



Die Physik des Hochsprungs

Hindernisse mittels physikalischen Wissens überqueren.

Nachhaltiger Wissenserwerb durch fächerübergreifenden Unterricht.

ROMAN, FÜREDER

ROMAN.FUEREDER@STUD.SBG.AC.AT

Zusammenfassung

Um das Interesse von Schülerinnen und Schülern zu wecken und die Motivation im und für den Physikunterricht aufrecht zu erhalten, sollten von Lehrkräften je nach Inhalt Beispiele gewählt werden, die der Lebenswelt und dem Erfahrungsbereich von Lernenden entsprechen. Ein fächerübergreifender Unterricht kann Inhalte in größere Zusammenhänge setzen und Schülerinnen und Schülern so zu besserer Einsicht und leichterem Verstehen verhelfen. Diese Arbeit soll deutlich machen, wie ein thematischer Inhalt fächerübergreifend im Physik- sowie Bewegungs- und Sportunterricht behandelt werden kann. Dazu wird eingangs auf die geschichtliche Entwicklung der unterschiedlichen Hochsprungtechniken eingegangen. Anschließend wird die Physik des Hochsprungs analysiert. Nach der Beschreibung einer möglichen Unterrichtsumsetzung werden abschließend die Problematiken, die ein solcher fächerübergreifender Unterricht mit sich bringen kann, erläutert.

1 Einleitung

Die Physik ist sehr an der Lebenswelt orientiert, da sich alle Vorgänge aus dem Alltag mehr oder weniger einsichtig mithilfe der Physik beschreiben und erklären lassen. Beispielsweise kann mittels Physik erklärt werden, warum es Jahreszeiten gibt, wie wichtig die Sonne für das Leben auf der Erde ist, welchen Schutz uns die Atmosphäre und das Magnetfeld der Erde bieten und was Polarlichtphänomene damit zu tun haben. Weiters lassen sich Naturphänomene wie Regenbögen beispielsweise mithilfe der Optik erklären. Außerdem lassen sich Bewegungen und Bewegungsänderungen mithilfe der Mechanik beschreiben. Sei es beim Autofahren, beim Fußballspielen, beim Sprint oder beim Hochsprung. Durch wichtige physikalische Erhaltungssätze lassen sich interessante Überlegungen an- und Zusammenhänge herstellen. Mithilfe der Physik lassen sich Eigenschaften von Objekten messen und quantifizieren. Außerdem haben die Gesetze der Physik zu großen technischen Errungenschaften geführt. Es sollte daher grundsätzlich ein Leichtes sein, Schülerinnen und Schüler für das Unterrichtsfach Physik zu begeistern, da man mit ausreichend Kreativität immer einen Bezug zu deren Lebenswelt herstellen kann. Leider wird dies aber nicht immer geschafft, da allzu oft im unterrichtlichen Alltag auf Beispiele und Mathematisierungen zurückgegriffen wird, die wenig mit dem Erfahrungsbereich von Schülerinnen und Schülern zu tun haben. Aber gerade im Bereich der Mechanik bietet der Sport einen idealen Anknüpfungspunkt, um physikalische

Gesetzmäßigkeiten zu überprüfen und so eigene Erfahrungen zu machen, was mit einem besseren Lernoutput verbunden ist. Die Bildungs- und Lehraufgabe des Lehrplans für die AHS sieht vor, dass der Physikunterricht das Ziel hat, den Schülerinnen und Schülern das Modelldenken der Physik zu vermitteln und das Wissen in größere Zusammenhänge zu stellen, was unter anderem durch eine eigenständige und handlungsorientierte Auseinandersetzung mit den Problemen aus dem Erfahrungsbereich von Schülerinnen und Schülern, nach Möglichkeit ausgehend von Schülerexperimenten, geschehen soll. (BBWF, 2020) Unter größeren Zusammenhängen sind dabei Themen und Inhalte gemeint, die nicht isoliert in einem Unterrichtsfach behandelt werden, sondern sich in unterschiedlichen Unterrichtsfächern oder in unterschiedlichen alltäglichen Situationen zeigen. Das naturwissenschaftliche Fach Physik ist bestrebt, die Welt, in der wir leben, zu erklären und sie somit auch den Schülerinnen und Schülern zu erklären und einsichtig zu machen. Dadurch, dass Inhalte in größere Zusammenhänge gesetzt werden, werden Verknüpfungen hergestellt, was einen besseren und vor allem nachhaltigeren Lernoutput zur Folge hat.

