

Der Bildungsplan verlangt den physikalischen Fachbegriff „Masse“. Im Alltag sprechen wir jedoch häufiger vom „Gewicht“ oder davon, wie „schwer“ etwas ist. Ist das alles das gleiche oder muss man das unterscheiden? Der folgende Text¹ ist nicht für den Unterricht in Klasse 5/6 gedacht, sondern als Hintergrundwissen für die Lehrkraft. Er versucht zu erklären, warum Physikerinnen und Physiker diese Begriffe sorgsam voneinander trennen, und warum diese Trennung im Alltag so schwerfällt.

Warum ist das mit dem Gewicht so schwer?

- „Das **Gewicht** des Koffers ist 2 Kilogramm höher als für den Flug erlaubt ist.“
- „Das **Gewicht** des Koffers ist auf dem Mond kleiner als auf der Erde.“
- „Lisa legt ein **Gewicht** in die Waagschale.“
- „Je länger Lisa den Koffer an einer Hand trägt, desto **schwerer** wird er.“

Im Alltag versteht man diese vier Sätze ohne Schwierigkeiten. In ein Physikbuch würde man sie aber dennoch nicht schreiben. Wo steckt das Problem?



Gewicht

Das **Gewicht** ist ein Begriff der Alltagssprache, mit dem jeder gut umgehen kann. Probleme ergeben sich aber immer dann, wenn **Gewicht** im Sinne einer physikalischen Größe verwendet wird. Der Alltagsbegriff **Gewicht** wird in manchen Situationen wie die physikalische Größe **Masse** verwendet wird, während es in anderen Situationen für das benutzt wird, was die Physik durch die Größe **Gewichtskraft** beschreibt. Dadurch vereint der Alltagsbegriff **Gewicht** Eigenschaften, die in der Physik durch zwei unterschiedliche Größen beschrieben werden, die **Masse** und die **Gewichtskraft**.

Masse

Jeder Körper hat eine **Masse**. Diese **Masse** ist der Grund dafür, dass sich ein Körper nicht sofort beliebig beschleunigen oder abbremsen lässt: der Körper ist **träge**. Je größer die **Masse** eines Körpers ist, desto größer ist seine **Trägheit** und desto schwieriger kann er beschleunigt werden. Die **Masse** gibt man in der Regel in Kilogramm an.

Lisa muss an einem Rollkoffer mit großer **Masse** kräftig ziehen, um ihn zum Losrollen zu bewegen. Würde sie an einem ganzen Wagen voller Koffer ziehen, wäre es umso schwieriger, den Wagen in Bewegung zu versetzen. Umgekehrt kann sie einen Rollkoffer mit kleiner **Masse** sehr leicht stoppen. Würde der ganze Koffer-Wagen auf sie zurollen, könnte sie diesen kaum aufhalten; vielleicht würde sie sogar zwischen dem Wagen und einer Wand eingequetscht werden.

Man hat herausgefunden, dass sich die **Masse** nie² ändert. Und wenn sich die **Masse** nie ändert, bleibt auch die **Trägheit** immer gleich.

¹ Vielen Dank an Peter Schmäzle für die Anregung zu diesem Text und für die hilfreichen Rückmeldungen

² Das „nie“ muss man eigentlich gleich wieder zurücknehmen: Ein technischer Experte III. Klasse beim Eidgenössischen Amt für geistiges Eigentum in Bern hatte zu Beginn des 20. Jahrhunderts erkannt, dass sich z.B. bei sehr hohen Geschwindigkeiten die Masse deutlich ändert. Bei den Geschwindigkeiten, mit denen wir es im Alltag und in diesem Text zu tun haben, spielt diese Änderung jedoch keine Rolle.

Dies kann man an einem kleinen Experiment verdeutlichen: Ein Tischtennisball auf einer Tischplatte kann durch leichtes Pusten in Bewegung versetzt werden. Bei einer gleich großen Messingkugel muss man hingegen sehr lange bzw. sehr stark pusten, um sie auf die gleiche Geschwindigkeit zu bringen. Würde man den Versuch mit dem Tischtennisball und der Messingkugel auf dem Mond oder in einer Raumstation machen, dürfte sich also nichts ändern: Jedesmal wäre der Tischtennisball viel einfacher zu beschleunigen als die Stahlkugel, denn die **Masse** ändert sich nie.

