

Vorschläge zur Unterrichtsdurchführung

Vorkenntnisse: Schwerpunkt, Kräfte- und Drehmomentgleichgewichte

1. Einleitung

Als Einführung kann man auf die Entwicklung des Menschen zu einem aufrecht gehenden Lebewesen eingehen, und dabei die daraus resultierende höhere Belastung der Wirbelsäule thematisieren. In diesem Zusammenhang bietet es sich an, den Aufbau der Wirbelsäule zu besprechen. Ein weiterer Inhalt sollte die Lage des Schwerpunkts beim Menschen sein. Dabei kann man auch über die Standfestigkeit sprechen.

Hinführung zum Thema:

Im Laufe der Evolution musste der Mensch, vor allem in der Zeit als er sich zum aufrecht gehenden Wesen entwickelte, Veränderungen durchmachen, um sich immer wieder neuen Situationen anzupassen. Die ausschließliche Nutzung der unteren Extremitäten als Träger- und Fortbewegungsorgane des Körpers befreite die Arme von diesen Funktionen. Parallel zu dieser Entwicklung erhebt sich der Rumpf über den unteren Gliedmaßen und wird zum Träger des Kopfes und der oberen Gliedmaßen. Diese Aufrichtung bedeutet wegen der Schwerkraft eine erhöhte mechanische Beanspruchung der Wirbelsäule, die als zentrale Achse den Oberkörper in Zusammenarbeit mit Muskeln und Nerven senkrecht halten muss. Außerdem muss der Rücken alle Lasten, die wir heben oder stemmen, tragen. Das falsche Hantieren mit schweren Lasten, welches große mechanische Belastungen für den Körper mit sich bringt, sowie eine ständig falsch eingenommene Haltung können Änderungen bzw. Erkrankungen an der Wirbelsäule bewirken. Das kommt insbesondere bei Menschen vor, die schwach ausgeprägte Muskeln besitzen. Diese richten die Wirbelsäule nicht so auf, dass sie wenig und vorwiegend axial belastet wird. Die Folge sind angespannte Muskeln und große Beanspruchungen auf Biegung, die zu Schmerzen und degenerierenden Erscheinungen in den Gelenken führen können.

Einförmige Bewegungsabläufe, starre Haltungen, lang andauerndes Sitzen bei zunehmend forderndem Arbeitstempo, Ganzkörperschwingungen, das Laufen auf asphaltierten Straßen usw. belasten die Wirbelsäule.

Aufbau der Wirbelsäule und Muskulatur

hand von Folien nach Bild 1 werden zunächst der Aufbau der Wirbelsäule und die Rumpfmuskulatur und ihre stabilisierende Funktion erläutert. Weiterhin wird mitgeteilt, dass beim Stehen normalgewichtiger Personen mit guter Körperhaltung das Lot des Schwerpunktes nur wenige Zentimeter an dem Zentrum der Lendenwirbelscheibe vorbeiläuft.

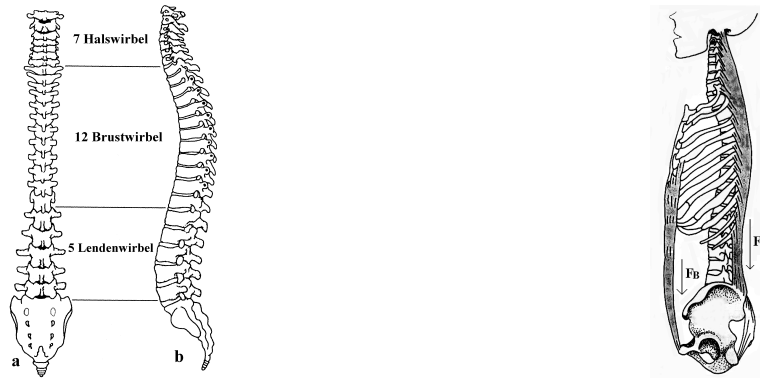
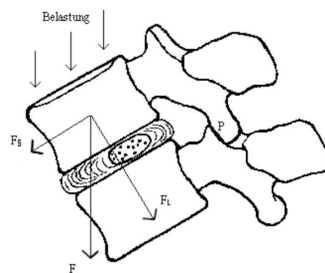


Bild 1: Folienvorschläge zum Aufbau der Wirbelsäule und Muskulatur



Die Lage des Schwerpunkts beim Menschen – stabiles Stehen

Eine Möglichkeit den Schwerpunkt einzuführen ist in der Unterrichtseinheit zur Statik des menschlichen Arms zu finden.