2 Zielsetzung

Diese Arbeit soll deutlich machen, dass viele Aspekte der Mechanik besonderen Einzug in die Lebenswelt und den Erfahrungsbereich von Schülerinnen und Schülern nehmen können. Es geht also um fächerübergreifenden Unterricht und vernetztes Denken. Anhand des Beispiels

Hochsprung sollen wesentliche Merkmale der physikalischen Prinzipien, die hinter dieser sportlichen Disziplin stehen, erarbeitet werden. Gerade auch durch das Ausprobieren unterschiedlicher Techniken soll den Schülerinnen und Schülern klar werden, wo die Möglichkeiten und Grenzen von physikalischen Gegebenheiten bestehen. Wenn man sich die geschichtliche Entwicklung der Hochsprungstechniken ansieht, erkennt man zwar, dass aufgrund der heute im Wettkampf angewandten Technik die größten Höhen erreicht werden, weil dies physikalisch am sinnvollsten ist, dennoch mag es Schülerinnen und Schüler geben, die aus unterschiedlichen Gründen diese Technik nicht nachahmen können und deshalb mit anderen Techniken größere Höhen überspringen können. Der Zusammenhang zwischen Sport und Physik soll dabei im Zentrum stehen und anhand des Hochsprungs erarbeitet werden. Ziel ist es auch, durch das eigene Tätigwerden bessere und vor allem nachhaltigere Lernergebnisse zu erzielen. Das Konzept der bewegten Schule ist bereits recht populär und der Effekt von Bewegung auf Lernerfolge wurde durch etliche Studien bewiesen, weshalb immer mehr Konzepte erarbeitet werden, wie man in Schulen auch außerhalb des schulischen Sportunterrichts für mehr Bewegung sorgen kann, beispielsweise in den Pausen oder auch in anderen Unterrichtsfächern.

„Wer sich bewegt, aktiviert die motorischen Zentren seines Gehirns. Diese Zentren spielen eine wesentliche Rolle dabei, wie Informationen verarbeitet und gespeichert werden. Kinder und auch Erwachsene behalten zum Beispiel Wörter, Zahlen und Inhalte leichter, wenn sie beim Lernen Gesten einsetzen, sich rhythmisch bewegen oder die Inhalte laut wiederholen.“

(Zimmer, 2007)

Wo also bietet es sich besser an, Bewegung in den Unterricht zu integrieren als in Physik, wo man die Mechanik durch selbständiges Bewegunghandeln am eigenen Leib erfahren kann?

„Bildung und Bewegung sind ein unzertrennliches Paar geworden“

(Heckmair & Michl, 2014)

3 Physikalische Aspekte des Hochsprungs

3.1 Geschichtliche Entwicklung von Hochsprungstechniken

Die geschichtliche Betrachtung von Errungenschaften hilft auch die Denkweisen von

Schülerinnen und Schülern nachzuvollziehen. Wenn man kein Vorwissen hat, kann man lediglich mit den zur Verfügung stehenden Mitteln experimentieren und Überlegungen anstellen. So ging es auch vielen Physikerinnen und Physikern in der Geschichte. Dass wir heutzutage dieses enorme Wissen haben und jenes umfassende Verständnis der Welt, verdanken wir der hervorragenden Vorarbeit vieler Persönlichkeiten in der Geschichte. Das Aufbauen auf bereits vorhandenes Wissen beschränkt sich dabei logischerweise aber nicht nur auf die Physik. So ziemlich in jedem Fachgebiet wird auf vorhandenes Wissen und auf gesicherte Erkenntnisse aufgebaut, so auch im Sport.

Ganz grundsätzlich geht es bei der leichtathletischen Disziplin des Hochsprungs darum, eine Latte, die nicht befestigt, sondern lediglich auf zwei Punkten aufliegt, zu überqueren. Die Latte darf zwar berührt werden, aber anschließend drei Sekunden lang nicht von den Halterungen herunterfallen. Wenn die Latte überquert werden kann, ohne dass sie hinunterfällt, ist der Versuch gültig.

Es gab in der geschichtlichen Entwicklung unterschiedliche Techniken, die eingesetzt wurden, um Latten in einer möglichst großen Höhe überqueren zu können. Bei den Olympischen Spielen in der Antike wurden noch keine Hochsprungswettbewerbe ausgetragen. Die ersten, die sich in solchen Bewerben maßen, waren die Kelten. Der moderne Hochsprungwettkampf entwickelte sich ab Mitte des 19. Jahrhunderts in Großbritannien. Bis 1936 galt noch das Reglement, dass die Latte mit den Füßen zuerst überquert werden muss. (Zacharias, 1996) Nach Streichen dieser Regel entwickelten sich nach und nach weitere, teils kreativ anmutende, Techniken. Was jedoch bis heute besteht, ist die Regel, dass einbeinig abgesprungen werden muss. Die älteste Form des Hochsprungs ist zugleich auch die einfachste, weshalb sie intuitiv von den meisten Anfängerinnen und Anfängern gewählt wird. Es handelt sich dabei um den Hocksprung. Bei der Frontalhocke läuft man gerade an und springt kraftvoll ab, während man unter gleichzeitigem Hochreißen der Schwungarme und eines Schwungbeines die Knie zur Brust zieht und so in gehockter Position die Latte überquert. Anschließend landet man mit den Füßen auf der Matte. Als nächstes etablierte sich der Schersprung als neue Hochsprungstechnik und konnte lange Zeit dominieren. Mit dem Schersprung können auch lernende Schülerinnen und Schüler sehr früh beachtliche Höhen erreichen. Dabei wird bereits in einer leichten Bogenform angelaufen. Beim

einbeinigen Absprung wird das Schwungbein nach oben geschleudert. Das andere Bein wird nachgezogen und der Oberkörper bleibt bei der Überquerung nahezu aufrecht.

