

Arbeitsblätter:
Astronautentraining unter Wasser

Markus Nielbock

2. Mai 2019



Abbildung 1: Alexander Gerst, deutscher ESA-Astronaut, trainiert im Tauchbecken einen Außenbordeinsatz auf der ISS (Bild: NASA).

Einleitung

Zur Vorbereitung auf Außenbordeinsätze auf der Internationalen Raumstation trainieren Astronautinnen und Astronauten die Arbeit mit Raumanzügen. Hierzu dienen große Tauchbecken, in denen einige Teile der Raumstation nachgebildet sind. Während der Ausbildung werden die Kandidaten mit ihren Anzügen im Wasser in einen Schwebезustand versetzt, der den Bedingungen der Schwerelosigkeit nahe kommt. Dieser Zustand wird durch ein Gleichgewicht zwischen Gewichtskraft und Auftrieb hergestellt. Diesen Prozess wirst du mit einem Experiment und einige Aufgaben erforschen und nachvollziehen.

Materialien

- Stift, Taschenrechner
- Transparenter Behälter mit Wasser (ca. 15 l, ca. 25 cm hoch)
- Styroporkugel (Durchmesser bis ca. 5 cm)
- Haken, möglichst mit Gewinde
- Gewichte (z. B. Schrauben, Muttern, Büroklammern), Kneifzange oder Seitenschneider (nur unter Aufsicht von Lehrkräften)
- Digitale Küchenwaage (Genauigkeit ca. 0,1 g)

Dauer

120 Minuten

Aktivitäten

Um die Arbeiten in Raumanzügen während eines Außenbordeinsatzes auf der ISS routiniert und sicher ausführen zu können, werden die Aktivitäten auf der Erde in Wasserbecken trainiert. Indem man die Astronautinnen und Astronauten mit ihren Raumanzügen im Wasser zum Schweben bringt, erzeugt man einen Zustand der dem der Schwerelosigkeit auf der ISS recht nahe kommt.

Nachfolgend werden die physikalischen Grundlagen für das Schweben einer Astronautin oder eines Astronauten im Wasser auf verschiedene Weisen vermittelt. Dies sind Erklärvideos, ein Experiment, Textaufgaben sowie ein Kapitel mit ausführlichen Hintergrundinformationen.

Vorbereitung

Kennst du den Begriff des Weltraumspaziergangs? Was stellst du dir darunter vor? Einige Erklärungen findest du im entsprechenden Kapitel auf S. 10. Das folgende Video gibt zusätzliche Informationen dazu.

DLR_next – Mit Alex ins All: Der Spacewalk (Dauer: 5:04 min)

<https://youtu.be/vZUAFdJ3C-4>

Die im Video erwähnten Liveübertragungen der NASA kann man über die folgende Webadresse sehen:

<https://www.nasa.gov/nasalive>

Weitere Videos zum Training von Außenbordeinsätzen sind in englischer Sprache verfügbar.

Alexander Gerst training in Houston (Dauer: 3:26 min, englisch)

<https://youtu.be/f4cHgAIK79c>

How Astronauts Train Underwater at NASA's Neutral Buoyancy Lab (Dauer: 7:06 min, englisch)

<https://youtu.be/BRPb0J81ZcY>

Schau dir bitte auch die nächsten Videos an, die das Prinzip des Auftriebs erklären.

Archimedes von Syrakus - Gold oder nicht Gold? (Dauer: 3:24 min)

<https://youtu.be/e2hc0CSd-xw>

Archimedisches Prinzip – Der Auftrieb (Dauer: 4:45 min)

<https://youtu.be/ZUWrj-nqkE4>

Auftrieb (Dauer: 1:03 min)

<https://youtu.be/FPTGbb9p0po>

Weitere Informationen zur Raumfahrt findest du hier:

DLR_next – Raumfahrt

<https://www.dlr.de/next/desktopdefault.aspx/tabid-6100/>

Erkläre, wovon es abhängt, ob ein Objekt im Wasser schwimmt oder untergeht. Ein Tipp: Das Gewicht bzw. die Masse ist es nicht. Denn ein kleiner Stein geht unter, während riesige Containerschiffe schwimmen.

Überlege, worauf man achten muss, damit die Astronauten während des Trainings im Wasserbecken schweben.

Experiment

Achtung! Das Experiment darf nur unter Aufsicht einer Lehrkraft durchgeführt werden. Der Autor und die Projektpartner dieses Materials übernehmen keine Haftung für etwaig auftretende Verletzungen.

