

Die „Kopfstand-Diät“ Untersuchung ungewöhnlichen Sportlerverhaltens

Tabea Renner

Lohrerstr. 118
63857 Waldaschaff
Tel.: 06095/8960
tabea.renner@lycos.de
02.06.1991
Klasse 11a

Katrin Fleckenstein

Aschaffenerstr.42
63877 Sailauf
Tel.: 06093/7462
katrin.fleckenstein@googlemail.com
14.06.1991
Klasse 11a

Hanns-Seidel-Gymnasium

An der Maas 2
63768 Hösbach
06021/449890

Projektbetreuer: OStR Claus-Peter Horn

In Fachkreisen ist bekannt, dass sich Ringer, deren Gewicht an der oberen Grenze ihrer Wettkampfklasse liegt, direkt vor der Gewichtskontrolle mehrere Minuten auf den Kopf stellen. Dies soll einen minimalen, jedoch im Grenzbereich relevanten Gewichtsverlust zur Folge haben.

Ein Lehrer unserer Schule - selbst erfahrener Ringer und ehemaliger Hessenmeister - informierte uns über dieses Phänomen, woraufhin wir ebenso erstaunt bis ungläubig reagierten wie all diejenigen, denen wir in der Folgezeit von dem ungewöhnlichen Sportlerverhalten erzählten.

Da diese „Kopfstand-Diät“ von Kampfsportlern schon seit Jahrzehnten praktiziert wird, gingen wir davon aus, dass der Effekt der Gewichtsreduktion tatsächlich auftritt. Dennoch war es das erste Ziel unserer Arbeit, diesen experimentell zu bestätigen.

Über die Ursache für den Gewichtsverlust wird selbst in Internetforen international heiß diskutiert. Dort werden die verschiedensten Theorien und teilweise haarsträubende Erklärungsversuche zum Besten gegeben. Letztlich kann aber keiner diesen nahezu unglaublichen Effekt erklären.

Im Rahmen dieser Arbeit werden verschiedene Erklärungsversuche für die „Kopfstand-Diät“ diskutiert und experimentell überprüft.

Inhaltsverzeichnis

1	Problemstellung und Zielsetzung	3
2	Theoretische Erklärungen für den Gewichtsverlust	4
2.1	Verlagerung des Schwerpunkts	4
2.2	Bewegte Masse	5
2.2.1	Konstante Fließgeschwindigkeit des Blutes	5
2.2.2	Nicht konstante Fließgeschwindigkeit des Blutes	6
2.3	Hormonbedingte Steigerung der Harnproduktion	7
2.4	Zellatmung	8
2.4.1	Theoretische Grundlagen	8
2.4.2	Kohlenstoffdioxid	8
2.4.3	Oxidationswasser	8
2.5	Transpiration	9
2.5.1	Perspiratio insensibilis	9
2.5.2	Perspiratio sensibilis	9
2.6	Übersicht	10
3	Experimente	11
3.1	Versuch auf Balkenwaage	11
3.1.1	Versuchsaufbau	11
3.1.2	Durchführung	11
3.1.3	Ergebnisse	11
3.2	Präzisionsmessung mit Kraftmessplatte	12
3.2.1	Versuchsaufbau	12
3.2.2	Durchführung	12
3.2.3	Experimentelle Ergebnisse	13
3.2.3.1	Veränderung der Gewichtskraft der Testpersonen	13
3.2.3.2	Veränderung der Masse der Kleidungsstücke	13
3.2.4	Mögliche Fehlerquellen	14
3.3	Präzisionsmessung mit Industriewaage mit Laborgenauigkeit	14
3.3.1	Versuchsaufbau	14
3.3.2	Durchführung	14
3.3.3	Experimentelle Ergebnisse	14
3.3.3.1	Veränderung der Masse der Testpersonen	14
3.3.3.2	Veränderung der Masse der Kleidungsstücke	15

1 Problemstellung und Zielsetzung

In Fachkreisen ist bekannt, dass sich Ringer, deren Gewicht an der oberen Grenze ihrer Wettkampfklasse liegt, direkt vor der Gewichtskontrolle mehrere Minuten auf den Kopf stellen. Dies soll einen minimalen, jedoch im Grenzbereich relevanten Gewichtsverlust zur Folge haben.

Ein Lehrer unserer Schule - selbst erfahrener Ringer und ehemaliger Hessenmeister - informierte uns über dieses Phänomen, woraufhin wir ebenso erstaunt bis ungläubig reagierten wie all diejenigen, denen wir in der Folgezeit von dem ungewöhnlichen Sportlerverhalten erzählten.

Da diese „Kopfstand-Diät“ von Kampfsportlern schon seit Jahrzehnten praktiziert wird, gingen wir davon aus, dass der Effekt der Gewichtsreduktion tatsächlich auftritt. Dennoch war es das erste Ziel unserer Arbeit, diesen experimentell zu bestätigen.

Über die Ursache für den Gewichtsverlust wird selbst in Internetforen international heiß diskutiert. Dort werden die verschiedensten Theorien und teilweise haarsträubende Erklärungsversuche zum Besten gegeben. Letztlich kann aber keiner diesen nahezu unglaublichen Effekt erklären.

Im Rahmen dieser Arbeit werden verschiedene Erklärungsversuche für die „Kopfstand-Diät“ diskutiert und experimentell überprüft.

Wie wir erfahren haben, wird dieser Trick folgendermaßen angewendet:

Zuerst wärmen sich die Ringer auf, um sich anschließend etwa zehn Minuten auf den Kopf zu stellen. Danach rubbeln sie den Schweiß, der durch die körperliche Anstrengung entstanden ist, mit einem Handtuch ab. Nun begeben sie sich auf die Balkenwaage, die auf das Höchstgewicht der entsprechenden Gewichtsklasse eingestellt ist. Bewegt sich der Zeiger nach unten, so liegt das Gewicht des Sportlers unter dem Maximalgewicht. Schlägt der Zeiger jedoch nach oben aus, so wird das zulässige Gewicht überschritten.