Für die folgenden Themen ist die Lage des Schwerpunktes des Oberkörpers einschließlich des Kopfes und der Arme wichtig. Leider gibt es keine einfache Möglichkeit in der Schule diesen Teilschwerpunkt zu bestimmen. Gleiches gilt für die Abstände der Wirkungslinien von Schwerkraft und Rückenmuskeln von den unteren Lendenwirbeln als Drehpunkt. Für die Beispielrechnungen spielt dies keine wesentliche Rolle. Den Schülerinnen und Schülern werden zur Abschätzung und zum Vergleich der Belastung Masse und Hebelarme mitgeteilt. Die Richtung der Änderung des Schwerpunkts bei Veränderung der Massenverteilung und der Körperhaltung sind intuitiv nachvollziehbar.

Unter 4. kann dies durch qualitative Betrachtungen zur Stabilität beim Stehen und zu Körperhaltungen vertieft werden.

2. Die Belastung der Rückenmuskulatur bei unterschiedlicher Lage des Schwerpunkts

Wie sich das Tragen schwerer Lasten, Übergewicht oder das falsche Heben auf die Belastung der Wirbelsäule auswirkt wird im Folgenden thematisiert.

Grunddaten: Gewichtskraft des Oberkörpers: 400 N, Abstand der Rückenmuskeln von der Wirbelsäule: 5 cm, Abstand des Schwerpunktes von der Wirbelsäule: 3 cm

Änderungen bei Übergewicht: Gewichtskraft des Oberkörpers 500 N, Abstand des Schwerpunktes von der Wirbelsäule: 6 cm

Änderungen im Sitzen: Abstand des Schwerpunktes von der Wirbelsäule: 15 cm

Als Anwendung des zweiseitigen Hebels kann die Belastung der Wirbelsäule einer normalgewichtigen Person mit einer übergewichtigen verglichen werden.

Durch folgenden Versuch kann die höhere Belastung mit wachsendem Bauch anschaulich gemacht werden:

In Bild 2a ist ein Modell eines Menschen dargestellt, das aus einem Holzbrett ausgesägt wurde, wobei das Schwerpunktlot des Oberkörpers etwa auf den Drehpunkt fällt. (Eine Bauanleitung für dieses Modell befindet sich am Ende dieses Textes zur Unterrichtsgestaltung.) Mit Hilfe dieses Modells kann man zeigen, dass praktisch keine Zugkraft notwendig ist, um die aufrechte Haltung beizubehalten und keine schräge Spannung entsteht. Bei einem realen Körper in dieser Lage brauchen die Rückenmuskeln also kaum Kräfte auszuüben, um das Gleichgewicht zu halten.

Wenn, wie in Bild 2b, der Modellrumpf einen Bauch bekommt, braucht man eine Kraft F_M um wieder eine aufrechte Haltung herzustellen. Diese Kraft muss bei einem dicken Menschen permanent von den Rückenmuskeln ausgeübt werden, was eine erhebliche Belastung für die Muskulatur und die Wirbelsäule darstellt.

Die Schülerinnen und Schüler werden feststellen, dass, je weiter der Schwerpunkt S eines Körperteiles (in diesem Fall des Oberkörpers) vom Drehzentrum P entfernt verläuft, um so größer ist die von den Rückenmuskeln auszuübende Kraft.

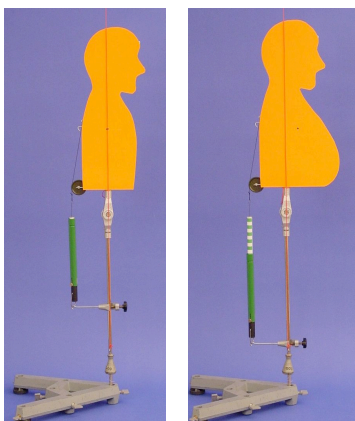


Bild 2: Eine normale aufrechte Haltung (a) braucht nur eine sehr geringe Zugkraft durch die Rückenmuskeln. (b) stellt einen rundlichen Menschen dar, wobei eine kompensierende Kraft (F_M) durch die Rückenmuskeln erforderlich wird.

Als Anwendung des Hebelgesetzes kann die höhere Belastung bei Übergewicht auch berechnet werden. Bei der normalgewichtigen Person (in den folgenden Aufgaben Herr Müller genannt) können folgende Daten zugrunde gelegt werden: Gewichtskraft des Oberkörpers: 400 N, Abstand der Rückenmuskeln von der Wirbelsäule: 5 cm, Abstand des Schwerpunktes von der Wirbelsäule: 3 cm. Daraus lässt sich die Kraft berechnen, die die Rückenmuskeln aufbringen müssen. Die Belastung der Wirbelsäule ergibt sich aus der Summe dieser Kraft und der Gewichtskraft des Oberkörpers (vgl. Bild 3a).