Das folgende Experiment stellt im Modell nach, was es bedeutet, ein Objekt (z. B. eine Astronautin oder einen Astronauten) im Wasser zum Schweben zu bringen. Eine Styroporkugel dient hierbei als Objekt mit geringer Dichte, das auf der Wasseroberfläche schwimmt. Geeignete Gewichte müssen so lange an einen daran befestigten Haken angehängt werden, bis die Kugel im Wasser schwebt. In dem dargestellten Beispiel werden Schrauben, Muttern und Büroklammern als Gewichte benutzt. Es sind aber auch andere Gegenstände denkbar.



Abbildung 2: Eine Styroporkugel und Gewichte. Ihr Gesamtgewicht – gewogen durch eine Digitalwaage – soll im Experiment den Auftrieb im Wasser ausgleichen (Bild: M. Nielbock).

Zu Beginn schwimmt die Kugel auf dem Wasser.



Abbildung 3: Die Kugel schwimmt auf dem Wasser (Bild: M. Nielbock).

Erläutere, wie man die Masse abschätzen kann, die benötigt wird, damit die Styroporkugel im Wasser schwebt.

Tipp: Benutze das Archimedische Prinzip! Wichtige Größen für die nachfolgenden Rechnungen bietet Tabelle 1.

Tabelle 1: Wichtige physikalische Größen und ihre Werte.

Größe	Formelzeichen	Zahlenwert und Einheit
Erdbeschleunigung	g	9,81 m/s ²
Atmosphärischer Normaldruck	p_0	1013,25 hPa = 101325 Pa
Dichte von Wasser	ρ_w	997 kg/m ³
Dichte von Gold	ρ_{Au}	1939 kg/m ³
Dichte von Silber	ρ_{Ag}	1049 kg/m ³

Das von dir ermittelte Gewicht wird nun, wie in Abbildung 4 gezeigt, mit Büroklammern am Haken der Kugel angebracht und im Wasserbecken eingetaucht.

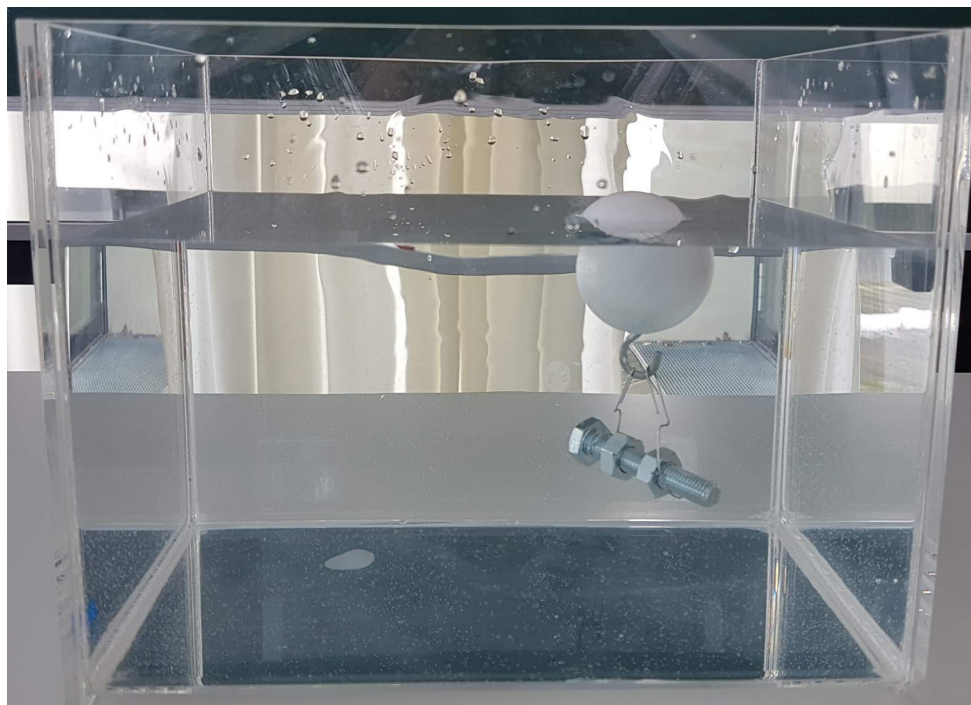


Abbildung 4: Das ermittelte Gesamtgewicht reicht nicht aus, um die Auftriebskraft auszugleichen. Die Kugel schwimmt teilweise eingetaucht immer noch an der Oberfläche (Bild: M. Nielbock).

Beschreibe und erkläre deine Beobachtung. Erkläre, warum die Kugel nicht völlig eingetaucht im Wasser schwimmt.

Beschwere die Kugel, bis sie im Wasser schwebt.