Da die Gewichtskraft und deren Änderung einen physikalischen Sachverhalt darstellen und wir davon ausgegangen sind, dass die Ursache des Gewichtsverlusts auf einem physikalischen Effekt beruht, treten wir mit unserer Arbeit im Fachgebiet Physik an, wobei auch biologische Aspekte eine nicht unwesentliche Rolle in unserer Arbeit spielen.

2 Theoretische Erklärungen für den Gewichtsverlust

Alle nachfolgenden Zahlenangaben stammen aus Fachliteratur oder wurden in persönlichen Gesprächen mit Herrn Dr. med. Wanja Renner, Facharzt für Innere Medizin in Bamberg, sowie Herrn StR Peter Wamser, Chemie- und Biologielehrer unserer Schule, in Erfahrung gebracht.

2.1 Verlagerung des Schwerpunkts

Eine der Theorien, die im Internetforum aufgestellt wird, besteht aus der Vermutung, dass sich der Schwerpunkt des menschlichen Körpers nach dem Kopfstand vom Erdmittelpunkt entfernt und dies den Gewichtsverlust ausmacht.

Der Körper ist die länger andauernde „Kopfstand-Position“ nicht gewohnt und nicht in der Lage, den Blutkreislauf unverändert aufrecht zu erhalten. Es wird nicht mehr die gesamte Menge an Blut durch den Körper gepumpt. Deswegen sackt eine bestimmte Menge an Blut während des Kopfstandes in Richtung Kopf. Auch ein nicht unwesentlicher Betrag anderer Körperflüssigkeiten, wie z.B. die Lymphflüssigkeit, fließt in den Oberkörper.

Wenn man sich nach etwa zehn Minuten Kopfstand wieder aufrichtet, befindet sich der Schwerpunkt im ersten Moment ein kleine Strecke weiter vom Erdmittelpunkt entfernt als vor dem Kopfstand.

Da die Gravitationskraft, die auf einen Körper wirkt, sich umso mehr verringert, je weiter dessen Schwerpunkt vom Erdmittelpunkt entfernt ist, wird seine Gewichtskraft kleiner. Nach dem Kopfstand ist die Gewichtskraft des Körpers also minimal geringer ist als zuvor.

Es ist wohl offensichtlich, dass diese Änderung der Gewichtskraft viel zu gering ist, um das Ergebnis maßgeblich zu beeinflussen.

Dies wollen wir mit der folgenden Rechnung nachweisen.

Hierbei vernachlässigen wir die geschätzten 1,3-1,5m, die der Schwerpunkt ohnehin schon von der Erdoberfläche entfernt ist, da diese nicht ins Gewicht fallen.

Aus dem Gravitationsgesetz:

$$F_G = G \cdot \frac{m_{Erde} \cdot m_{Körper}}{r_{Erde-Körper}^2}$$

$$\text{mit: } G = 6,673 \cdot 10^{-11} \frac{m^3}{kg \cdot s^2} \text{ (Gravitationskonstante)}$$

folgt für den relativen Unterschied $\frac{\Delta F_K}{F_{vK}}$ der Gewichtskraft bei der Verlagerung des Schwerpunkts um eine zusätzliche Strecke d vom Erdmittelpunkt weg

$$\frac{\Delta F_K}{F_{vK}} = \frac{F_{vK} - F_{nK}}{F_{vK}} = \frac{G \cdot \frac{m_E \cdot m_K}{r_{EK}^2} - G \cdot \frac{m_E \cdot m_K}{(r_{EK} + d)^2}}{G \cdot \frac{m_E \cdot m_K}{r_{EK}^2}} = \frac{\frac{1}{r_{EK}^2} - \frac{1}{(r_{EK} + d)^2}}{\frac{1}{r_{EK}^2}} = 1 - \frac{r_{EK}^2}{(r_{EK} + d)^2}$$

mit: F_{vK} = Gewichtskraft des Körpers vor dem Kopfstand
 F_{nK} = Gewichtskraft des Körpers nach dem Kopfstand
 d = Strecke, um die sich der Schwerpunkt vom Erdmittelpunkt entfernt

Unter der Annahme, dass sich der Schwerpunkt durch den Kopfstand sicherlich weniger als 0,05m vom Erdmittelpunkt entfernt, folgt für den relativen Unterschied der Gewichtskraft

$$\frac{\Delta F_K}{F_{vK}} < 1 - \frac{(6,37 \cdot 10^6 m)^2}{(6,37 \cdot 10^6 m + 0,05m)^2} = 1,5699 \cdot 10^{-8} \approx 1,6 \cdot 10^{-8}$$

Der Massenunterschied $\Delta m = m_{vK} - m_{nK}$ beträgt demnach

$$\Delta m_K = \frac{\Delta F_K}{F_{vK}} \cdot m_{vK}$$

Unter der Annahme, dass der Sportler 70kg wiegt, beträgt der Gewichtsverlust

$$\Delta m_K < 1,6 \cdot 10^{-8} \cdot 70kg \approx 1,1 \cdot 10^{-6} kg$$

also: $\Delta m_K < 1,1mg$

Wie man sieht, verändert sich das Körpergewicht durch die Schwerpunktverschiebung nur minimal. Diese geringen Änderungen sind mit keiner Personenwaage messbar und können deswegen vernachlässigt werden.

