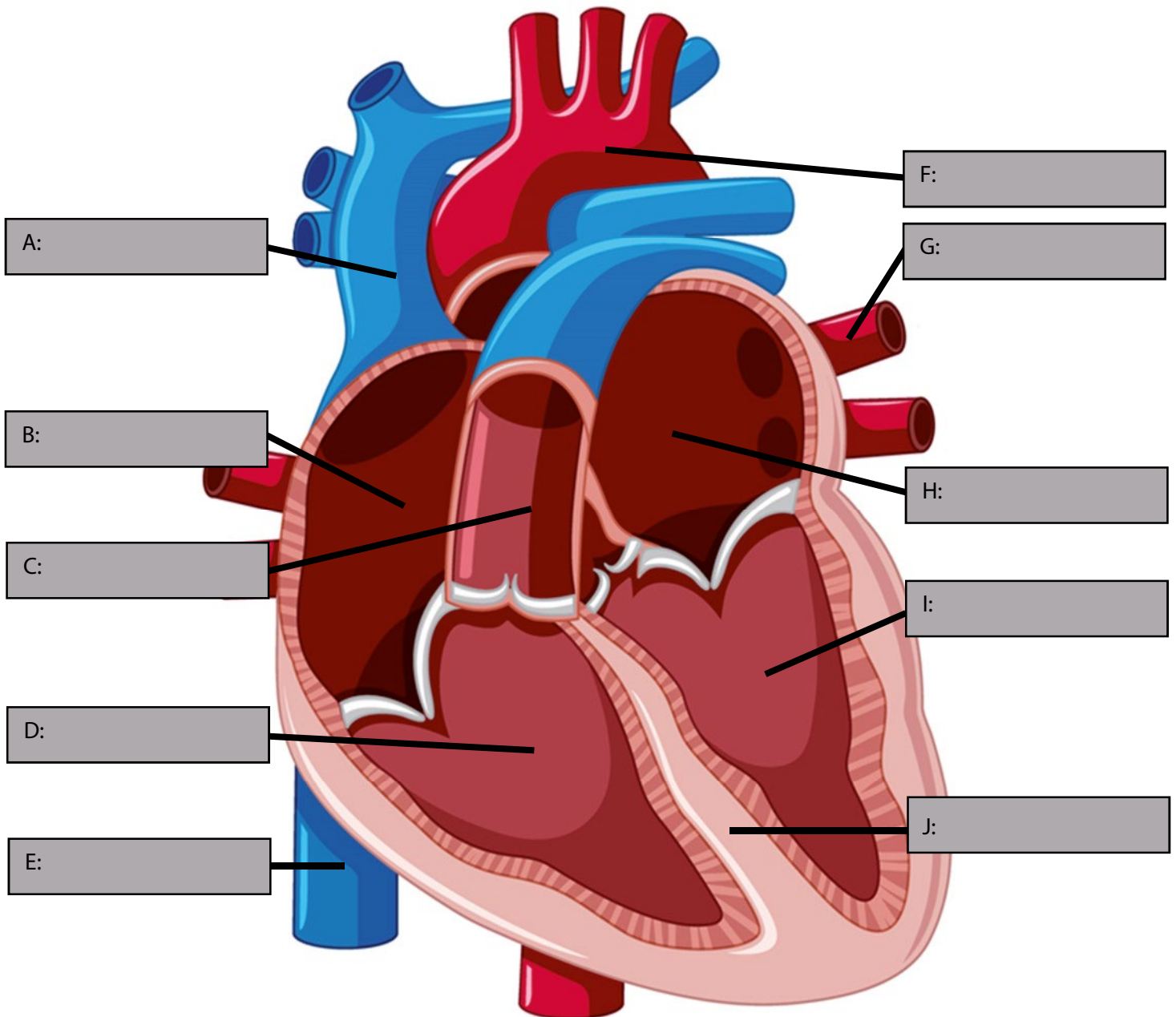


Abbildung 1: Aufbau des Herzens (Bild von brgfx auf Freepik)

M6 Das Gehirn

Aufgabe: Lest den Text.

Das Gehirn steuert alle Lebensfunktionen. Es bildet zusammen mit dem Rückenmark das **zentrale Nervensystem**. Es ist die Sammelstelle für Informationen, die der Körper über **Sinnesorgane** aufnimmt (Augen, Nase, Haut, Ohren). Informationen werden über (*afferente*) Nerven an das Rückenmark und das Gehirn weitergeleitet. Alle Nerven, die Informationen zu oder vom zentralen Nervensystem leiten, bilden das **periphere Nervensystem**. Im zentralen Nervensystem werden Informationen aufgenommen, verarbeitet und entsprechende Handlungsantworten geplant. Ist eine Handlung geplant, werden diese Informationen über die (*efferenten*) Nerven an die Muskulatur weitergegeben und in Bewegung umgesetzt.