Füge nun so lange Gewichte hinzu – z. B. mit Büroklammern – bis sich der Schwebезustand einstellt (Abb. 5).

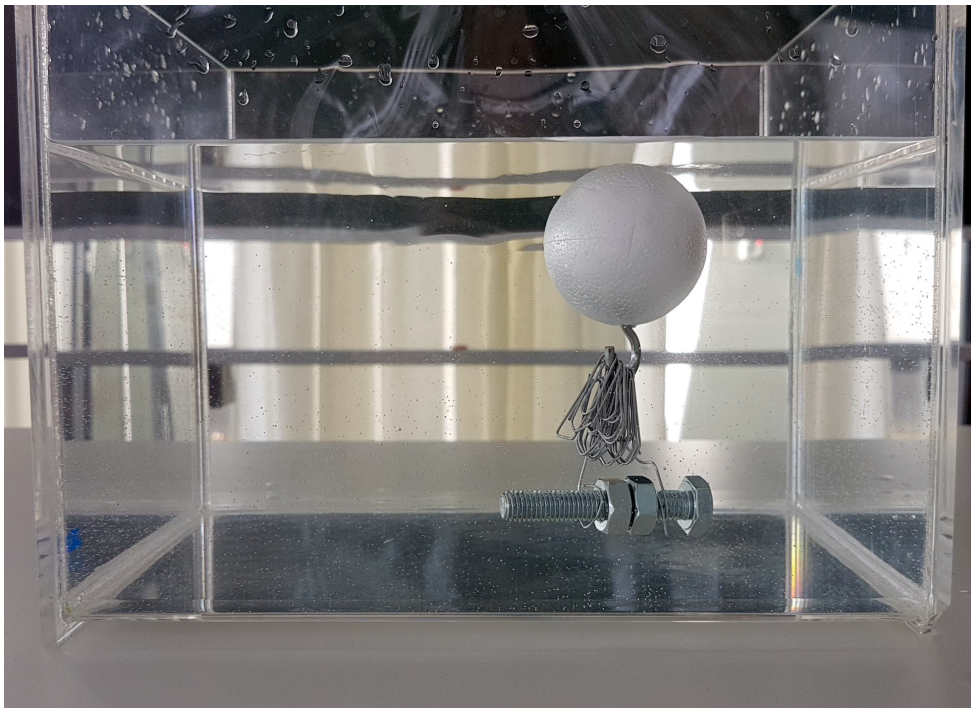


Abbildung 5: Nach der Zugabe einer ausreichenden Zahl von Büroklammern schwebt die Kugel im Wasser (Bild: M. Nielbock).

Begründe, warum es so schwierig ist, eine exakte Balance aus Gewichtskraft und Auftrieb einzustellen.

Erkläre den Zusammenhang besteht zwischen dem Volumen der Styroporkugel (plus Gewichte) und dem benötigten Gewicht.

Der Auftrieb ist in allen Medien vorhanden, so auch in der Luft. Schätze die Stärke des Auftriebs in der Luft im Vergleich zum Wasser ab. Nenne die maßgeblichen Größen.

Optionale Zusatzaufgabe: Ermittle das während des Experiments verdrängte Volumen.

Benutze erneut das Archimedische Prinzip, um aus dem Gewicht das Volumen des verdrängten Wassers zu bestimmen.

Aufgaben

1. Wasserdruck

Der Wasserdruck nimmt proportional zur Tiefe zu. Gemäß Gl. 3 (S. 12) lautet der Druck unter einer Wassersäule:

$$p = \rho_w \cdot g \cdot h + p_0$$

Berechne die Wassertiefe, bei der ein Druck erreicht wird, der zusätzlich zur Atmosphäre über dem Wasser ebenfalls dem Normaldruck von $p - p_0 = p_0 = 101325 \text{ Pa}$ entspricht. Die relevanten Zahlenwerte findest du in Tab. 1.

Beachte, dass gilt:

$$1 \text{ Pa} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 1 \frac{\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}}{\text{m}^2} = 1 \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2}$$

2. Wasserdruck (grafisch)

Die Gleichung aus Aufgabe 1 entspricht einer mathematischen Funktion der Form:

$$f(x) = a \cdot x + b$$

Es handelt sich dabei um eine Geradengleichung. Ordne die Größen denen der Gleichung aus Aufgabe 1 zu. Achte dabei darauf, bei welchen Größen es sich um Variablen handelt und welche davon konstant sind. Bestimme insbesondere die Steigung der Geraden a .