Problematisch ist an dieser Theorie prinzipiell auch, dass sich das Blut nach dem Kopfstand nicht dauerhaft im oberen Teil des Körpers befindet. Beim Aufrichten beginnt es wieder in Richtung Füße zu fließen und sich gleichmäßig im ganzen Körper zu verteilen. Somit befindet sich der Schwerpunkt kurze Zeit nach dem Kopfstand wieder in seiner Ausgangslage, was bedeutet, dass das Gewicht der Person auch wieder seinen ursprünglichen Wert angenommen hat.

2.2 Bewegte Masse

2.2.1 Konstante Fließgeschwindigkeit des Blutes

Wie schon im Gliederungspunkt 2.1 erklärt wurde, sackt während des zehnminütigen Kopfstandes ein Teil des Blutes und der Lympflüssigkeit in den Kopf sowie Oberkörper und wird nicht mehr durch den gesamten Körper gepumpt. Wenn der Proband sich nun wieder aufrichtet, fließt dieser Betrag an Flüssigkeit, wobei man von 1-1,5l ausgehen kann, nach

unten in Richtung der Füße. (Zur Vereinfachung des Sachverhalts betrachten wir im Folgenden jedoch nur das Blut.)

Wenn das Blut mit einer konstanten Geschwindigkeit nach unten fließt, d.h. nicht beschleunigt wird, hat diese Bewegung innerhalb des Körpers keine Auswirkung auf die Gewichtskraft der Person.

Um dies physikalisch zu erklären, nehmen wir an, dass das bewegte Blut im „Restkörper“ frei, d.h. mit der Fallbeschleunigung g , nach unten fällt. In diesem Fall würde die Masse des bewegten Bluts keinen Beitrag auf der Waage liefern und sozusagen „nichts wiegen“.

Sollte das Blut aber mit konstanter Geschwindigkeit fallen, so muss die Summe der an ihm angreifenden Kräfte gleich Null sein (1. Gesetz von Newton). Die Adern müssen demnach eine nach oben wirkende Reibungskraft auf das Blut ausüben, deren Betrag gleich der entgegengesetzten Gewichtskraft des Blutes ist.

Wegen „*actio = reactio*“ (3. Gesetz von Newton) übt dann aber das Blut eine gleich große Kraft auf den „Restkörper“ nach unten aus, sodass die Waage wieder genau die tatsächliche Gewichtskraft des Körpers anzeigt: Die Summe aus der Gewichtskraft des Blutes und der des „Restkörpers“.

2.2.2 Nicht konstante Fließgeschwindigkeit des Blutes

Wenn sich das Blut, das sich im Kopf und Schulterbereich angesammelt hat, beim Aufrichten des Sportlers beschleunigt, so kommt es zu einem Gewichtsverlust.

Bei der physikalischen Erklärung kann man wie in 2.2.1 argumentieren. Da das Blut allerdings beschleunigt wird, bremsen es die Adern nur mit einer Kraft, die unter der Gewichtskraft des Blutes liegt, ab.

Aus dem 3. Gesetz von Newton folgt wiederum, dass das Blut auch eine kleinere Kraft als seine tatsächliche Gewichtskraft nach unten auf den „Restkörper“ ausübt.

Solange das Blut beschleunigt wird, ist der Körper anscheinend leichter, da die Gewichtskraft der Person nur noch aus der Summe der reduzierten Gewichtskraft des Blutes und der normalen Gewichtskraft des „Restkörpers“ besteht.

Dabei gilt, dass die beschleunigende Kraft auf das Blut gleich der Gewichtsreduktion ist. Dieser Gewichtsverlust soll im Folgenden abgeschätzt werden.

Für die Beschleunigung des Blutes a_B gilt:

$$a_B = \frac{2x}{t^2}$$

mit: x = Strecke, auf der das Blut beschleunigt wird
 t = Zeitdauer der Beschleunigung

Bei einem Erwachsenen mit einer Größe von ca.1,8m und kann man für die Strecke x maximal einen Wert von 0,5m für die entsprechende Zeit $t=5s$ annehmen.

Aus diesen Werten folgt:

$$a_B \approx 0,04 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$$

Für die Gewichtskraft F_{Verlust} , die durch die Beschleunigung des Blutes verloren geht, gilt:

$$F_V = m_B \cdot a_B$$

mit: m_B = Masse des beschleunigten Blutes

Setzt man nun als zu beschleunigende Masse das geschätzte Maximum von 1,5kg Blut ein, so kommt man zu folgendem Ergebnis:

$$F_V < 1,5\text{kg} \cdot 0,04\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$$
$$m_V < 6\text{g}$$

Der Gewichtsverlust durch die Beschleunigung der Körperflüssigkeiten liegt unter 6g und ist somit irrelevant.

Ein weiteres Problem bei der Beschleunigung von Blut und dem damit zusammen hängenden Gewichtsverlust besteht darin, dass das Blut zum Schluss auch wieder abgebremst werden muss. Dabei tritt ein gegenläufiger Effekt auf: Die resultierende Kraft der abgebremsten Masse beträgt dann die Summe aus Gewichtskraft und Kraft durch die Verzögerung, d.h. letztendlich ist die Gewichtskraft der Person in dem Moment, in dem das Blut wieder abgebremst werden muss, sogar noch größer als tatsächlich.

Nach ersten Beschreibungen des Effektes und der Angabe, dass man sich möglichst sofort nach dem Kopfstand wiegen lassen müsste, glaubten wir, dass die Gewichtsreduktion vordergründig durch die Beschleunigung des Blutes hervorgerufen wird, was jedoch hiermit widerlegt wurde.