Beim Rollsprung und Wälzsprung wird die Latte bäuchlings überquert. Der für die UdSSR antretende Athlet Wladimir Jaschtschenko konnte mit dieser Technik 1978 bereits einen Weltrekord von 2,35 m aufstellen. Auch die erste 2-Meter-Springerin, Rosemarie Ackermann, benutzte den Wälzsprung, auch „Straddle“ genannt, um diese Marke zu überfliegen. Nach 1980 setzte sich der nach dem US-Amerikaner Dick Fosbury benannte und bis heute als gültige Standardtechnik des Hochsprungs bestehende Fosbury-Flop durch. Beim Flop wird bogenförmig angelaufen und der Rumpf beim Absprung oder in der Flugphase gedreht und anschließend die Latte rücklings überquert. (Killing, 1995) Diese Technik ist nicht zufällig die bis dato Effektivste. Sie nutzt eine besondere physikalische Gegebenheit. Dazu aber später mehr. Den bis heute, und damit fast 30 Jahre bestehenden Weltrekord, konnte der kubanische Ausnahmeathlet Javier Sotomayor im Juli 1993 aufstellen. Ihm gelang die Überquerung einer Latte in 2,45 Metern Höhe. Bei den Frauen hält die bulgarische Spitzenathletin Stefka Kostadinowa mit 2,09 Metern seit fast 35 Jahren (aufgestellt im August 1987) den aktuellen Hochsprungweltrekord der Damen.

3.2 Physikalische Analyse der unterschiedlichen Techniken

Für die Bearbeitung im Unterricht wird festgehalten, dass nicht sämtliche Aspekte des Hochsprungs behandelt werden müssen und auch nicht können. Je nach Zielsetzung der Lehrperson können unterschiedliche Aspekte stärker betont, andere wiederum außer Acht gelassen werden. Einige Dinge eignen sich aber recht gut, um Differenzierungsmaßnahmen zu setzen. So kann je nach Erfordernis der kreisförmige Anlauf beispielsweise einfach als Erfordernis hingestellt werden, um die Latte seitlich oder rücklings überqueren zu können. Man kann aber auch den Aspekt der Fliehkraft, nach Ausbleiben der durch die Beinkraft bewirkten Zentripetalkraft zum Anlass nehmen, um ein Anwendungsbeispiel für das Newton'sche Trägheitsprinzip zu erhalten. Was allen oben beschriebenen Hochsprungstechniken gemein ist, ist ein Anlauf, der nötig ist, um die Latte auch überqueren zu können und nicht auf sie hinunterzufallen sowie der Einsatz von Schwungbein und das Hinaufreißen und abrupte Abstoppen der Arme, um eine

Impulsübertragung von den Teilmassen (Bein und Arme) auf den gesamten Körper zu bewirken. Der menschliche Körper ist nicht wie ein starrer Körper, da die Massenverteilung inhomogen ist und durch Muskelkräfte unterschiedliche Spannungen, Impulse und Drehmomente erzeugt werden können. Genau diese Gegebenheiten beschreiben den Übergang sowie den Unterschied von Mechanik und Biomechanik. So ist die Anwendung der Physik individuell. Es gibt im Allgemeinen bei den professionellen Athletinnen und Athleten zwei Anlaufstechniken, die dann in einen sogenannten Speed-Flop beziehungsweise in einen Power-Flop münden. Beim Speed-Flop wird mit einer höheren Geschwindigkeit angelaufen und diese horizontale Bewegung in eine Vertikalbewegung umgewandelt. Beim Power-Flop wird etwas langsamer angelaufen, dafür kann aber mehr Sprungkraft eingesetzt werden, um die Gravitation zu überwinden. Je nach individuellen Voraussetzungen wird die eine oder andere Flopausführung bevorzugt. Generell könnte man an dieser Stelle die idealen physischen Bedingungen für die bestmögliche Umsetzung des Hochsprungs thematisieren. Der ideale Athlet beziehungsweise die ideale Athletin sollte bei perfekter Technik über eine hohe Körpergröße und eine geringe Masse bei möglichst hoher Sprungkraft verfügen. Um die Aspekte von Sprungkraft, optimalem Beschleunigungsweg oder Massenträgheit zu thematisieren, eignen sich andere Ausführungen wie der Weitsprung, der Standweitsprung oder der Standhochsprung mit und ohne Ausholbewegung der Arme besser. Das Besondere am Hochsprung über die Latte ist nämlich die Lage des Körperschwerpunkts. Bei vielen symmetrischen und aus einem Material zusammengesetzten Objekten ist die Bestimmung des Schwerpunkts relativ einfach. Bei komplexen Objekten wie dem menschlichen Körper ist die Bestimmung des Körperschwerpunkts jedoch deutlich schwieriger. Experimentelle Bestimmungen des Körperschwerpunkts haben ergeben, dass sich dieser beim Menschen in etwa auf Hüfthöhe befindet. Die in der Literatur angegebenen anthropometrischen Daten weichen zum Teil sehr voneinander ab. Die meisten Daten sind aus Messungen an Männern gewonnen, bei denen sich in etwa 43% der Körpermuskulatur im Oberkörper befindet, wohingegen der prozentuelle Anteil der Oberkörpermuskulatur bei Frauen lediglich ungefähr 40% beträgt. Auch die Fettverteilung ist geschlechterabhängig, sodass sich der Schwerpunkt von Frauen tiefer befindet als bei Männern. (Mathelitsch & Thaller, 2021)