Das Experiment auf der Erde kann man selbst durchführen. Das Experiment auf der Raumstation haben Astronauten der europäischen Raumfahrtagentur ESA durchgeführt und gefilmt. Es findet sich im Film *Mission 1: Newton in Space*³:

http://www.esa.int/Our_Activities/Human_Spaceflight/Education/ISS_DVD_Lesson_series

<i>Minute</i>	<i>Inhalt</i>
08:27–08:39	Kugeln werden auf der Erde beschleunigt;
07:17–07:50	Kugeln werden auf der Raumstation ISS beschleunigt;

In beiden Fällen verhalten sich die Kugeln gleich. Die **Masse** und die **Trägheit** haben sich in der Raumstation nicht verändert. Auch das Experiment mit Lisas Koffer-Wagen ist so ähnlich im Film zu sehen:

<i>Minute</i>	<i>Inhalt</i>
11:27–11:24	Eine große Batterie wird auf der ISS bewegt.

Die Batterie hat eine große **Masse**. Sie ist sehr **träge**, kann also nur mit Mühe beschleunigt bzw. abgebremst werden. Wenn sie gegen den linken Astronauten prallt, hat dieser Probleme, sie abzubremsen. Er wird zwischen Batterie und Wand eingeklemmt.

Kommen wir zurück zu den Sätzen vom Anfang. Wenn wir mit dem Alltagsbegriff **Gewicht** die physikalische Größe **Masse** meinen, müssten wir die Sätze folgendermaßen formulieren:

- „Das **Gewicht** des Koffers ist 2 Kilogramm höher als für den Flug erlaubt ist.“
„Die **Masse** des Koffers ist 2 Kilogramm höher als für den Flug erlaubt ist.“
- „Das **Gewicht** des Koffers ist auf dem Mond kleiner als auf der Erde.“
„Die **Masse** des Koffers ist auf dem Mond genauso groß wie auf der Erde.“

Gewichtskraft

Der Alltagsbegriff **Gewicht** kann auch Eigenschaften meinen, die in der Physik durch die **Gewichtskraft** beschrieben werden.

Die **Masse** ist eine Eigenschaft *eines* Körpers. **Kräfte** wirken aber immer zwischen *zwei* Körpern: Der Koffer am Bahnsteig und die Erde ziehen sich gegenseitig an. Diese anziehende **Kraft** auf einen Körper – z.B. Lisas Koffer auf der Erde – nennt man **Gewichtskraft**⁴. Die **Gewichtskraft** gibt man in der Regel in Newton an. Da z.B. die

³ Im Text werden jeweils bestimmte Szenen des Films genannt (Minutenangaben), die die passenden Experimente zeigen. Die Erklärungen im Film werden nicht benötigt; man kann die Szenen daher ohne Ton anschauen.

⁴ Auch hier können Physiker wieder ganz spitzfindig sein und zwischen Gravitation und Gewichtskraft unterscheiden – aber das lassen wir mal besser sein.

Massen von Erde und Mond sehr unterschiedlich sind, hängt die **Gewichtskraft** vom Ort ab, an dem sich ein Körper befindet. Je größer die **Masse** ist, umso größer ist auch die **Gewichtskraft**.

Deshalb führt ein Standortwechsel von der Erde zum Mond oder auf eine Raumstation dazu, dass derselbe Körper dort eine andere **Gewichtskraft** erfährt als auf der Erde. Auf dem Mond ist die **Gewichtskraft** auf Lisas Koffer nur etwa ein Sechstel so groß wie auf der Erde. Auf der Raumstation würde der Koffer gar keine **Gewichtskraft** mehr erfahren. Im Alltag würde man sagen, dass sich das **Gewicht** des Koffers auf dem Mond bzw. in der Raumstation verändert. Dies kann man sich auch wieder im Film anschauen:

<i>Minute</i>	<i>Inhalt</i>
06:06–06:24	Eine Person hochheben auf der ISS;
06:25–06:32	Eine Person hochheben auf der Erde;
06:50–07:16	Unterschied zwischen Masse und Gewicht .