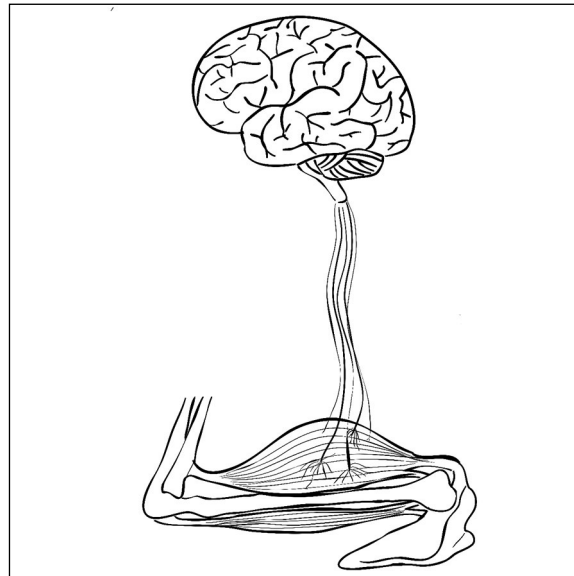


Abbildung 1: Schematische Darstellung des Gehirns und der neuralen Verbindung zur Armmuskulatur

Beispiel:

Ein Ball fliegt auf dich zu. Du siehst (Sinnesorgan Auge) den Ball auf dich zufliegen. Diese Information wird durch die (*afferenten*) Nerven an dein Gehirn geleitet. Das Gehirn entscheidet, den Ball zu fangen und schickt als Antwort ein Signal über die (*efferenten*) Nerven an die Arme. Die Muskulatur wird aktiviert, wodurch deine Arme gehoben und deine Hände im passenden Moment geschlossen werden. Während dieser Zeit werden durchgängig Informationen vom Auge an das Gehirn und Antworten vom Gehirn zurückgeleitet, um die Flugrichtung des Balls abzuschätzen und möglicherweise auch die Beine zu aktivieren, um auf den Ball zuzulaufen.

Damit das Gehirn Informationen korrekt verarbeiten kann, benötigt es Sauerstoff und Nährstoffe. Menschliche Zellen können Nährstoffe und Sauerstoff für den Denkprozess in Energie umwandeln. Sauerstoff und Nährstoffe werden über das Blut im Körper verteilt. Das Gehirn ist von Arterien und Venen durchzogen, wodurch die Blutversorgung gesi-

chert ist. Das Blut wird von dem Herz über die Arterien in das Gehirn gepumpt. Dort wird der Sauerstoff und die Nährstoffe verbraucht, indem sie zu Energie umgewandelt werden. Dabei entsteht Kohlenstoffdioxid als Abfallprodukt und wird mit dem (sauerstoffarmen) Blut zum Herz zurückgeleitet.

Merkkasten

Zentrales

Nervensystem (ZNS):

Gehirn und
Rückenmark

Afferente Nerven:

leiten Informationen
ZNS hin

Peripheres

Nervensystem:

efferente und afferente
Nerven

Efferente Nerven:

leiten Antworten vom
ZNS weg

Wörterpuzzle

Aufgabe 1: Schneidet die **Wortbausteine** aus und bringt sie in die richtige **Reihenfolge**.
Bringt das **Beispiel** in die richtige Reihenfolge und ordnet es den Wortbausteinen zu.

Efferente Nerven	Du fängst den Ball.
Reiz	Du siehst den Ball auf dich zu fliegen.
Sinnesorgane (Augen, Nase, Haut, Ohren)	Es wird eine Antwort vom Gehirn an die Muskeln geschickt
Afferente Nerven	Ein Freund wirft dir einen Ball zu.
Muskelreaktion	Die visuelle Information wird an das Gehirn geleitet.
Zentrales Nervensystem	Das Gehirn verarbeitet die Information.

Aufgabe 2: Erörtert potenzielle Auswirkungen einer hohen Herzfrequenz (Puls) auf die Arbeitsleistung des Gehirns.

M7 Mathetest

Aufgabe: Berechnet die Aufgabe und tragt die Lösungen in die Kästchen ein.

$6 \times 7 =$

$8 + 9 =$

$7 - 5 =$

$8 + 3 =$

$9 \times 4 =$

$8 \times 7 =$

$12 : 3 =$

$9 \times 10 =$

$7 + 4 =$

$3 \times 5 =$

$9 : 3 =$

$4 \times 7 =$

$8 + 3 =$

$6 \times 7 =$

M8 Laufzettel-Testung

Aufgabe 1: Messt vor jedem Mathetest euren Puls und notiert ihn in der Tabelle.

Aufgabe 2: Führt den Mathetest durch. Euer Partner misst die Zeit. Tragt in der Tabelle für jeden Mathetest, den ihr macht, die Bearbeitungszeit und die Fehleranzahl ein.

Aufgabe 3: Errechnet aus der Fehlerzahl und der Bearbeitungszeit eure finale Testzeit (Total).

Tabelle 1: Messergebnisse der Tests

Zeitpunkt	Puls	Bearbeitungszeit	Fehleranzahl (+10 Sek.)	Total
Ruhezustand (Mathetest 1)				
Nach dem Aufwärmen		–	–	
Mathetest 2				
Mathetest 3				