„In vielen Fällen ist die Erhöhung des Schwerpunkts relativ leicht zu ermitteln. Bei komplexen Objekten wie dem menschlichen Körper erweist sich jedoch die genaue Bestimmung der Schwerpunktlage als größere Herausforderung. Die Schwerkraft wirkt auf jedes Molekül eines Körpers. Als Schwerpunkt oder Massemittelpunkt wird das mit der jeweiligen Masse gewichtete Mittel der Positionen der einzelnen Massepunkte bezeichnet. Seine Position r_{SP} ergibt sich damit aus den Lagen (r_i) und Massen (m_i) der einzelnen Elemente zu

$$r_{SP} = \frac{1}{M} \sum_i m_i \cdot r_i$$

wobei M die Gesamtmasse des Körpers ist.“
(Mathelitsch & Thaller, 2021)

Der Körperschwerpunkt ist das Kriterium, welches die Flugbahn eines Körpers beschreibt. Wenn es darum geht, kinetische Energie in potenzielle Energie umzuwandeln, reicht es, idealtypisch den Körperschwerpunkt (= Massenmittelpunkt) zu betrachten. Bei Annahme der gleichen Energieumwandlung zeigt sich in der Lage des Schwerpunkts nämlich die Sinnhaftigkeit der Entwicklung der Hochsprungtechniken.

„Beim Hochspringen zählt nicht der höchste Punkt, den der Körper erreicht, sondern allein die Höhe der Messlatte, die es zu überqueren gilt. Aus physikalischer Sicht tritt damit die Lage des Körperschwerpunkts in den Vordergrund. Dieser Punkt hat das Bestreben, von sich aus immer die tiefstmögliche Lage einzunehmen, sein Anheben erfordert Energie. Wie hängen die drei Werte – höchster „Flugpunkt“ des Körpers, Lage der Messlatte, Höhe des Schwerpunkts – zusammen?

Tatsächlich hat sich das Zusammenspiel dieser drei Parameter in der historischen Entwicklung der Hochsprungtechniken vom Schersprung über den Roll- und Wälzsprung bis zum Fosbury-Flop verändert. Dies zeigt sich anhand der sogenannten Lattenüberhöhung (Abb. 1), die den Abstand zwischen dem Schwerpunkt der Springenden und der Höhe der Sprunglatte erfasst. Je geringer sie ist, desto weniger Energie erfordert das Anheben des Körpers. Beim Fosbury-Flop kann ihr Wert sogar negativ werden. Über geschicktes Biegen des Körpers in Rückenlage über die Latte hinweg gelingt es, den Körperschwerpunkt unterhalb der Latte zu halten, ohne diese zu berühren.“

(Mathelitsch & Thaller, 2021)

In der folgenden Abbildung (Abb.1) sind die drei Hochsprungstechniken Schersprung, Wälzsprung (Straddle) und Flop schematisch dargestellt. Die Lage des Schwerpunkts ist jeweils durch einen roten Punkt gekennzeichnet.

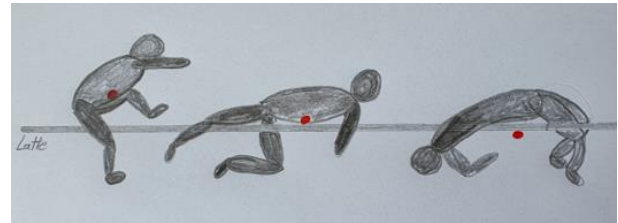


Abbildung 1: Lage des Schwerpunkts bei Schersprung, Wälzsprung und Fosbury-Flop (eigene Darstellung)

In der Abbildung ist erkennbar, dass bei gleicher Lattenhöhe der Körperschwerpunkt beim Schersprung höher gehoben werden muss als beim Wälzsprung. Beim Wälzsprung muss der Körperschwerpunkt wiederum höher gehoben werden als beim Fosbury-Flop. Umgekehrt bedeutet dies, dass bei gleicher Anhebung des Körperschwerpunkts, also der physikalischen Sprunghöhe (man betrachtet lediglich das Modellsystem des Massenmittelpunkts) mithilfe des Fosbury-Flops die größte Lattenhöhe überquert werden kann. Der Grund dafür liegt in der speziellen Lage des Schwerpunkts. Beim Fosbury-Flop schafft es der Athlet oder die Athletin nämlich, den gesamten Körper über die Latte zu hieven, während der Körperschwerpunkt unter dieser bleibt.

In Abbildung 2 sind die unterschiedlich hohen Lattenhöhen in Abhängigkeit der Technik bei gleicher Höhe des Körperschwerpunkts dargestellt.