Wenn wir mit dem Alltagsbegriff **Gewicht** die physikalische Größe **Gewichtskraft** meinen, müssten den zweiten Alltagssatz also folgendermaßen formulieren:

- „Das **Gewicht** des Koffers ist auf dem Mond kleiner als auf der Erde.“
 „Die **Gewichtskraft**, die auf dem Mond auf den Koffer wirkt, ist kleiner als die **Gewichtskraft**, die auf der Erde auf den Koffer wirkt.“

Neben der Bedeutung als **Gewichtskraft** taucht das **Gewicht** auch noch in anderen Alltagsbegriffen auf, z.B. als **Gewicht**, das man zum Abwiegen auf eine Waagschale stellt. Um Verwirrungen zu vermeiden, sind Physikerinnen und Physiker daher darauf bedacht, die Begriffe im Unterricht eindeutig zu verwenden:

<i>Im Alltag</i>	<i>gemeint ist</i>	<i>besser</i>
Gewicht	Eigenschaft des Körpers	Masse
Gewicht	wie stark er angezogen wird	Gewichtskraft
Gewicht	Objekt, das man auf eine Waage stellt oder an einen Faden hängt	Massestück
Körpergewicht	wie viel Kilogramm die Waage anzeigt	Masse

Warum fällt uns im Alltag die Unterscheidung so schwer?

Masse ist der Grund für **Trägheit**, und **Masse** ist der Grund für die **Gewichtskraft**. Die **Gewichtskraft** hängt vom Ort ab, die **Trägheit** nicht. Erst wenn man den Ort ändert (indem man z.B. zum Mond fliegt), merkt man also, dass **Masse** und **Gewichtskraft** zwei unterschiedliche Konzepte sind. Bleibt man auf der Erde, ist die Unterscheidung nur abstrakt.

Daher ist es für uns im Alltag auch kaum nachzuvollziehen, dass man **Masse** und **Gewichtskraft** unterscheiden müsste: Wir geben die **Masse** des Koffers in Kilogramm an, nachdem wir ihn auf die Badezimmerwaage gestellt haben. Dabei misst die Waage die **Gewichtskraft**. Sie würde auf der Raumstation 0 kg anzeigen, obwohl sich die **Masse** des Koffers nicht geändert hat. Und in den meisten populärwissenschaftlichen Sendungen wird umgekehrt die **Gewichtskraft** in Kilogramm oder Tonnen angegeben.

Im Baustein *B06* wird die **Masse** mit Balkenwaage oder Federwaage bestimmt. Auch hierbei nutzt man die **Gewichtskraft** aus. Beide Geräte würden also auf der ISS gar nicht funktionieren. Auf dem Mond würde die Federwaage einen zu kleinen Wert anzeigen (1/6 der korrekten **Masse**), die Balkenwaage hingegen den korrekten Wert, da hier **Massen** verglichen werden (beide Seiten werden schwächer angezogen, aber wenigstens gleich schwach).

Eine Bestimmung der **Masse** auf der ISS funktioniert nur über die **Trägheit**: man beschleunigt den Astronauten und bremst ihn wieder ab. Dies geht am besten mit Hilfe von Federn. Aus der Schwingung kann man die **Masse** berechnen. Ein Beispiel für eine solche *Astronautenwaage* (als Schülerexperiment) findet man in folgendem Video: https://www.youtube.com/watch?v=btdR_2b3hWo

Schweregefühl

Gewicht, Masse und Gewichtskraft auseinanderzuhalten, ist eigentlich schon kompliziert genug. Man kann es aber trotzdem noch etwas komplizierter machen. Es gibt nämlich noch ein weiteres Konzept, das **Schweregefühl**. Nehmen wir den vierten Alltagsatz, der auf den ersten Blick wieder völlig in Ordnung ist:

- „Je länger Lisa den Koffer an einer Hand trägt, desto **schwerer** wird er.“

Die **Masse** ändert sich nicht. Die **Gewichtskraft** ändert sich auf der Erde nicht. Und dennoch kommt es einem manchmal so vor, als würde ein Koffer auf dem Weg zum Bahnhof immer **schwerer** werden. Man muss zwischen der (objektiven) **Masse** und dem (subjektiven) **Schweregefühl** des Menschen unterscheiden. Es wäre also besser, zu sagen:

- „Je länger Lisa den Koffer an einer Hand trägt, desto **schwerer** fühlt er sich an.“

Physikerinnen und Physiker sind daher auch wieder darauf bedacht, im Unterricht möglichst verständlich zu formulieren und Doppeldeutigkeiten zu vermeiden:

<i>Im Alltag</i>	<i>gemeint ist</i>	<i>besser</i>
ist schwer	Eigenschaft des Körpers	hat eine große Masse
ist schwer	wird stark angezogen	erfährt ein große Gewichtskraft
ist schwer	eine Aufgabe, eine Frage	schwierig, kompliziert
schwerwiegend	Argument	wichtig, ernstzunehmend, folgenreich

Das subjektive **Schweregefühl** ist auch für ein anderes Phänomen verantwortlich: Ob in Lisas Rucksack eine volle Wasserflasche steckt, merkt sie sofort. Wenn diese im großer Reisekoffer liegt, merkt sie die zusätzliche **Masse** gar nicht. Warum ist das so?