2.3 Hormonbedingte Steigerung der Harnproduktion

Während des Kopfstandes steht eine größerer Blutsäule auf dem Herz als während des normalen Stehens, dies bedeutet, dass ein größerer Druck auf die Herzwände ausgeübt wird. Dabei dehnt sich unter anderem der Herzvorhof stärker aus.

Der Körper vermutet hinter dieser Dehnung ein erhöhtes Blutvolumen, was einen hohen Blutdruck bedeutet. Obwohl das Blutvolumen nicht erhöht wurde, wird sofort eine Gegenreaktion zur Reduktion des Drucks eingeleitet: Die betroffenen Muskelzellen des Vorhofes schütten das atriale natriuretische Peptid aus.

Dieses Hormon reguliert den Salz- sowie Wasserhaushalt des Körpers und somit auch den Blutdruck, der ja scheinbar gestiegen ist.

Aufgrund seiner Natrium-Ionen ausschwemmenden Wirkung führt ANP zu einer erhöhten Natriumausscheidung. Da Natrium osmotisch aktiv ist, wird dem Körper nicht nur Natrium, sondern automatisch auch Wasser entzogen. Aus dem Blutplasma wird in den Nieren mehr Wasser herausgefiltert, sodass sich letztendlich mehr Urin in der Blase sammelt.

Nach einem zehnmütigen Kopfstand kann man demzufolge deutlich mehr Wasser lassen als zuvor.

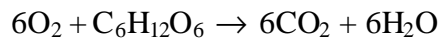
Vorausgesetzt der Sportler begibt sich zwischen Kopfstand und Wiegen zur Toilette, so kann er sein Gewicht um ca. 50g reduzieren, da er in der Lage ist bis zu ca. 50ml Urin zusätzlich auszuscheiden.

2.4 Zellatmung

2.4.1 Theoretische Grundlagen

Um körperliche Leistungen erbringen zu können, muss der Körper in seinen Muskelzellen durch Reaktionen Energie frei setzen. Dieser Vorgang wird als Zellatmung oder auch innere Atmung bezeichnet und stellt das Gegenstück zur Photosynthese bei Pflanzen dar. Die Zellen müssen dafür Glucose und Sauerstoff aufnehmen, welche in den Mitochondrien zu Kohlenstoffdioxid und Wasser verbrannt werden. Um diese Reaktion zu ermöglichen, wird die Aktivierungsenergie dieser Reaktion von Enzymen auf die Körpertemperatur heruntersetzt.

Die entsprechende Reaktionsgleichung für die Glucoseverbrennung lautet:



2.4.2 Kohlenstoffdioxid

CO₂ gelangt über die Blutbahnen in die Lunge, wo es dann ausgeatmet wird. Gleich in Folge wird jedoch wieder die gleiche Menge an lebensnotwendigem Sauerstoff eingeatmet. Dies bedeutet, dass durch die CO₂-Abgabe Masse verloren geht, aber durch das Einatmen von O₂ auch wieder Masse aufgenommen wird. Deswegen beträgt der resultierende Masseverlust nur die Differenz von CO₂ und O₂.

Während des zehnmütigen Kopfstands werden ca. 30-40l Luft ein- und schließlich wieder ausgeatmet. Da die Luft nur zu etwa 20% aus O₂ besteht, gelangen also nur 6-8l reiner Sauerstoff in den Körper. Bei Normalbedingungen entspricht dies 0,27-0,36Mol O₂. Der Körper nimmt also durch das Atmen 8,6-11,4g an Masse auf.

Entsprechend wird aber auch wieder die gleiche Stoffmenge Kohlenstoffdioxid ausgeatmet. 7-0,36Mol CO₂ entsprechen 11,8-15,7g, die beim Ausatmen abgegeben werden.

Letztendlich beträgt der Gewichtsverlust durch das Ausatmen von CO₂ also etwa 3-4g.

2.4.3 Oxidationswasser

Das Wasser, das direkt in den Muskelzellen aufgrund der Zellatmung entsteht, bleibt größtenteils im Muskelgewebe. Doch da nun prinzipiell mehr Flüssigkeit vorhanden ist, kann an anderer Stelle mehr Wasser ausgeschieden werden. Aus diesem Grund kann man die Situation so betrachten, als ob das entstandene Wasser selber den Organismus verlässt.

H₂O wird nicht nur als kühlender Schweiß abgesondert, sondern verlässt den Organismus auch als Wasserdampf, der in der Atemluft angereichert ist sowie über die natürliche, durch Diffusion bedingte, Verdunstung von Wasser an der Hautoberfläche.

Hierbei muss man jedoch beachten, dass nicht nur das entstandene Oxidationswasser abgegeben wird. Da der Mensch zu ca. 70% aus Wasser besteht, kann ihm Wasser aus dem gesamten Gewebe entzogen werden, welches nicht zwangsläufig durch die Glucoseverbrennung entstanden sein muss. Aus diesem Grund ist der Betrag der Wasserabgabe über Haut und Atemwege erheblich höher als der Betrag des Wassers, der bei der Zellatmung frei wird. Deswegen werden wir diese Formen von Wasserverlust als eigenen Gliederungspunkt aufführen und genauer untersuchen.

Nichtsdestotrotz berechnen wir nun einmal die Wasserabgabe, die allein durch die Zellatmung ermöglicht wird:

Aus der Gleichung wird ersichtlich, dass die gleiche Stoffmenge H_2O wie CO_2 entsteht, nämlich 0,27-0,36 Mol. Umgerechnet mit der Molaren Masse des Wassers von 14g pro Mol kommt man somit auf einen Wasserverlust von ungefähr 4-5g.