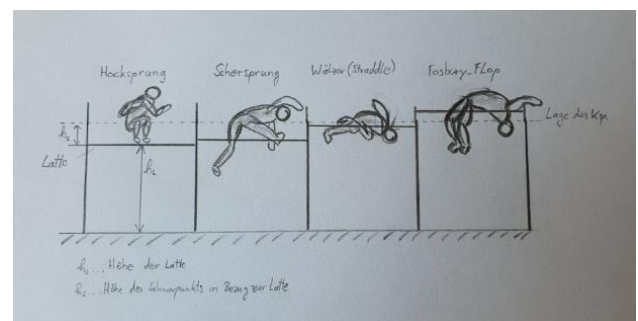


Abbildung 2: Lattenhöhe in Bezug zu KSP-Höhe bei Anwendung unterschiedlicher Hochsprungstechniken (eigene Darstellung)

4 Mögliche Thematisierung und Umsetzung im Unterricht

Wie bereits erwähnt, liegt eine Besonderheit beim Hochsprung in der Bewegung des Schwerpunkts. Deshalb bietet es sich an, den Schwerpunkt-begriff sowie die Gleichgewichtsarten zu thematisieren. Als Einstieg würde sich das Balancieren über einen Balken anbieten. Noch davor müsste man klären, was eigentlich unter einem Schwerpunkt zu verstehen ist und wie sich dieser auf das Gleichgewicht auswirkt.

Die Bestimmung des Körperschwerpunkts bei starren Körpern mit homogener Massenverteilung lässt sich leicht vollführen. Bei einem Holzstab beispielsweise liegt der Massenmittelpunkt genau in der Mitte, wenn die Geometrie gleichmäßig (Zylinder) und die Masse homogen verteilt ist. Bei einem Stab mit gleicher Geometrie aber unterschiedlicher Massenverteilung kann man den Schwerpunkt finden, indem man den Stab entweder mit den äußeren Enden auf die ausgestreckten Zeigefinger legt und man diese langsam annähert. Findet man einen Punkt, wo der Stab oberhalb der sich berührenden Zeigefinger im Gleichgewicht bleibt, hat man den Massenmittelpunkt gefunden. Man kann den Massenmittelpunkt auch schätzen und versuchen den Stab an dieser Stelle auf einem ausgestreckten Zeigefinger zu balancieren. Rotiert oder kippt der Stab, muss man nachjustieren und sich so an den gesuchten Punkt herantasten.

Einen Einstieg in das Thema Körperschwerpunkt beim Menschen und somit den Brückenschlag zur Biomechanik bilden beispielsweise die folgenden beiden Übungen, die auch im Klassenzimmer durchgeführt werden können. Der eine wird ausgeführt, indem man sich mit den Zehenspitzen so nah wie möglich an eine Wand stellt. Die Füße sind dabei geschlossen und die Nasenspitze berührt die Wand. Nun sollen die Schülerinnen und Schüler versuchen, sich auf die Zehenspitzen zu stellen, wobei die Nasenspitze weiterhin die Wand berühren soll. Da nun die Zehenspitzen den Drehpunkt darstellen, wird ein Drehmoment wirken, das den Körper wieder zurück auf die Fersen beschleunigt. Abbildung 3 zeigt eine Skizze des ersten Versuchs.

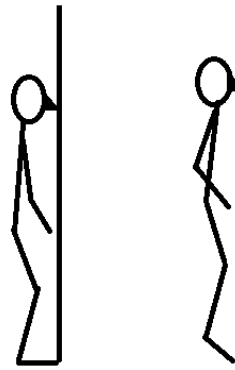


Abbildung 3: Versuch 1; Körperschwerpunkt, Drehmoment (eigene Darstellung)

Beim zweiten Versuch, der in Abbildung 4 skizziert ist, sollen sich die Schülerinnen und Schüler seitlich zu einer Wand stellen. Die Schulter sowie der Außenrist des Fußes des wandzugewandten Beines berühren die Wand. Nun sollen die Schülerinnen und Schüler versuchen, zuerst das Bein, das an der Wand steht, zu heben. Dies wird gelingen. Wenn sie ihr Bein wieder abstellen und versuchen, das andere Bein zu heben, wird ein Drehmoment wirken, welches in dieser Position nicht ausgeglichen werden kann. Man würde umfallen, wenn man das Bein nicht wieder auf den Boden stellt.

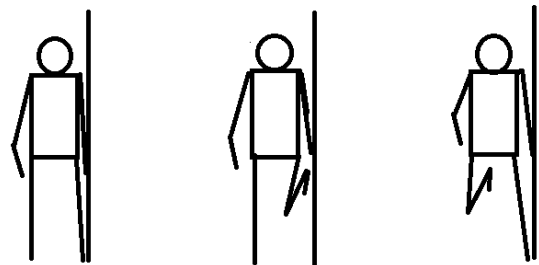


Abbildung 4: Illustration Versuch 2 (eigene Darstellung)

Mit diesen auflockernden Übungen kann man hoffentlich für etwas Staunen sorgen und so die Thematik und die Lage des Körperschwerpunkts am menschlichen Körper verdeutlichen. Für eine schematische Darstellung der Lage eines Schwerpunkts eignen sich Kегeldarstellungen, wie in Abbildung 5 dargestellt, besonders gut.

