

Der freie Fall

Marcel Eberhard
Daniel Schäfer
Max R. P. Grossmann
Niklas Waldeck

Oktober 2011

Scitis subiecit Matthias Ungermann

Inhaltsverzeichnis

1	Definition des freien Falls	3
2	Die Theorie Aristoteles'	4
3	Das Gedankenexperiment Galileos	5
4	Illustration	6
5	Alltagserfahrungen	7
6	Widerspruch	9
6.1	Tatsächlich ein Widerspruch? – Sinnhaftigkeit der Gegentheorie Galileos . .	10
7	Fazit	11
8	Erklärung am Ende des Referats	14

1 Definition des freien Falls

Free fall is any motion of a body where gravity is the only force acting upon it, at least initially.

– http://en.wikipedia.org/wiki/Free_fall¹

Als freier Fall ist die durch das Schwerfeld der Erde bewirkte beschleunigte Bewegung eines Körpers frei vom Einfluss weiterer äußerer Kräfte definiert. Während des freien Falls befindet sich der Körper im Zustand der Schwerelosigkeit.

– http://de.wikipedia.org/wiki/Freier_Fall¹

Fall, freier, die unter der Einwirkung der Erdanziehung erfolgende, im luftleeren Raum gleichförmig beschleunigte Abwärtsbewegung, für schwere u. leichte Körper gleich groß (ca. $9,81 \frac{m}{s^2}$).

– Der Neue Herder, Freiburg im Breisgau, 1966¹

Hinweis: Nur "gleichmäßig beschleunigte Bewegung" ist richtig, eine "gleichförmig beschleunigte Bewegung" existiert de facto nicht.

Unter einem freien Fall versteht man den Fall eines Körpers in der Nähe der Erde, ohne Berücksichtigung des Luftwiderstandes.

– <http://www.frustfrei-lernen.de/mechanik/freier-fall.html>¹

¹ Abgerufen und überprüft am 20. Oktober 2011

2 Die Theorie Aristoteles'

von Daniel Schäfer Der griechische Philosoph Aristoteles beschäftigte sich mit den Auswirkungen von leichten und schweren Gegenständen im freien Fall. Nach seiner Theorie bewegten sich Gegenstände die eine größere Masse besitzen nach unten und Gegenstände mit weniger Masse nach oben. Daraus schloss er, dass schwere Körper umso schneller zu Boden fallen, desto schwerer sie sind und langsamer fallen, je mehr Widerstand das Medium (meist Luft) leistet. Außerdem folgerte Aristoteles aus dieser Erkenntnis, dass sich daraus für das Vakuum kein Schluss ziehen lässt und ebendieses daher nicht existieren kann.

Die Theorie von Aristoteles besagt: Der beispielhafte schwere Körper A bewegt sich in einer kürzeren Zeit t_A nach unten, als der leichtere Körper B . Daraus folgend ist die Geschwindigkeit des Körpers A bei seiner Abwärtsbewegung, v_A , höher als die Geschwindigkeit mit Abwärtsbewegung des Körpers B , die hier als v_B bezeichnet wird.

Im Alltag kann man scheinbar beobachten, dass schwere Gegenstände schneller fallen, als leichte. Aber ob diese Beobachtung wirklich an der Masse der Gegenstände liegt oder warum diese Theorie nicht der Wahrheit entspricht, wird in den nächsten Abschnitten bearbeitet.

$$v_B < v_A$$

3 Das Gedankenexperiment Galileos

von Max R. P. Grossmann Galileo Galilei erkannte, dass diese Theorie falsch sein musste: Zwei Körper, die eine Verbindung aus dem schweren Körper A und dem leichten Körper B , darstellten, müssten sich mit einer geringen Geschwindigkeit als der schwere Körper A bewegen; das ist jedoch nicht der Fall.

Als Begründung wird angeführt, der Körper B habe aufgrund seiner "Leichtigkeit" eine Art *negativen Einfluss* auf die Gesamtgeschwindigkeit des vereinigten Körpers $A + B$.

Daraus würde folgen:

$$v_B < v_{A+B} < v_A$$
$$v_{A+B} \neq v_A + v_B$$

Diese Gleichung steht jedoch in einem exorbitanten Widerspruch zu alltäglichen Erfahrungen.