2.5 Transpiration

2.5.1 Perspiratio insensibilis

Der Begriff Perspiratio insensibilis bezeichnet die Verdunstung von Wasser über Haut sowie über Schleimhäute der Atemwege, welche jedoch mit dem Auge gewöhnlich nicht sichtbar ist: Die vom Wasserdampf gesättigte Atemluft sowie die Diffusion durch die Haut ohne jegliche Beteiligung der Schweißdrüsen.

Die Perspiratio insensibilis ist prinzipiell abhängig von der Körpertemperatur, der Außentemperatur sowie der körperlichen Aktivität und macht etwa 30% des täglichen Wasserverlustes aus: Sie führt bei einem Erwachsenen zu einem täglichen Wasserverlust von 500 bis zu 1000ml Wasser, wobei vier Teile dieses Betrags der Atmung und fünf Teile der Diffusion zuzuschreiben sind.

Umgerechnet auf zehn Minuten bedeutet dies einen Wasserverlust von insgesamt 3,5-6,9ml Wasser, davon fallen 1,4-2,8ml Flüssigkeit auf die Atmung und 2,1-4,2ml auf die Diffusion.

Während des zehnmütigen Kopfstands, steigt der Betrag der Perspiratio insensibilis:

Einerseits wird in demselben Zeitabschnitt mehr Luft ein- und wieder befeuchtet ausgeatmet, da dem Körper der zur Energiegewinnung benötigte Sauerstoff durch die Atmung zugeführt werden muss. Andererseits entsteht durch die innere Atmung zusätzliches Wasser und wird auf alle möglichen Wege aus dem Körper heraustransportiert. Dazu zählt selbstverständlich auch die Atemluft, welche nun intensiver befeuchtet wird.

Dadurch, dass mehr und feuchtere Luft ausgeatmet wird, vergrößert sich der Betrag der Perspiratio insensibilis. Doch da dieser grundsätzlich schon sehr niedrig ist, bewirkt selbst eine 100%ige Steigerung dieses Wasserverlusts durch sportliche Aktivität maximal einen Gewichtsverlust von ca. 6-14g innerhalb von zehn Minuten.

Da dieser Betrag relativ niedrig ist, kommt diese Form von Gewichtsverlust nicht als ausschlaggebender Faktor für die messbare Gewichtsänderung in Frage.

2.5.2 Perspiratio sensibilis

Unter dem Ausdruck Perspiratio sensibilis versteht man die sichtbare Absonderung von Schweiß auf der Haut. Ein Mensch besitzt 2-4 Millionen Schweißdrüsen, deren Funktion es ist, den Körper abzukühlen, wenn er durch innere oder äußere Einflüsse großer Wärme ausgesetzt ist, wie zum Beispiel bei körperlicher Ertüchtigung, starker seelischer Belastung oder großer Hitze. Schweiß besteht hauptsächlich aus Wasser (wobei auch das bei der Glucoseverbrennung entstandene Wasser als Schweiß ausgestoßen wird), Salzen und Stoffwechselschlacken. Er wird über Schweißdrüsen und deren Poren abgegeben, die an der Hautoberfläche münden.

Durch Verdunstungskälte des Schweißes wird dem Organismus Energie entzogen und er dadurch abgekühlt. Schweiß kann allerdings nur dann verdunsten, wenn der Wasserdampfdruck der Luft geringer ist als der an der Hautoberfläche.

Abtropfender Schweiß kann den Körper nicht abkühlen, da die Verdunstungskälte nicht eintritt und somit die überschüssige Wärme nicht abgeführt werden kann. Dies bedeutet, dass abperlender Schweiß letztendlich also völlig umsonst vergossen wird.

Bei jedem Individuum variiert der Betrag der Transpiration, da er von der genetischen Veranlagung, der persönlichen Fitness, dem physischen und psychischen Zustand sowie der Erregbarkeit der Schweißdrüsen abhängig ist.

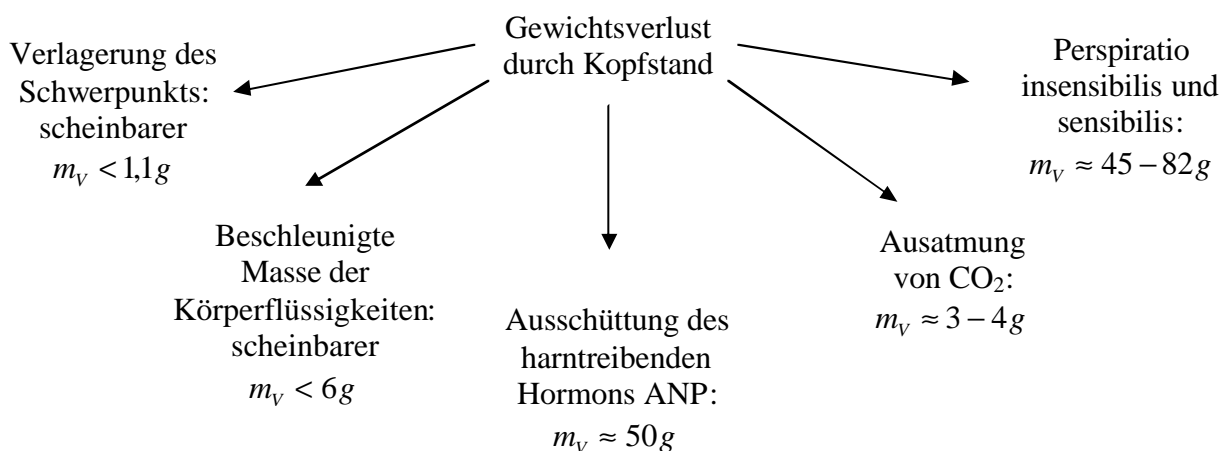
Durchschnittlich kann man jedoch mit einem Sekretaustoss von maximal 500ml pro Stunde und Quadratmeter Körperoberfläche bei schwerster körperlicher Anstrengung ausgehen. Da die Hautoberfläche eines Erwachsenen 1,5-2,0m² beträgt, kommt man in zehn Minuten zu einem maximalen Betrag von 130-170ml Schweiß.