Den **Massenunterschied** zwischen zwei Körpern, die das menschliche **Schweregefühl** deutlich unterscheiden kann, hängt davon ab, welche **Ausgangsmasse** vorliegt. Wird die **Ausgangsmasse** verdoppelt, verdoppelt sich auch der **Massenunterschied**, den wir noch wahrnehmen können. Bei 10-facher **Ausgangsmasse** ergibt sich auch ein 10-facher **Massenunterschied**, den wir mit unserem **Schweregefühl** feststellen können. Dividiert man den wahrnehmbaren **Massenunterschied** durch die **Ausgangsmasse**, ergibt sich in etwa immer der gleiche Zahlenwert. Diesen Wert nennt man **Weber-Konstante** beim **Schweregefühl**. Siehe hierzu auch den Baustein *B04* sowie den Artikel *Unsere Sinne logarithmieren* von Dieter Plappert:

http://www.schule-bw.de/unterricht/faecher/physik/didaktik/beitraege/sinn_log.htm

Unsere Hand erkennt einen relativen Unterschied von ungefähr 2 % eines Körpers: Man nimmt die Zunahme eines Gegenstands von zunächst 100 g erst wahr, wenn die **Masse** um 2 g auf 102 g angewachsen ist. Ähnlich verhält es sich auch mit Helligkeit, Lautstärke oder Tastempfindlichkeit.

Fazit

In der Physik müssen wir vier Konzepte unterscheiden:

- **Gewicht** ist ein Alltagsbegriff, der manchmal **Masse** und manchmal **Gewichtskraft** meint und er daher manchmal richtig und manchmal falsch verwendet wird.
- **Masse** ist eine Eigenschaft *eines* Körpers.
- **Gewichtskraft** ist eine Kraft zwischen *zwei* Körpern.
- **Schweregefühl** ist die Wahrnehmung der **Gewichtskraft** durch den Menschen.

Da sich auf der Erde **Gewichtskraft** und **Masse** im Alltag oft nicht unterscheiden lassen, wäre es im Anfangsunterricht der Klassen 5/6 eigentlich völlig in Ordnung, vom **Gewicht** zu sprechen. Auch viele Mathematikbücher der Klasse 5 sprechen vom **Gewicht**, wenn sie **Masse** (in Kilogramm) meinen.

Die Unterrichtssprache sollte jedoch möglichst so formuliert sein, dass sie ohne Brüche zu den nachfolgenden Klassenstufen passt, damit falsche Grundkonzepte nicht in späteren Jahren zu Lernhindernissen werden. Auch wenn im Alltag oft vom **Gewicht** gesprochen wird, sollte die Lehrkraft fachsprachliches Vorbild sein:

- Statt
„Das **Gewicht** des Koffers ist 2 Kilogramm höher als für den Flug erlaubt ist.“
besser
„Die **Masse** des Koffers ist 2 Kilogramm höher als für den Flug erlaubt ist.“
- Statt
„Das Gewicht des Koffers ist auf dem Mond kleiner als auf der Erde.“
je nach Kontext besser
„Die **Masse** des Koffers ist auf dem Mond genauso groß wie auf der Erde.“
oder
„Die **Gewichtskraft**, die auf dem Mond auf den Koffer wirkt, ist kleiner als die **Gewichtskraft**, die auf der Erde auf den Koffer wirkt.“
- Statt
„Lisa legt ein **Gewicht** in die Waagschale.“
besser
„Lisa legt ein **Massestück** in die Waagschale.“
- Statt
„Je länger Lisa den Koffer an einer Hand trägt, desto **schwerer** wird er.“
besser
„Je länger Lisa den Koffer an einer Hand trägt, desto **schwerer** fühlt er sich an.“

Umgekehrt müssen im Unterrichtsgespräch Äußerungen von Schülerinnen und Schülern aber nicht sofort korrigiert werden, wenn die Grundaussage des Satzes klar ist, z.B.

- „Die Dose hat ein **Gewicht** von 2 kg.“
- „Ob ein Körper schwimmt, hängt vom **Gewicht** und vom Volumen ab.“