Konstruiere ein Koordinatensystem, das auf der senkrechten Achse den Druck angibt, während die horizontale Achse die variable Größe darstellt. Bestimme den Achsenabschnitt und wähle mit der Maßgabe, dass der Gesamtdruck das Doppelte von p_0 annehmen soll, die Skala der senkrechten Achse. Zeichne die Gerade. Ermittle den Wert auf der horizontalen Achse, für den $p = 2 \cdot p_0$ beträgt.

3. Wasserverdrängung

Berechne das Volumen eines Raumanzugs, der mit Astronaut eine Gesamtmasse von 200 kg hat, wenn er im Wasser schwebt. Benutze das Gleichgewicht der Kräfte der Gravitation und des Auftriebs.

4. Das Archimedische Prinzip

Das Archimedische Prinzip geht auf eine überlieferte Geschichte vom antiken griechischen Gelehrten Archimedes von Syrakus¹ zurück. Demnach soll König Hieron II von Syrakus ihn beauftragt haben, einen möglichen Betrug zu untersuchen. Hieron hatte einem Goldschmied eine genau abgemessene Masse Gold für die Anfertigung einer Krone übergeben. Er vermutete aber, dass bei der Herstellung ein Teil des Golds durch Silber ersetzt wurde, wobei die Gesamtmasse aber erhalten blieb. Archimedes sollte nun herausfinden, ob der Verdacht gerechtfertigt war, und zwar ohne die Krone zu zerstören.

Der römische Architekt Vitruv², der später über diesen Fall berichtete, gab an, dass Archimedes dem Betrug dadurch auf die Schliche kam, weil eine Legierung von Gold und Silber eine geringere Dichte aufweist und deswegen durch sein höheres Volumen pro Masse auch mehr Wasser verdrängt. Als Archimedes dies durch Eintauchen in Wasser überprüfte, soll im Vergleich zu einem Stück reinem Gold bei der Krone das Wasser übergelaufen sein.

Ist diese Geschichte glaubhaft? Berechne hierzu, wie groß der Unterschied zwischen den Wasserständen für zwei Metallstücke mit unterschiedlichem Goldanteil ist. Nimm hierzu zwei Stücke zu je 1 kg an. Eines soll zu 100% aus Gold bestehen; das andere soll eine der Masse nach 30%ige Beimischung von Silber haben. Nimm zudem einen Behälter mit 1 l Wasser an, dessen kreisrunde Grundfläche einen Radius von 5 cm aufweist. Bestimme den Wasserstand,

1. wenn der Behälter nur mit Wasser gefüllt ist,
2. wenn das Goldstück vollständig eingetaucht ist,
3. wenn das Stück aus der Gold-Silber-Legierung vollständig eingetaucht ist.

Ermittle damit, ob der Unterschied der Wasserstände präzise genug messbar ist, um einen Unterschied zwischen den Metallstücken nachzuweisen.

Alternativ wird angenommen, dass Archimedes stattdessen das verminderte Gewicht gemessen hat, das der Auftrieb im Wasser erzeugt. Berechne dazu die Auftriebskräfte für die beiden Metallstücke und deren Differenz, wenn sie in Wasser eingetaucht sind. Bestimme die Masse, die dieser Kraftdifferenz entspricht.

Hintergrund

Die Internationale Raumstation



Abbildung 6: Die ISS im Jahre 2011 (Bild: NASA).

Seit 1998 wird die Internationale Raumstation (ISS, Abb. 6) aufgebaut und mittels einzelner Module (Abb. 7) ständig erweitert. Seit 2000 befinden sich in ununterbrochener Reihenfolge Besatzungen an Bord der ISS. Ihr Betrieb ist bis mindestens 2024 vorgesehen, wahrscheinlich aber bis 2028 bzw. 2030 möglich. Die gesamte Struktur hat eine Masse von 420 t. Sie ist 109 m lang, 73 m breit und 45 m hoch. Auf einer Bahnhöhe von etwa 400 km benötigt die ISS für eine Erdumrundung ungefähr 92 Minuten.