Ein zehnmütiger Kopfstand ist eine große Herausforderung an den Körper, da das gesamte Körpergewicht auf Scheitel und Handflächen ruht und mithilfe der Muskelkraft gehalten werden muss. Trotzdem stellt er noch nicht die Maximalbelastung des Körpers dar. Der Körper ist durchaus zu noch höheren Leistungen imstande, die mit einer größeren Erhitzung und somit auch größeren benötigten Abkühlung verbunden ist. Aus diesem Grund kann man für diese Übung etwa nur 30-40% der größtmöglichen Transpiration annehmen, was umgerechnet einen Schweißausstoß von 39-68ml bedeutet. Die Dichte von Schweiß liegt nur minimal unter der von Wasser, deswegen wählt man den Wert 1,0kg pro dm³.

Umgerechnet kann man also von einem Gewichtsverlust von maximal ca. 70g durch Schweißabsonderung ausgehen. Dieser Betrag enthält dann aber auch schon die Wasserabgabe, die durch die Glucoseverbrennung ermöglicht wird.

Da man mit Hilfe des „Kopfstand-Tricks“ eine Gewichtsreduktion von 50-100g erwartet, liegt der Verlust durch Transpiration im relevanten Bereich, sodass man davon ausgehen kann, dass der hauptsächliche Gewichtsverlust durch Schweißabsonderung zustande kommt.

2.6 Übersicht



Insgesamt kommt man zu einem maximalen Gewichtsverlust durch den zehnmütigen Kopfstand von etwa 140g.

3 Experimente

Um das Phänomen nachvollziehen zu können, führten wir verschiedene Versuche mit mehreren Probanden und unterschiedlichen Waagen durch.

3.1 Versuch mit Säulenwaage

3.1.1 Versuchsaufbau



Abb.1: Säulenwaage

Zuerst wollten wir die prinzipielle Richtigkeit des Effektes prüfen. Um den Versuch möglichst praxisbezogen durchführen zu können, benutzten wir eine Säulenwaage, in einer Arztpraxis, deren Skala in 100g-Schritte aufgeteilt ist, bei denen die Schiebegewichte einrasten können. Einstellungen zwischen den 100g-Markierungen sind aber auch möglich.

Da die Waage sehr empfindlich reagiert, sind jedoch schon minimale Abweichungen feststellbar. Experimentell ermittelten wir die Empfindlichkeit der Säulenwaage. Dafür legten wir ein 5-Kilogrammgewicht auf die Waage und stellten dieses Gewicht oben auf der Skala ein. Nun legten wir weitere kleine Gewichte auf die Waage und beobachteten den Zeiger. Bei einer Gewichtsänderung von 10g schlug der Zeiger zum ersten Mal sichtbar leicht nach oben aus.

3.1.2 Durchführung

Der Proband stellte sich zunächst auf die Säulenwaage und wir positionierten die Gewichtsschieber so, dass sich die Nasen der Waage auf einer Höhe befanden. Diese Gewichtseinstellung wurde im folgenden Verlauf nicht verändert.



Abb.3: Testperson
beim Kopfstand

Im nächsten Schritt musste der Proband einen zehnminütigen Kopfstand absolvieren.

Schon nach fünf Minuten konnte man beobachten, dass seine Füße weiß und der Kopf rot wurde, was zeigt, dass ein Teil des Blutes während des Kopfstandes von den Füßen in den Kopf gesackt ist. Auch stellte der Sportler fest, dass seine Füße taub wurden. Dies ist ein weiteres Indiz dafür, dass sich nur noch wenig Blut in den Füßen befand und sie somit nicht mehr so stark durchblutet wurden.



Abb.2: Gewichtseinstellung

3.1.3 Ergebnisse

Direkt nach dem Kopfstand stellte sich der Proband wieder auf die Säulenwaage, die auf sein Ausgangsgewicht eingestellt war. Der Zeiger schlug nicht nur leicht, sondern deutlich sichtbar nach unten aus. Somit hat sich das Gewicht des Sportlers durch den Kopfstand verringert und die prinzipielle Richtigkeit des Effektes ist bewiesen.

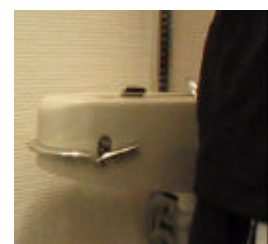


Abb.4: Gewichtsverlust

3.2 Präzisionsmessung mit Kraftmessplatte

3.2.1 Versuchsaufbau

Auf der Suche nach einer Präzisionswaage erhielten wir einen Tipp von einem Lehrbeauftragten am Lehrstuhl für Didaktik der Physik der Universität Würzburg. Dieser schlug uns als Präzisionswaage die Kraftmessplatte der Firma Vernier vor, die über das Messwerterfassungssystem LabQuest (Vernier) an einen PC angeschlossen und mit der Software LoggerPro (Vernier) ausgewertet wird. Die Anschaffung ermöglichte uns dankenswerterweise der Sponsorpool Bayern der Stiftung Jugend forscht e. V. Diese Waage hat aber den Nachteil, dass sie nur auf ca. 20g genau misst. Wir haben versucht durch Mehrfachmessungen den statistischen Fehler zu reduzieren.



Abb.5: Kraftmessplatte

3.2.2 Durchführung



Abb.6: Testpersonen beim Kopfstand

Zunächst bestimmten wir das Ausgangsgewicht der Probanden durch den Mittelwert der in einer bestimmten Zeiteinheit gemessenen Werte. Diesen Wert lieferte das Programm automatisch auf 0,1N genau.