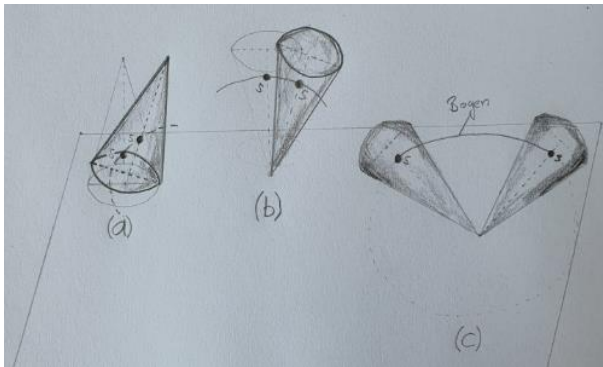


Abbildung 5: Lage des Schwerpunktes bei Kegeln im stabilen (a), labilen (b) und indifferenten (c) Gleichgewicht (eigene Darstellung)

In Abbildung 3 und Abbildung 4 ist der Schwerpunkt nicht eingezeichnet. In Abbildung 5 ist die Lage des Schwerpunktes beim Kegel jeweils eingezeichnet. An ihm greift die Gewichtskraft an, welche senkrecht Richtung Boden wirkt. Je nachdem, ob den Schülerinnen und Schülern Vektordarstellungen bereits bekannt sind, kann man auch nachfolgende Darstellungen in den Unterricht integrieren, wobei erwähnt werden muss, dass ein Vorgriff auf Vektoren kein großes Hindernis darstellt, wenn man erklärt, dass man so Wirkungen oder Richtungen beschreiben kann.

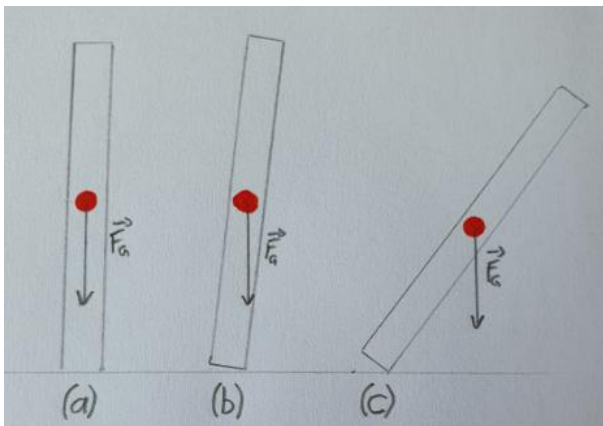


Abbildung 6: Stabilität (eigene Darstellung)

In Abbildung 6 ist schematisch genau dargestellt, was bei den beiden Versuchen geschieht. Der Stab in Abbildung (a) befindet sich in einem stabilen Gleichgewicht. Wird der Stab nun leicht gekippt, bleibt er stabil und wird in die stabile Gleichgewichtslage zurückkehren, solange der resultierende Gewichtskraftvektor (die Wirkungslinie der Gewichtskraft) die Unterstützungsfläche schneidet (b). Wenn die Drehung, wie in (c) gezeigt, so groß wird, dass sich der Schwerpunkt nicht mehr oberhalb eines Teils der Unterstützungsfläche befindet, so wird der Stab umkippen.

Aus diesem Grund kann man die Stabilität eines Körpers erhöhen, indem man die Unterstützungsfläche vergrößert. So ist es möglich, den Körper weiter zu kippen, ohne dass er umfällt. Er ist stabiler gegen das Umfallen. Abbildung 6 zeigt einen Stab, dessen Masse homogen, also gleichmäßig, im Stab verteilt ist. Dadurch befindet sich der Schwerpunkt, also der Massenmittelpunkt, genau auf halber Höhe. Wenn die Wirkungslinie der im Körperschwerpunkt angreifenden Gewichtskraft nicht mehr durch die Unterstützungsfläche geht, fällt der Körper um. In Abbildung 7 ist ersichtlich, welchen Einfluss die Position, also die Höhe des Schwerpunkts, auf die Stabilität hat. Dazu wird ein Stab mit inhomogener Massenverteilung betrachtet.

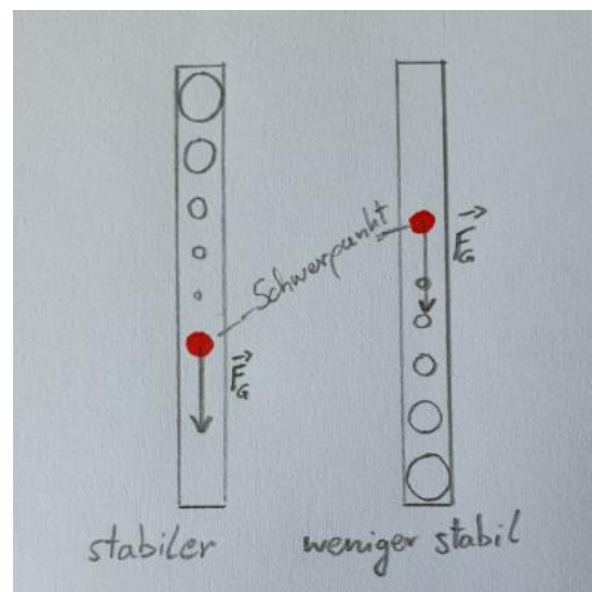


Abbildung 7: Stabilität in Abhängigkeit der Höhe des Schwerpunkts (eigene Darstellung)