ISS-Konfiguration

Juni 2017

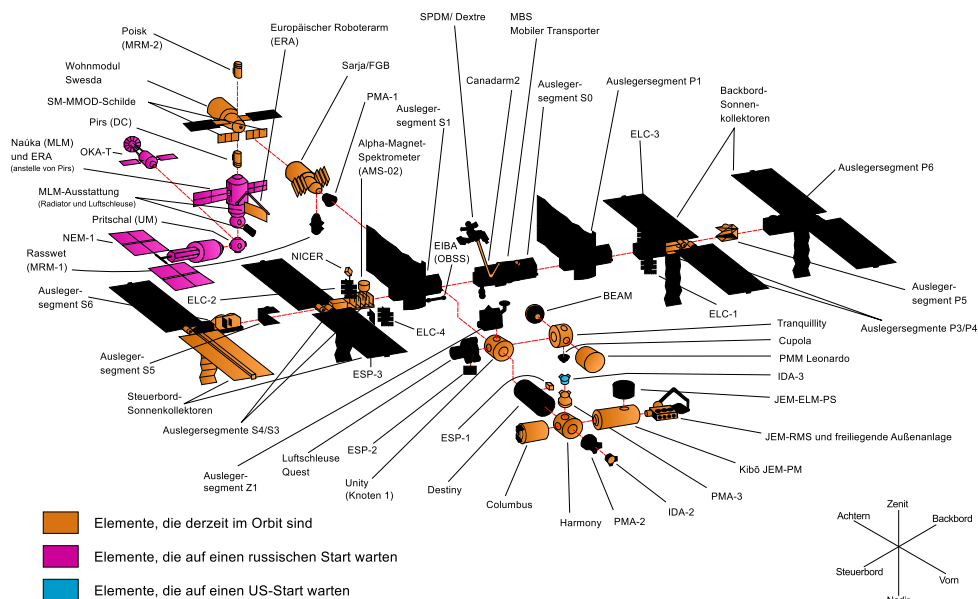


Abbildung 7: Die Module der ISS im Juni 2017 (Bild: NASA).

Die Internationale Raumstation (Abb. 6) ist ein internationales Projekt mit derzeit 15 beteiligten Nationen. Sie dient als wissenschaftliches Forschungslabor für Fragestellungen, deren experimentelle Untersuchung durch den Einfluss der Gravitation auf der Erde erschwert wird. Man nutzt dafür die an Bord der ISS herrschende Mikrogravitation, einen Zustand von annähernder Schwerelosigkeit. Neben der Materialforschung und biologischen Studien spielt auch die Medizin eine wichtige Rolle. Der Einfluss der Mikrogravitation führt zu Symptomen, die Krankheitsbildern auf der Erde ähneln. Daher hofft man, Erkenntnisse in der kontrollierten Umgebung der Raumstation zu erlangen, die auch bei der Erforschung der Krankheiten helfen und Therapien den Weg ebnen. Ein weiterer Grund besteht darin, langfristige Missionen innerhalb des Sonnensystems vorzubereiten.

Manchmal sind Außenbordeinsätze (EVA, Extra-vehicular Activity) erforderlich, um Reparaturen vorzunehmen oder neue Ausrüstung zu montieren. Wie sich die Astronauten darauf vorbereiten, wird im folgenden Kapitel beschrieben.

Astronautentraining

Arbeiten außerhalb der schützenden Hülle der ISS sind immer wieder notwendig. Insbesondere der Aufbau der Raumstation war durch zahlreiche EVA gekennzeichnet. Aber auch heute müssen immer wieder Reparaturen durchgeführt oder neue Ausrüstung montiert werden³. Für die Ausstiege werden Raumanzüge benötigt, die der Besatzung einen ausreichenden Schutz gegen das Vakuum und die Strahlung im Weltall bieten. Handgriffe, Bewegungen und das zielgerichtete Ansteuern sind mit dieser Hülle schwierig und müssen erlernt werden.



Abbildung 8: Außenbordeinsatz auf der ISS von Alexander Gerst im Jahr 2014 (Bild: NASA).

Um die Arbeiten in den Raumanzügen routiniert und sicher ausführen zu können, werden die Aktivitäten auf der Erde in Wasserbecken trainiert. Indem man die Astronauten mit ihren Raumanzügen im Wasser zum Schweben bringt, erzeugt man einen Zustand der dem der Schwerelosigkeit auf der ISS recht nahe kommt. Allerdings erzeugt das Wasser einen Widerstand, den man im All nicht spürt. Zudem sind die Astronauten in den Anzügen während des Trainings unter Wasser nicht schwerelos.

Der Raumanzug (EMU, Extra-vehicular Mobility Unit) wiegt inklusive Astronaut ca. 200 kg. Um dem Anzug die nötige Balance aus Auftrieb und Gewicht zu verleihen, wird er mit Schwimmkörpern und Gewichten versehen. Zudem wird der Luftdruck innerhalb der EMU während des Trainings stets auf 0,3 bar über dem Umgebungsdruck gehalten. Dadurch bläht sich der Anzug leicht auf, was ebenfalls zu einem Auftrieb führt. Gleichzeitig wird darauf geachtet, dass während des Trainings Auftrieb und Gewicht so ausbalanciert werden, dass der gesamte Körper in einem neutralen Gleichgewicht ist. Ansonsten könnte es sein, dass sich der Astronaut entweder ständig aufrichtet oder kopfüber im Wasser schwimmt.