Anschließend stellte sich der Sportler 10 Minuten auf den Kopf, um dann mit dem getragenen T-shirt abgerubbelt zu werden. Nun wurde der Sportler ein weiteres Mal gewogen.



Abb.7: Testperson auf Kraftmessplatte

Dabei mussten wir beachten, dass der Standort der Waage nicht verändert wurde, da es ansonsten zu ungewollten Veränderungen der Messwerte kommt.

Des Weiteren sollte der Proband möglichst ruhig auf der Waage stehen und sich nicht bewegen, da diese Veränderungen auch die Messwerte beeinflussen.

Um einen Vergleich zwischen Kopfstand und anderer körperlicher Anstrengung ziehen zu können, ließen wir die Sportler zehn Minuten lang Übungen wie beispielsweise Treppenläufe, Sit-ups, Kniebeugen und Liegestütze ausführen, wobei wir ihr Körpergewicht davor sowie danach ermittelten.



Abb.8: Testperson mit Anzug

Um festzustellen wie viel die Sportler bei der Ausführung der oben genannten Übungen und während des Ausübens des Kopfstandes schwitzten, wogen wir die T-Shirts der Probanden mit einer digitalen Küchenwaage vor und nach dem Kopfstand bzw. den Übungen.

Um diesen Betrag noch genauer bestimmen zu können, führten wir die gleichen Versuche mit einem Probanden, der einen wasserundurchlässigen Maleranzug trug, durch.

3.2.3. Experimentelle Ergebnisse

3.2.3.1 Veränderung der Gewichtskraft der Testpersonen

Jeder Wert entstand durch Mittlung, wobei jedem Mittelwert mindestens 100 Messwerte zugrunde lagen.

Veränderung der Gewichtskraft F_G der Testpersonen durch Kopfstand:

Testperson	F_G vor Kopfstand in N	F_G nach Kopfstand in N	Δm_G in kg	mittlere Δm_G in kg
A	696,7	696,4	0,03	≈ 0,08
A	719,7	718,5	0,12	
B	710,6	709,7	0,09	
B	741,3	740,2	0,11	
C	640,1	639,6	0,05	
D	685,4	684,7	0,07	

Veränderung der Gewichtskraft F_G der Testpersonen durch Übungen:

Testperson	F_G vor Übungen in N	F_G nach Übungen in N	Δm_G in kg	mittlere Δm_G in kg
A	700,8	699,3	0,15	≈ 0,10
B	725,5	724,7	0,08	
B	738,4	737,7	0,07	

3.2.3.2 Veränderung der Masse der Kleidungsstücke

Veränderung der Masse m_T der T-shirts durch Kopfstand:

Testperson	m_T vor Kopfstand in g	m_T nach Kopfstand in g	Δm_T in g	mittlere Δm_T in g
B	159	193	34	≈ 33
B	132	163	31	
C	143	181	38	
D	117	146	29	

Veränderung der Masse m_A des Anzugs durch Kopfstand:

Testperson	m_A vor Kopfstand in g	m_A nach Kopfstand in g	Δm_A in g
A	97	145	48

Veränderung der Masse m_T der T-shirts durch Übungen:

Testperson	m_T vor Übungen in g	m_T nach Übungen in g	Δm_T in g	mittlere Δm_T in g
B	115	157	42	≈ 40
B	142	179	37	

Veränderung der Masse m_A des Anzugs durch Übungen:

Testperson	m_A vor Übungen in g	m_A nach Übungen in g	Δm_A in g
A	107	164	57

3.2.4 Mögliche Fehlerquellen

Die Messungen mit der Kraftmessplatte lassen sich stark durch den Untergrund, auf dem die Platte steht, die Position, in der sich die zu wiegende Person befindet, sowie deren Bewegungen beeinflussen.

Aus diesen Gründen muss man davon ausgehen, dass auch die Ergebnisse unserer Versuche nur ungefähre Näherungswerte liefern und nicht zwangsläufig exakt sind.

3.3 Präzisionsmessung mit Industriewaage mit Laborgenauigkeit

3.3.1 Versuchsaufbau

Die Firma Stamm Waagen- und Kassensysteme in Aschaffenburg stellte uns eine Industriewaage mit Laborgenauigkeit von der Marke Kern kostenlos zur Verfügung. Mit dieser kann man Massen bis zu 101kg auf 0,5g genau bestimmen. Die Waage zeigt die Messwerte digital an. Da die Messwerte bei einem nicht völlig bewegungslosen Objekt schwanken, besteht auch die Möglichkeit mehrere Messwerte an der Schnittstelle der Waage auf den Computer zu übertragen. Die entsprechende Software von Kern nimmt diese Daten auf, sodass sich letztendlich wiederum der Mittelwert der gewogenen Person bestimmen lässt.

3.3.2 Durchführung

Wie in 3.2.2 wurden die Testpersonen und deren T-shirts separat mit der Industriewaage gewogen, anschließend wurde der zehnminütige Kopfstand durchgeführt. Daraufhin ermittelten wir ein weiteres Mal das Gewicht der Probanden sowie deren T-shirts.

3.3.3 Experimentelle Ergebnisse

3.3.3.1 Veränderung der Masse der Testpersonen

Die Standardabweichung beträgt bei unseren Messungen im Schnitt etwa 13g.