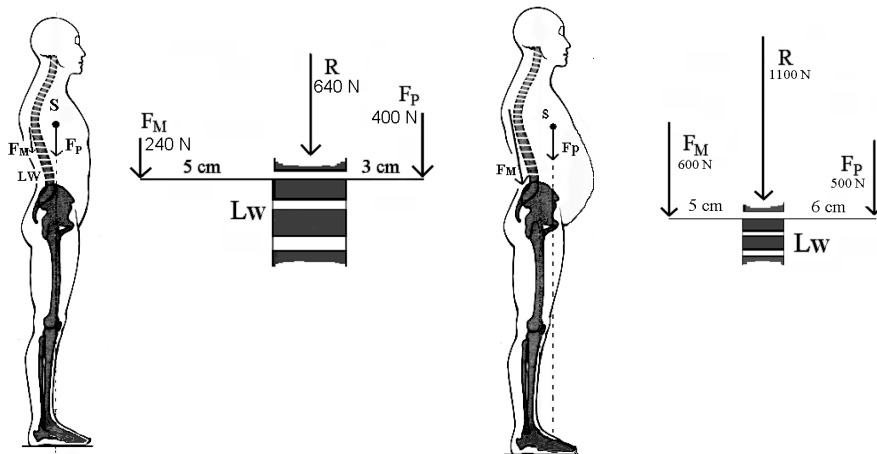


Bild 3: Die Masse des Oberkörpers der Person in b) ist um 10kg höher als die der Person in a). Dadurch verschiebt sich auch der Schwerpunkt. Die Belastung der Wirbelsäule ist fast doppelt so groß.

Hat man diese Aufgabe im Klassenverband gelöst bieten sich als weitere Übung die Berechnungen der Wirbelsäulenbelastung bei einer dickbäuchigen Person (Bild 3b), bzw. einer sitzenden Person, die sich stark nach vorne beugt, an.

Die zugehörigen Aufgaben könnten folgendermaßen lauten:

- Seit Herr Müller keinen Sport mehr treibt und das gute Essen genießt hat er zugenommen. Die Gewichtskraft seines Oberkörpers beträgt nun 500 N. Mit dem wachsenden Bauch hat sich auch der Schwerpunkt seines Körpers verschoben. Dieser hat nun einen Abstand von 6 cm zur Wirbelsäule. Die Rückenmuskeln greifen nach wie vor in einem Abstand von 5 cm von der Wirbelsäule an.
 - Wie groß ist nun die Belastung der Wirbelsäule?
 - Vergleiche dieses Ergebnis mit der Belastung des normalgewichtigen Herrn Müller. Überlege dir dazu um das Wievielfache die Gewichtskraft gewachsen ist und um das Wievielfache die Belastung der Wirbelsäule.
- Herr Müller ($G = 400 \text{ N}$) hat einen Arbeitsplatz, bei dem er fast nur im Sitzen arbeitet. Dabei achtet er oft nicht darauf, aufrecht zu sitzen, so dass der Schwerpunkt seines Oberkörpers mehr als 3 cm vor der Wirbelsäule liegt.

Wie groß ist der Abstand des Schwerpunktes von der Wirbelsäule, wenn die Belastung der Wirbelsäule 1,6 kN beträgt? Schätze ab, wie weit er sich dabei vorbeugen muss.

Hinweis:

Anstelle des Modells oder zur Ergänzung steht ein interaktives Bildschirmexperiment zur Verfügung, das auf einer CD angefordert werden kann.

3. Belastungen beim Heben eines Gewichtes

In Bild 4a bzw. 4b wird mit Hilfe des Modells die Belastung beim Heben mit hängenden Armen und geraden bzw. gebeugten Beinen gezeigt. Die Schüler erkennen, dass mit gebeugtem Rücken und gestreckten Beinen der Hebelarm l des Oberkörpers bzw. der Last länger als mit geradem Rücken und gebeugten Knien ist. Die kompensierende Kraft, die von den gesamten Rückenmuskeln ausgeübt wird, muss im ersten Fall groß sein und daher wird auch die Belastung der Wirbelsäule sehr hoch.

Mit Hilfe des Rechenbeispiels aus der Lehrerinformation kann die Belastung der Wirbelsäule beim Heben einer Last, wobei die Person im ersten Fall aufrecht steht und im zweiten Fall Beine und Oberkörper einen Winkel von 90° einschließen, verglichen werden.

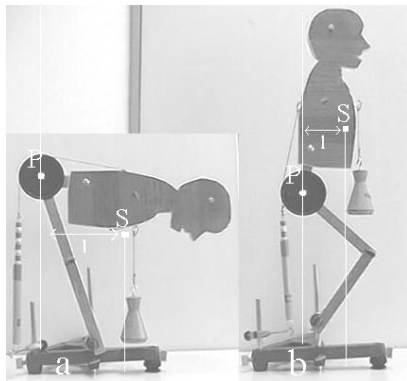


Bild 4: Falsches Heben mit gebeugtem Rücken und gestreckten Beinen (a), richtiges Heben mit geradem Rücken und gebeugten Knien (b).