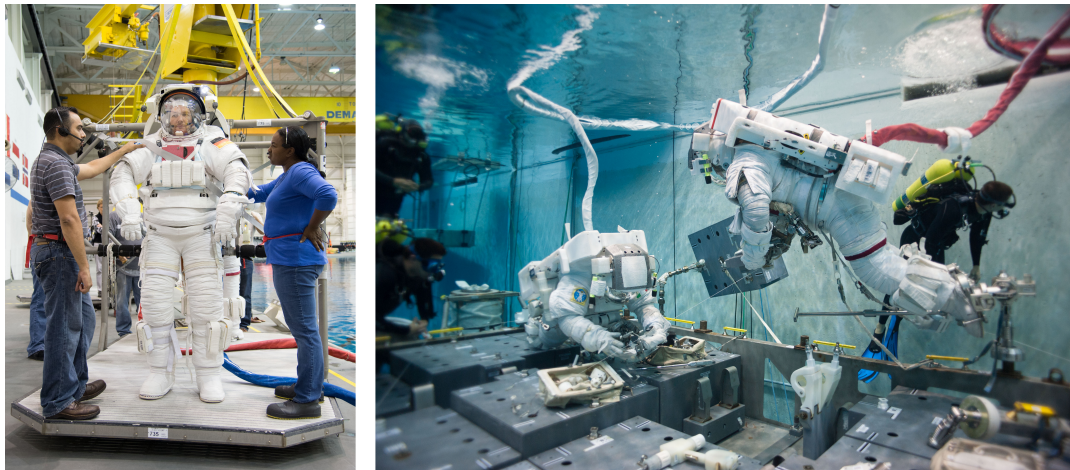


Abbildung 9: Links: Alexander Gerst wird für das Training im Wasserbecken vorbereitet. Rechts: Training von Arbeitsschritten unter Wasser. (Bilder: NASA).

Für die europäischen ESA-Astronauten stehen dafür die Neutral Buoyancy Facility am Europäischen Astronautenzentrum (EAC) in Köln sowie das Neutral Buoyancy Lab der NASA an der Sonny Carter Training Facility nahe des Johnson Space Center in Houston, Texas zur Verfügung.

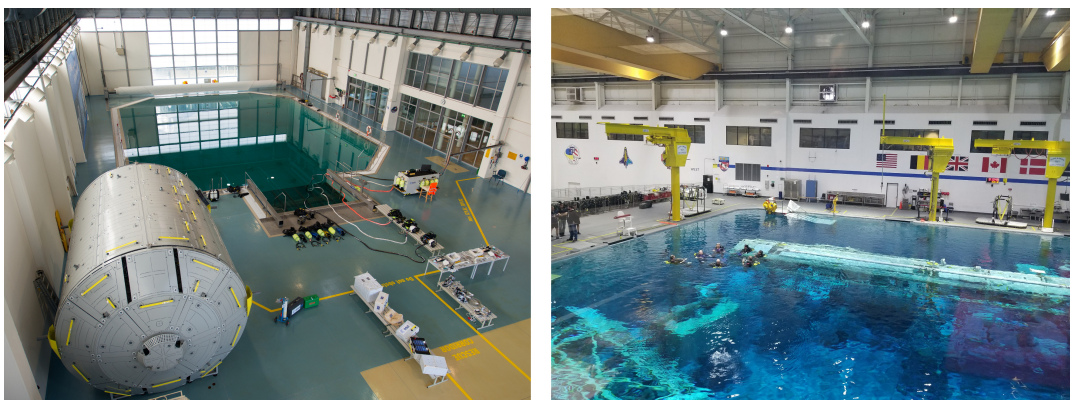


Abbildung 10: Links: das Becken der Neutral Buoyancy Facility der ESA am EAC in Köln (Bild: ESA-S. Corvaja, 2015). Rechts: das Neutral Buoyancy Lab der NASA mit Aufbauten von ISS-Strukturen unter Wasser (Bild: CCicalese (WMF), CC BY 4.0).

Mit den Planungen für eine Rückkehr zum Mond wird man diese Trainingsmethode auch zur Simulation der verminderten Schwerkraft auf dem Mond nutzen. Studien wie Moondive ermitteln bereits jetzt, welche Anforderungen für die spezielle Umgebung des Mondes erfüllt sein müssen und ob die bereits vorhandenen Trainingseinrichtungen entsprechend angepasst werden können. Nachfol-

gend wird erläutert, welche physikalischen Kräfte für den Auftrieb und das Schweben unter Wasser verantwortlich sind.