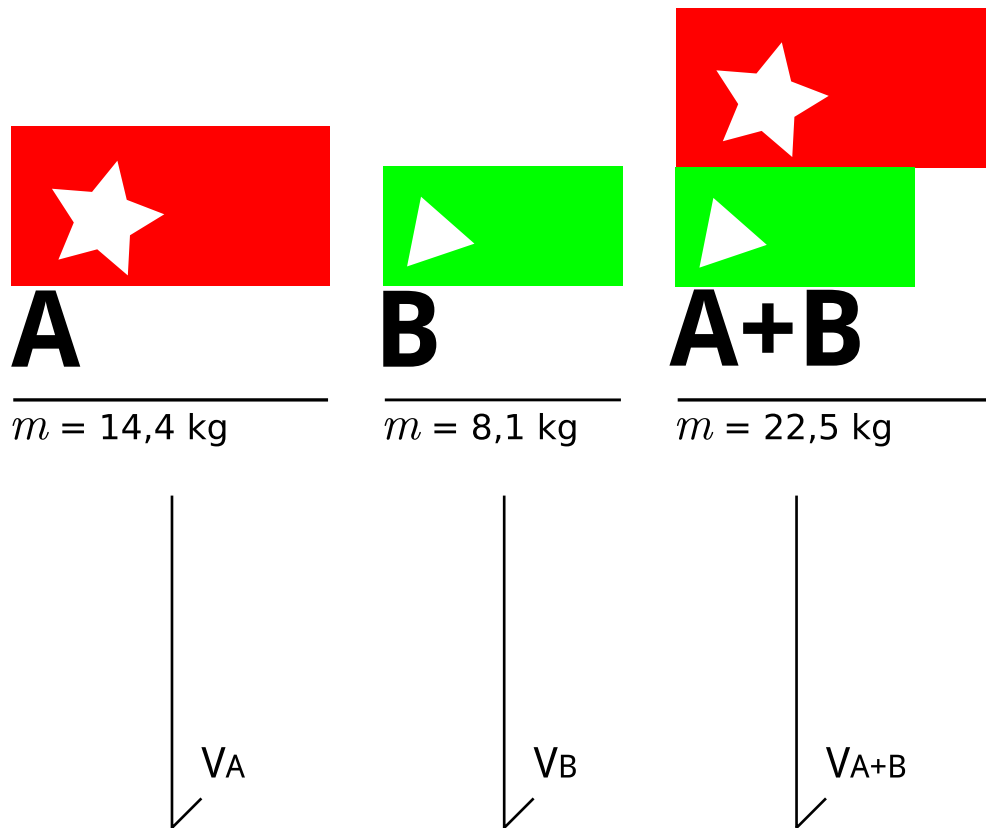
Anhand diesen Beobachtungen erkannte Galileo, dass die Fallgeschwindigkeit¹ für *jeden* Körper *immer gleich* ist, unabhängig von seiner äußeren Gestalt und unabhängig von seiner Masse.

Lässt man einen Gegenstand in einem Medium fallen, gelten außer der puren Anziehungskraft noch weitere Kräfte wie etwa Strömungswiderstand. Daher ist der freie Fall als Abwärtsbewegung mit der (Erd-)Anziehungskraft als einziger Kraft definiert. Dieser Zustand ist jedoch nur im Vakuum anzutreffen.

im Vakuum gilt aufgrunddessen: $v_{A+B} = v_A = v_B$

¹im Vakuum

4 Illustration



A ist am schwersten, *B* ist leichter, und *A + B* vereinigt beide Körper *A* und *B* in sich. v für *A*, *B* und *C* ist die Fallgeschwindigkeit. Aristoteles sagt: *A* fällt schneller als *B*; Galileo meint, dann müsse *A + B* langsamer als *A*, aber schneller als *B* fallen.

5 Alltagserfahrungen

von Max R. P. Grossmann Die Alltagserfahrungen hängen vom Blick des Betrachters ab:

- *im Vakuum*: Im Vakuum fallen sämtliche Gegenstände gleich schnell, da hier keine Kraft außer der Anziehungskraft auf den Körper wirkt.
- *in der Luft*: In der Luft fallen Gegenstände abhängig von ihrer äußeren Gestalt; in der Regel gilt die Faustregel: je größer die Oberfläche, desto geringer die Fallgeschwindigkeit.
- *im Wasser*: Ein Körper mit höherer Dichte als Wasser sinkt nach unten, während ein Körper mit geringerer Dichte nach oben steigt.