4. Gute und schlechte Körperhaltungen

Die übliche Behandlung des stabilen Gleichgewichts kann durch die folgenden Beispiele für das Gleichgewicht bei Menschen ergänzt werden.

Intuitiv ist den Schülerinnen und Schülern klar, dass der Schwerpunkt bei gerader Haltung im Körperinneren etwa auf Nabelhöhe liegt.

Bei einem Körper in aufrechter Position ist das Gleichgewicht stabil, wenn das Lot vom Körperschwerpunkt aus innerhalb der Standfläche liegt (Bild 5). Fällt die Schwerpunktlinie in die Begrenzung der Standfläche, dann besteht ein labiles Gleichgewicht, wobei die geringste horizontal angreifende Kraft den Körper zum Umfallen bringt. Auch die Schülerinnen und Schüler können dies ausprobieren, indem sie sich mit gestrecktem Körper solange nach vorne neigen, bis sie, wenn die Schwerpunktlinie außerhalb der Standfläche den Boden berührt, umfallen.

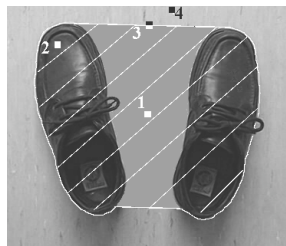


Bild 5: Trifft das Lot des Schwerpunktes an den Stellen 1 oder 2 auf dem Boden auf, ist das Gleichgewicht stabil, bei 4 fällt die Person um, bei 3 liegt ein instabiles Gleichgewicht vor.

Beim Tragen einer schweren Last auf einer Seite wird der Schwerpunkt zur Gegenseite verschoben, damit das Lot des Gesamtschwerpunktes (Körper + Gewicht) noch in die Standfläche hinein fällt. Die Belastung auf die Wirbelsäule ist dabei deutlich höher, als bei symmetrischer Verteilung der Last auf beide Seiten (vgl. Lehrerinformation).

Die Standfläche und damit die Stabilität beim Stehen kann entweder durch Auseinanderstellen der Füße oder mit einer Gehhilfe (z. B. eines Stockes) vergrößert werden.

Die Fotos in Bild 6 sollen als Anregung dienen, zum Abschluss dieses Themas noch über gute und schlechte Körperhaltungen nachzudenken.

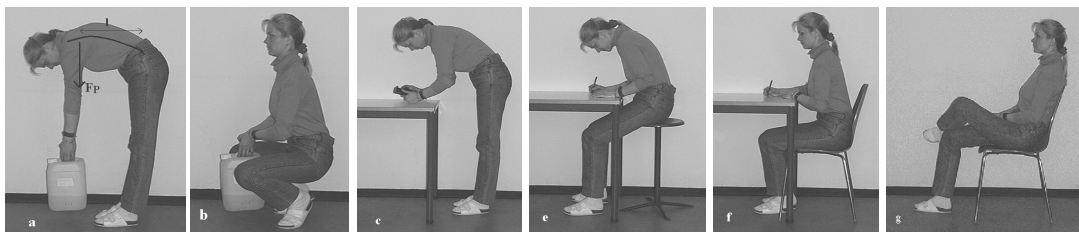
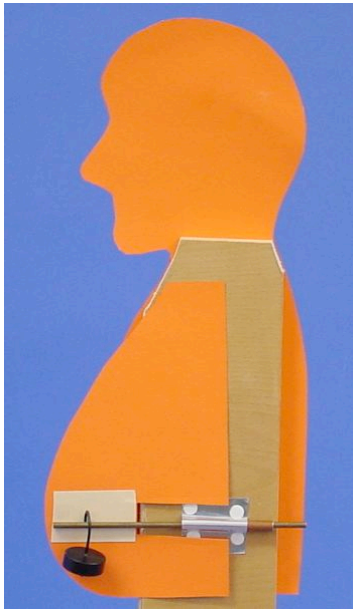


Bild 6: Beispiele für gute und schlechte Körperhaltungen

Bauanleitung für das Modell



In ein Brett wird von unten ein Loch gebohrt, so dass ein Stativgelenk befestigt werden kann, damit der Oberkörper zur Seite drehbar ist (vgl. Bild 2). Die Figur wird passend aus Pappe ausgeschnitten und auf das Brett geklebt. Auf der anderen Seite des Bretts wird ein Rohr befestigt, in dem ein Stab verschoben werden kann. An den Stab wird der verschiebbare Bauch geklebt und je nach Lage werden Gewichtsstücke angehängt. Die Befestigung des Kraftmessers mit der zugehörigen Umlenkrolle ist in nebenstehender Abbildung nicht vorgenommen, aber in Bild 2 gut zu erkennen.