Der hydrostatische Druck

Um zu verstehen, wodurch der Auftrieb in einem Medium wie dem Wasser erzeugt wird, benötigen wir den Begriff des hydrostatischen Drucks. Dabei handelt es um den Druck, der in einer bestimmten Tiefe des entsprechenden Mediums durch die Gewichtskraft der darüber liegenden Säule erzeugt wird. Zur Verdeutlichung soll Abb. 11 betrachtet werden.

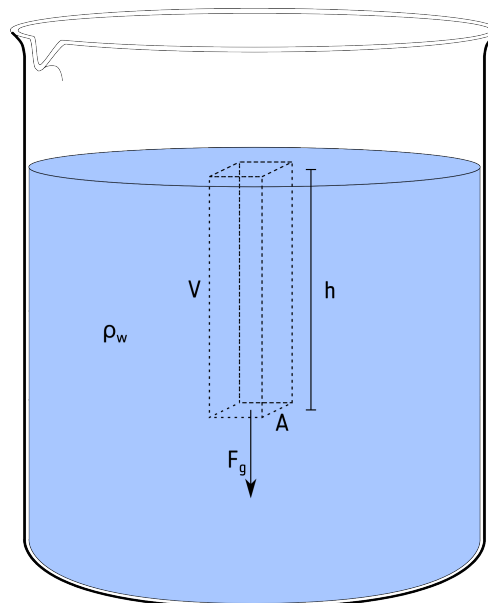


Abbildung 11: Die Grafik verdeutlicht die Verhältnisse, die zum hydrostatischen Druck bzw. Schweredruck führen (Grafik: eigenes Werk).

Dargestellt ist ein Becherglas mit Wasser. In einer Tiefe h befinde sich eine gedachte Fläche A , die zusammen mit h das Volumen V einer Wassersäule (gestrichelt) bildet. Dieses Wasser mit der Dichte ϱ_w übt auf A die Gewichtskraft F_g aus. Die Masse der Wassersäule beträgt $m_w = \varrho_w \cdot V$. Daraus folgt:

$$\begin{aligned} F_g &= m_w \cdot g \\ &= \varrho_w \cdot V \cdot g \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} &= \varrho_w \cdot h \cdot A \cdot g \\ \Leftrightarrow p &= \frac{F_g}{A} = \varrho_w \cdot h \cdot g \end{aligned} \quad (2)$$

Somit steigt der Druck p proportional mit der Wassertiefe h . Tatsächlich ergibt sich der Gesamtdruck aus dem Druck der Wassersäule und dem Luftdruck der darüber liegenden Atmosphäre, bezeichnet mit p_0 . Somit kann der hydrostatische Druck insgesamt formuliert werden als:

$$p = \varrho \cdot g \cdot h + p_0 \quad (3)$$

Der Auftrieb

Ein Objekt mit der Masse m wird im Schwerfeld der Erde mit dem Ortsfaktor g zum Erdmittelpunkt beschleunigt und erfährt eine Gewichtskraft $F_g = m \cdot g$. Taucht man jedoch dieses Objekt in ein Gefäß mit Wasser, wird die Wirkung von F_g um die Auftriebskraft F_a reduziert. Abbildung 12 verdeutlicht die Situation. Sie zeigt einen Körper, der ein Volumen V und eine Grundfläche A aufweist. Er habe die Masse m . Die Oberkante der Körpers hat die Tiefe h_0 , die Unterkante die Tiefe h_1 . Somit besitzt das Objekt selbst die Höhe $\Delta h = h_1 - h_0$ mit $V = A \cdot \Delta h$. Nun lässt sich der hydrostatische Druck p bei h_0 und h_1 ermitteln.

$$p(h_0) = \rho_w \cdot g \cdot h_0 + p_0$$

$$p(h_1) = \rho_w \cdot g \cdot h_1 + p_0$$

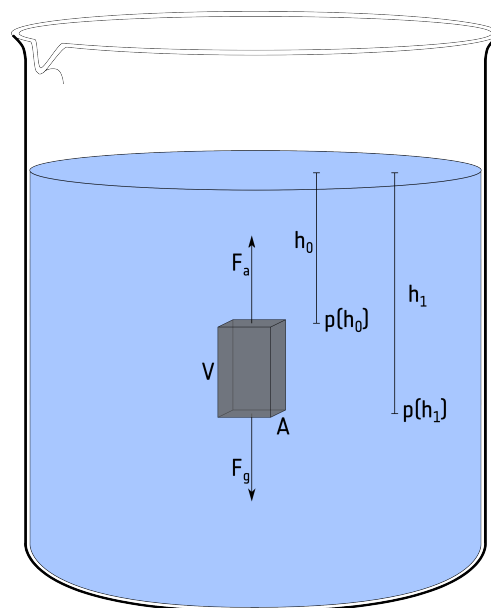


Abbildung 12: Die Grafik verdeutlicht das Phänomen des Auftriebs, den ein Körper mit dem Volumen V unter Wasser erfährt (Grafik: eigenes Werk).