Als "freier Fall" ist jedoch die Abwärtsbewegung im Vakuum definiert, da die beiden anderen Betrachtungsmöglichkeiten fremde Kräfte in ihre Definition mit einschließen (Luftwiderstand und im Wasser Verdrängung etc.).

Als Antwort auf die Frage, wie die Alltagserfahrung im Rahmen der Vereinigung zweier Objekte A und B im Bezug auf die Fallgeschwindigkeit sei, muss gegeben werden:

- *im Vakuum*: A , B und $A + B$ bewegen sich gleichmäßig beschleunigt gen Anziehungspunkt.
- *in der Luft*: A , B und $A + B$ bewegen sich abhängig von ihrer äußeren Gestalt, jedoch nicht abhängig von ihrer Masse, gen Anziehungspunkt.

Bei dieser Gelegenheit muss die urbane Legende, die Fallgeschwindigkeit sei vom Gewicht des Körpers abhängig, als naturwissenschaftlich falsch erklärt werden. Desweiteren kommt

hinzu, dass dem anziehenden Körper, etwa der Erde, das Gewicht bzw. die Masse des Körpers, der fällt, überhaupt nicht bekannt ist.

6 Widerspruch

von Marcel Eberhard Der griechische Philosoph Aristoteles (384-322 v. Chr.) behauptet in seiner Theorie über den freien Fall, dass sich schwere Gegenstände gen unten und leichte Gegenstände gen oben bewegten. Aus seiner Theorie schloss er, dass schwere Körper schneller fallen als leichte. Auf den ersten Blick klingt diese Theorie richtig. Aufgründessen dauerte es auch rund 2000 Jahre, bis jemand den Widerspruch in der Theorie von Aristoteles fand. Der Entdecker des Widerspruches war der Forscher und Pionier Galileo Galilei (1564-1642).

Um diesen komplexen Widerspruch zu verdeutlichen, folgt hier eine Erklärung anhand dreier Beispiele.



A

$m = 14,4 \text{ kg}$



B

$m = 8,1 \text{ kg}$

Laut Aristoteles würde Körper *A* als erstes auf die Erdoberfläche aufkommen. Beide Körper sind aus demselben Material, nur ihre Masse *m* ist unterschiedlich. *A* fällt schneller, weil es schwerer ist.



A+B

$m = 22,5 \text{ kg}$

Geht man nun von der Theorie Galileos aus, so müssten die Körper, wenn sie vereinigt sind, langsamer fallen als vorher, da der leichtere Körper *B* den Fall des Körpers *A* "hemmt".



A+B

$m = 22,5 \text{ kg}$

Kombiniert man nun aber beide Körper ($A + B$), müsste der Körper $A + B$ schneller fallen als die beiden Ursprungskörper. Mit dieser Theorie läge Aristoteles wiederum richtig, wenn man voraussetze, dass sich die Fallgeschwindigkeit nach der Masse m richte.

6.1 Tatsächlich ein Widerspruch? – Sinnhaftigkeit der Gegentheorie Galileos

von Marcel Eberhard Wie nun gezeigt gibt es in der Theorie von Aristoteles wirklich einen Widerspruch, der von Galileo entdeckt wurde. Ob man diesen Fehler in seiner Theorie nun als Widerspruch oder simplen Formulierungsfehler ansieht, sei jedem selbst überlassen.

Ein weiteres Problem der Gegentheorie ist, dass Aristoteles nie das Gegenteil behauptete, vielmehr tat es Galileo selbst. So behauptete Aristoteles nie, dass ein vereinigter Körper (der hier als $A + B$ bezeichnet wird) langsamer fiel als A ; schließlich sei die Masse des neuen Körpers das Ergebnis einer Addition der Massen von A und B – und müsste daher laut Aristoteles schneller fallen.