Veränderung der Masse m_G der Testpersonen durch Kopfstand

Testperson	m_G vor Kopfstand in kg	m_G nach Kopfstand in kg	Δm_G in g	mittlere Δm_G in g
E	70,158	70,102	56	
E	71,065	71,992	73	
E	70,753	70,692	61	
F	42,717	42,674	43	

F	42,683	42,647	36	≈ 53
F	43,751	43,703	48	

Veränderung der Masse m_G der Testpersonen durch Übungen:

Testperson	m_G vor Übungen in kg	m_G nach Übungen in kg	Δm_G in g	mittlere Δm_G in g
E	70,466	70,399	67	≈ 63
E	71,027	70,945	82	
E	71,726	71,655	71	
F	42,713	42,658	55	
F	42,301	42,243	58	
F	43,516	43,470	46	

3.3.3.2 Veränderung der Masse der Kleidungsstücke

Veränderung der Masse m_T der T-shirts durch Kopfstand

Testperson	m_K vor Kopfstand in g	m_K nach Kopfstand in g	Δm_K in g	mittlere Δm_K in g
E	228	253	25	≈ 30
E	164	202	38	
E	142	173	31	
F	158	180	22	
F	132	161	29	
F	142	174	32	

Veränderung der Masse m_T der T-shirts durch Übungen:

Testperson	m_K vor Übungen in g	m_K nach Übungen in g	Δm_K in g	mittlere Δm_K in g
E	215	259	44	≈ 35
E	165	202	37	
E	143	182	39	
F	153	182	29	
F	127	162	35	
F	174	198	24	

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Ergebnisse der Versuchsreihe die theoretischen Erklärungen aus Kapitel 2 bestätigen: Die Hauptursache des Gewichtsverlusts liegt entgegen der anfänglichen Vermutungen nicht an der bewegten Masse im Körper, sondern an der Transpiration.

Zusätzlich untersuchten wir welche Auswirkungen es auf das Körpergewicht hat, wenn man eine Person verkehrt herum mit den Füßen zur Decke hin aufhängt. Die Messungen bestätigten unser Ergebnis, dass die Transpiration die Hauptursache für den Gewichtsverlust

ist: Die Probanden, die sich in ihrem hängenden Zustand nicht anstrengen mussten und somit auch nicht schwitzten, verloren kein Gewicht.

Nun stellt sich aber die Frage, warum die Kampfsportler ausgerechnet einen Kopfstand und nicht andere Übungen durchführen, die offensichtlich den gleichen Effekt bewirken. Dies lässt sich jedoch ganz einfach damit beantworten, dass man nach mehreren Minuten Liegestützen, Sit-ups und Kniebeugen merklich außer Atem ist und sich schon relativ entkräftet fühlt. Dies ist jedoch problematisch, da die Sportler gleich im Anschluss in den Wettkampf starten müssen und dann möglichst fit sein wollen. Der Kopfstand bewirkt hingegen lediglich ein unangenehmes Gefühl am Kopf, was die Sportler beim Wettkampf nicht beeinträchtigt.

Danksagung

Wir bedanken uns recht herzlich bei

unseren Familien

für ihre tatkräftige sowie unverzichtbare Unterstützung

unseren Probanden Martin Maier, Simon Scherer, Ines Schnocks, Johannes Eich, Paul Benz und Daniel Renner

die uns dieses Projekt durch ihren bedingungslosen Einsatz überhaupt erst ermöglichten

OStR Claus-Peter Horn

für die Hilfe und unermüdliche Motivation

StR Thomas Geßner, Mathematik- und Physiklehrer sowie Dozent an der Universität Würzburg

der uns mit seinem technischen und elektronischen Fachwissen die Durchführung vieler Versuche ermöglichte

Dr. med. Wanja Renner, Facharzt für Innere Medizin und StD Kurt Heeg, Chemie- und Biologielehrer und StR Peter Wamser, Chemie- und Biologielehrer

für die zahlreichen Informationen im Bereich der Medizin, der Biologie sowie Chemie

den Firmen Stamm Waagen- und Kassensysteme in Aschaffenburg sowie Kern Waagen und Gewichte, insbesondere Frau Nussbaum

für die kostenlose Bereitstellung der Industriewaage

der Gemeinschaftspraxis Niegisch - Dragastan-Niegisch in Waldaschaff

die uns bereitwillig ihre Säulenwaage zur Verfügung stellte

Literatur

Wilhelm, Thomas; Geßner, Thomas; Suleder, Michael; Heuer, Dieter: *Sportaktivitäten vielseitig analysieren und modellieren – Video- und Messdaten multimedial aufbereiten*; In: Praxis der Naturwissenschaften; Aulis-Verlag; Ausgabe 2/52 Jahrgang 2003

Grehn Joachim, Krause Joachim: *Metzler Physik*; Metzler-Verlag; 4. Auflage; 2007

Gerthsen, Christian; Meschede, Dieter: *Gerthsen Physik*; Springer-Verlag; Ausgabe März 2006

Bartels, Heinz; Bartels, Ruth: *Physiologie: Lehrbuch und Atlas*; Urban & Schwarzenberg-Verlag; 5. Auflage 1995

Silbernagel, Stefan; Agamemnon Despopoulos: *Taschenatlas der Physiologie*; Thieme-Verlag; 4. Auflage 1991

Smith, Tony: *Der menschliche Körper*; Bechtermünz-Verlag; 1. Auflage 1999

Benner, Klaus-Ulrich: *Der Körper des Menschen*; Weltbild-Verlag; 1. Auflage 1996

Deiml, Rudolf: *Ausgewählte Themen zur Operativen Intensivmedizin*, 5. Auflage 2007; <http://www.rudolf-deiml.de/>

Heseker, Helmut; Weiß, Michael: *Trinken und Leistungsfähigkeit in Beruf und Freizeit* http://www.forum-trinkwasser.de/studien/Studie4/Studie4_Inhalt.htm