Da $h_1 > h_0$, folgt $p(h_1) > p(h_0)$. Damit ist die auf A wirkende Kraft $F = p \cdot A$ bei h_1 ebenfalls größer als bei h_0 . Somit überwiegt die auf die Unterseite des Körpers wirkende Kraft derjenigen auf seiner Oberseite. Die daraus resultierende Kraftdifferenz wirkt daher nach oben, also entgegen der Richtung der Gravitation. Dies ist die Auftriebskraft F_a .

$$\begin{aligned} F_a &= \Delta p \cdot A = (p(h_1) - p(h_0)) \cdot A \\ &= (\rho_w \cdot g \cdot h_1 + p_0 - (\rho_w \cdot g \cdot h_0 + p_0)) \cdot A \\ &= \rho_w \cdot g \cdot (h_1 - h_0) \cdot A \\ &= \rho_w \cdot g \cdot \Delta h \cdot A \\ &= \rho_w \cdot g \cdot V \end{aligned} \tag{4}$$

$$= m_w \cdot g \tag{5}$$

Daraus folgt das **Archimedische Prinzip**, das besagt:

„Die Auftriebskraft entspricht der Gewichtskraft des Mediums, das von dem eingetauchten Volumen verdrängt wird.“

Daraus lassen sich drei Fälle ableiten.

- $F_g > F_a$: Der Körper sinkt.
- $F_g < F_a$: Der Körper steigt.
- $F_g = F_a$: Der Körper schwebt im Wasser bzw. schwimmt an der Oberfläche.

Die letztere Situation des Kräftegleichgewichts macht man sich im Astronautentraining zunutze. Bei diesem Gleichgewicht schwebt der Astronaut im Wasserbecken. Doch wie führt man dieses Kräftegleichgewicht herbei? Welche Größe ist hierbei maßgeblich? Eine einfache Rechnung ergibt die Antwort.

$$F_g = F_a \quad (6)$$

$$\Leftrightarrow m \cdot g = m_w \cdot g$$

$$\Leftrightarrow \rho_k \cdot V \cdot g = \rho_w \cdot V \cdot g$$

$$\Leftrightarrow \rho_k = \rho_w \quad (7)$$

Der Körper schwebt im Wasser, wenn seine Dichte ρ_k die des Wassers entspricht. Sinkt er, ist seine Dichte zu hoch. Um die Dichte zu verringern, muss man bei gleichbleibender Masse das Volumen erhöhen. Das geschieht im Fall der Astronauten im Trainingsbecken durch Luftpolster. Sie erhöhen das Volumen stärker als im Vergleich die Masse, die sie mit sich tragen. In der Bilanz wird also die mittlere Dichte des Astronauten verringert. Das führt zu einem verstärkten Auftrieb. Nun kann man so lange Luftpolster anbringen, bis im Mittel die Dichte von Wasser erreicht ist. Der Astronaut schwebt⁴.

Endnoten

¹Archimedes von Syrakus (ca. 287 bis 212 v. d. Z.) war ein griechischer Mathematiker, Physiker, Ingenieur, Erfinder und Astronom.

²Marcus Vitruvius Pollio war ein römischer Architekt, Ingenieur und Architekturtheoretiker des 1. Jahrhunderts v. d. Z.

³Eine Liste aller EVA findet man unter:
https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_der_Weltraumausstiege

⁴Stattdessen könnte man theoretisch auch die Dichte des Mediums verändern. Salzwasser hat eine höhere Dichte als Süßwasser.

Diese Unterrichtsmaterialien sind im Rahmen des Projekts *Raum für Bildung* am Haus der Astronomie in Heidelberg entstanden. Experimente dürfen nur unter Aufsicht einer Lehrkraft durchgeführt werden. Der Autor und die Projektpartner übernehmen keine Haftung für etwaig auftretende Verletzungen. Weitere Materialien des Projekts finden Sie unter:

<http://www.haus-der-astronomie.de/raum-fuer-bildung> und <http://www.dlr.de/next>

Das Projekt findet in Kooperation mit dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt statt und wird von der Joachim Herz Stiftung gefördert.