Man könnte an dieser Stelle die Kinder über einen Balken balancieren lassen und ihnen Hilfsmittel geben, wie beispielsweise einen Medizinball. Diesen könnten sie dann einmal auf Hüfthöhe halten und einmal über Kopf, um die Lage des Schwerpunkts zu verändern. Unterschiedlich breite Balken würden die Größe der Unterstützungsfläche imitieren. An dieser Stelle könnte man auch weiter zu Drehmomenten arbeiten und erklären, warum Seiltänzerinnen und Seiltänzer lange Stäbe in den Armen halten oder der balancierende Clown im Zirkus einen aufgespannten Regenschirm über Kopf hält. Lehrkräfte können in unterschiedliche Richtungen gehen oder auch je nach Kompetenzzutauen physikalische Inhalte unterschiedlich angehen. Die Idee, den Schwerpunkt einzuführen war aber jene, um den Vorteil der Fosburytechnik gegenüber den zuvor bestandenen Techniken

physikalisch zu begründen. Daher wäre es an dieser Stelle wohl angebracht in die Sporthalle oder nach draußen auf die Leichtathletikanlage zu gehen und die Schülerinnen und Schüler aktiv werden zu lassen und sie über eine Latte springen zu lassen. Sie sollen selbst versuchen, wie sie am besten die Latte überqueren können. Dem einen oder der anderen ist sicher aus dem Verein oder vom Betrachten der Bewerbe bei den Olympischen Spielen die Fosburytechnik geläufig. Womöglich kommt dann die Frage auf, warum sich die weltbesten Athletinnen und Athleten rücklings über die Stange bewegen. An dieser Stelle können Lehrkräfte auf das bereits bekannte Vorwissen der Schülerinnen und Schüler über den Körperschwerpunkt ansetzen. Man kann nochmals fragen, wo sich der Körperschwerpunkt beim Menschen in etwa befindet, und die Schülerinnen und Schüler bitten, diesen bei ihnen zu lokalisieren, wenn sie aufrecht dastehen. Die Lehrkraft kann nochmals auf die Definition des Körperschwerpunkts als Massenmittelpunkt der Körperteilmassen eingehen. Arme, Beine, Rumpf und Kopf fungieren dabei als Teilmassen des Gesamtkörpers. Nun bittet man einen Schüler oder eine Schülerin sich auf den Rücken zu legen und Arme, Beine und Kopf möglichst vertikal nach oben zu strecken, wie in Abbildung 8 dargestellt.

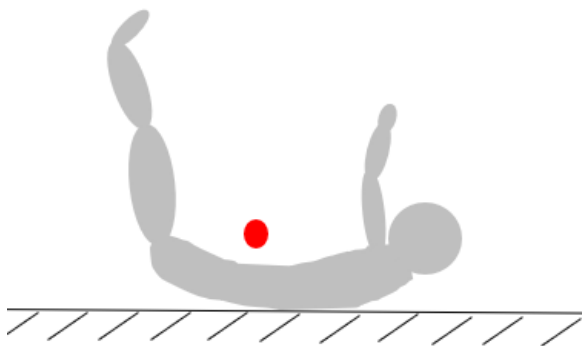


Abbildung 8: Lage des Schwerpunkts bei gekrümmter Körperhaltung liegend (eigene Darstellung)

In dieser Abbildung ist die ungefähre Lage des Körperschwerpunkts rot eingezeichnet. Über die Definition des Körperschwerpunkts und das vor ihnen liegende Beispiel sollen die Schülerinnen und Schüler erkennen, dass sich der Körperschwerpunkt unter gewissen Umständen auch außerhalb des Körpers befinden kann. Bevor man anschließend die Grundtechniken des Fosbury-Flops wie bogenförmiger Anlauf, Rhythmisierung beim Anlauf, Absprung mit dem lattenfernen Bein und Einnahme der Brückenposition anleitet, empfiehlt es sich, zur

Veranschaulichung des Technikleitbilds ein Lehrvideo, beziehungsweise einen der Weltrekorde im Hochsprung als Video zu zeigen. Dies gibt den Schülerinnen und Schülern einerseits einen Eindruck über die Technik, andererseits werden sie von der enormen Leistung begeistert sein, wenn die Latte an ihrer Hochsprungstation einmal auf Weltrekordniveau angebracht wird. Im Anschluss kann man die Schülerinnen und Schüler den Hochsprung üben lassen und als Stundenausklang nochmals die Erkenntnisse über Trägheit und Körperschwerpunktposition, insbesondere beim Fosbury-Flop, wiederholen lassen.