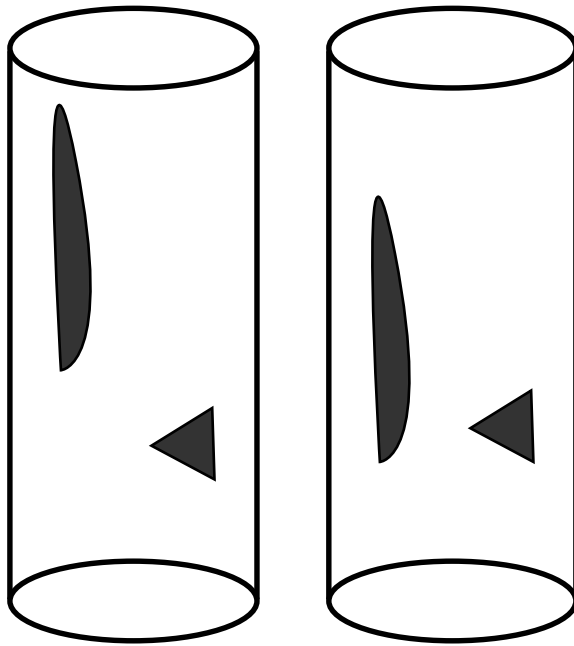
Der Pferdefuß der Aristoteles-Theorie liegt hier in der falschen Behauptung, die Fallgeschwindigkeit sei von der Masse des Körpers abhängig.

7 Fazit

von Niklas Waldeck Bis zu der Zeit Galileis hatte man angenommen, dass schwere Körper schneller fallen als leichte und dass die Fallgeschwindigkeit proportional zum Gewicht des Fallkörpers zunimmt. Meine Mitschüler haben verdeutlicht, dass diese Annahme von Aristoteles ein Irrtum ist. Alle Körper ohne Luftwiderstand oder einen anderen Widerstand fallen mit derselben *konstanten Beschleunigung*.

Galilei hatte ein kluges Argument gebraucht: ein schwerer Stein, der aus einer Höhe von 2m fallen gelassen wird, drückt einen Pfahl wesentlich leichter in die Erde, als derselbe Stein, der nur aus einer Höhe von 20cm fallen gelassen wird. Galilei hatte auch herausgefunden, dass der Luftwiderstand eine bedeutende Rolle spielt: Im Vakuum fällt eine Feder oder ein Stein mit derselben Beschleunigung wie jeder andere Körper. Eine solche Demonstration war zu Galileis Zeiten unmöglich, umso mehr ist seine Leistung zu würdigen.

Als generelles Fazit kann man festhalten: **“An einem festen Ort auf der Erde und ohne das Vorhandensein von Luftwiderstand fallen alle Körper mit derselben konstanten Beschleunigung.”**



Luftgefüllte Röhre

Evakuierte Röhre

Dieser Fallbeschleunigung wird in der Physik die Einheit g zugeordnet:

$$g = 9.81m/s^2$$

Tatsächlich schwankt dieser Wert je nach Breitengrad und Höhe über dem Meeresspiegel. Aber diese Auswirkungen sind so gering, dass sie meist vernachlässigt werden können.

Eine interessante Weiterentwicklung des Beweises von Galilei erfolgte 1907 durch Albert Einstein, einem späteren Nobelpreisträger. Einstein hatte, wie er selbst sagte, den glücklichsten Einfall seines Lebens:

Ich saß auf meinem Sessel im Berner Patentamt, als mir plötzlich (!) folgender Gedanke kam: "Wenn sich eine Person im freien Fall befindet, dann spürt sie ihr eigenes Gewicht nicht." Ich war verblüfft. Dieser einfache Gedanke machte auf mich einen tiefen Eindruck. Er trieb mich in Richtung einer Theorie der Gravitation.

– Albert Einstein

Einstein entwickelte daraus die spezielle Relativitätstheorie, auf die die allgemeine Relativitätstheorie folgte. Für seine Erkenntnisse besonderer Qualität wurde Albert Einstein

im November 1922 mit dem Physiknobelpreis ausgezeichnet; seine Beiträge beeinflussen seither maßgeblich jedwede wissenschaftliche Arbeit.

8 Erklärung am Ende des Referats

Hiermit erklären wir, dass wir das vorliegende Referat selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt haben.

Jede Entlehnung, jedes Zitat ist als solches kenntlich gemacht worden.

Dieses Referat wurde zudem ausschließlich unter Verwendung Freier Software im Sinne der Free Software Foundation, 51 Franklin Street, Suite 500, Boston, MA 02110-1335, Vereinigte Staaten von Amerika, erarbeitet, hergestellt und produziert.

Marcel Eberhard,

Daniel Schäfer,

Max R. P. Grossmann,

Niklas Waldeck.

5th Revision.

X₃LaTeX