5 Probleme bei der Umsetzung und didaktische Schwierigkeiten

Ein wesentliches Problem bei der Umsetzung eines fächerübergreifenden Unterrichts speziell im Zusammenhang mit Sport stellen die Kompetenzen und Berechtigungen der Lehrkräfte dar. Wenn man ein abgeschlossenes Lehramtsstudium für Bewegung und Sport hat, stellt sich diese Problematik nicht. Wenn man in diesem Fach jedoch nicht geprüft ist, und die oben beschriebenen Inhalte in dieser Form umsetzen möchte, hat man ein Problem, da man in diesem Fall rechtlich nicht ohne Weiteres befugt ist, Gerätschaften in der Sporthalle aufzubauen oder Schülerinnen und Schüler an der Leichtathletikanlage üben zu lassen.

Eine weitere Schwierigkeit stellt die zeitliche Komponente dar. Möchte man die Vorgehensweise wie oben beschrieben im Unterricht durchführen, ist eine einzelne Unterrichtseinheit inklusive des Ortswechsels und der vorgeschriebenen Hygienebestimmungen wie Sportkleidung anziehen oder Körperpflege am Ende der Einheit recht knapp bemessen. Außerdem müssten die Schülerinnen und Schüler darauf vorbereitet werden, Sportkleidung dabeizuhaben, außer man weiß, dass die Klasse am gleichen Tag ohnehin Sportunterricht hat. Denn den richtigen Einsatz des Stemmbeins beim Hochsprung ohne Schuhe zu vollführen, kann eine sehr schmerzhaft Erfahrung werden.

Die größte Herausforderung stellt wohl die inhaltliche Vermittlung des Sach- und Bewegungsgegenstandes dar. Wie vermutlich bereits im vorigen Abschnitt deutlich geworden ist, stellen sich sehr oft Entscheidungsgabelungen, an denen man die Wahl treffen muss, inwieweit man dieses und jenes Thema genauer behandelt und inwieweit man abkürzt oder in eine andere Richtung geht, um das zu erarbeiten, was das Ziel der

Unterrichtseinheit sein soll. Dies stellt sich wiederum aufgrund der zur Verfügung stehenden Zeit als Schwierigkeit dar. Wenn man eine Klasse in Physik sowie in Bewegung und Sport unterrichtet, gelingt dies vermutlich einfacher, da man die theoretischen Inhalte und Übungen im Physikunterricht behandeln und ein anderes Mal im Sportunterricht an dieses Vorwissen anknüpfen und darauf aufbauen kann. So gelingt es, einen Inhalt in größeren Zusammenhängen zu unterrichten.

6 Zusammenfassung

Schülerinnen und Schüler behalten unterrichtliche Inhalte besser im Gedächtnis, wenn diese facettenreich und anwendungsorientiert vermittelt werden. Gerade der Bewegungs- und Sportunterricht bietet großartige Möglichkeiten, physikalische Inhalte zu behandeln und neue Erkenntnisse auszuprobieren und zu überprüfen. Umgekehrt können in einem gelingenden fächerübergreifenden Unterricht auch Inhalte aus dem Sport herangezogen werden, um diese physikalisch zu erklären. In dieser Arbeit wurde dies anhand der Position des Körperschwerpunkts beim Hochsprung durchgeführt. Es bieten sich auch viele andere sportliche Phänomene wie beispielsweise die Bananenflanke im Fußball, der Schmetterball beim Volleyball, die Beschleunigungsarbeit beim Sprint, die Energieumwandlung beim Stabhochsprung, die Wasserlage beim Schwimmen und vieles mehr an. Mit und durch Bewegung zu lernen, bringt Auflockerung in das sonst ausschließlich sitzende Unterrichtsgeschehen und fördert aus neurowissenschaftlicher Sicht den nachhaltigen Wissenserwerb. Fächerübergreifender Unterricht soll und kann aber in sämtlichen Unterrichtsfächern erfolgen, um so der Bildungs- und Lehraufgabe des Lehrplans gerecht zu werden. Die gelingende Umsetzung bleibt jedoch von der Motivation, den Kompetenzen und der Kreativität der Lehrkräfte abhängig.

7 Literatur

Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung (BBWF) (2020). Verordnung des Bundesministers für Unterricht und Kunst vom 14. November 1984 über die Lehrpläne der allgemeinbildenden höheren Schulen; Bekanntmachung der Lehrpläne für den Religionsunterricht an diesen Schulen (i.d.F.v. 26.11.2020). [https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568#header\(03.02.2023\)](https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568#header(03.02.2023))

- Heckmair, B., & Michl, W. (2014). *Von der Hand zum Hirn und zurück: bewegtes Lernen im Fokus der Hirnforschung*: ZIEL Verlag.
- Killing, W. (1995). *Gekonnt nach oben: vom Anfänger zum Spitzenkünstler im Hochsprung*: Philippka.
- Mathelitsch, L., & Thaller, S. (2021). Kleiner Punkt-große Wirkung: Der physikalische Schwerpunkt im Sport. *Physik in unserer Zeit*, 52(1), 33-37.
- Tipler, P. A., & Mosca, G. (2019). *Physik: für Studierende der Naturwissenschaften und Technik*: Springer-Verlag.
- Zacharias, T. (1996). *Hochsprung und Weitsprung perfekt: mit Köpfchen der Schwerkraft ein Schnippchen schlagen*: Thomas Zacharias Verlag & Versand.
- Zimmer, R. (2007). *Besser lernen mit Bewegung. Techniker Krankenkasse*.