

# Die List der Trägheit

H. Joachim Schlichting

## Kurzfassung

Es wird ein Freihandversuch vorgestellt, an dem wesentliche Eigenschaften des Trägheitsprinzips erkennbar gemacht werden können. Im Anschluß daran, wird gezeigt, daß in zahlreichen Alltagssituationen in intuitiver Weise von diesem Prinzip Gebrauch gemacht wird.

## Phänomene

Beim Gießen der Topfblumen entdecken wir zuweilen vergilzte Blätter. Wir möchten sie am liebsten mit der noch freien Hand entfernen. Leider sitzen sie häufig so fest, daß man die ganze Blume auseinanderreißen oder den Topf umkippen würde. Da hilft nur ein Trick: Das Blatt wird mit einem kräftigen Ruck abgerissen. Bevor die Pflanze "merkt", daß an ihr gezogen wird, ist es auch schon um ihr Blatt geschehen.

Beim Jäten des Löwenzahn wollen wir jedoch das Gegenteil erreichen: die Pflanze mit der gesamten langen Wurzel aus dem Erdreich herauszuziehen:

"Ein Löwenzahn klammert sich mit einem Fächer dicht aufeinanderliegender Zackenblätter fest an der Erde; wenn man am Stengel zieht, behält man ihn in der Hand, während die Wurzeln fest in der Erde haften. Man muß mit einer kreisenden Handbewegung das ganze Gewächs erfassen und behutsam die Wurzelfasern aus dem Erdreich ziehen" (I. Calvino: Herr Palomar).

Ohne daß wir uns dessen immer bewußt sind, wird hier das Galileische Trägheitsprinzip in unser Tun einbezogen. Ein kleines Freihandexperiment soll das ein wenig verdeutlichen:

## Versuch

Ein schweres Buch wird an einem verhältnismäßig kräftigen Faden aufgehängt. An das Buch wird ein dünner, deutlich schwächerer Faden gehängt. (Abb. 1). Was passiert, wenn man am dünnen Faden zieht? Wie in den eingangs genannten "botanischen" Beispielen hängt das ganze davon ab, wie man zieht. Wenn man langsam und behutsam zieht, reißt schließlich nicht - wie man vielleicht

erwarten würde - der dünne Faden, sondern der dicke. Der dünne Faden reißt jedoch, wenn man mit einem kräftigen Ruck zieht. Abschließend noch einige Tips zur Präparation des Freihandver-

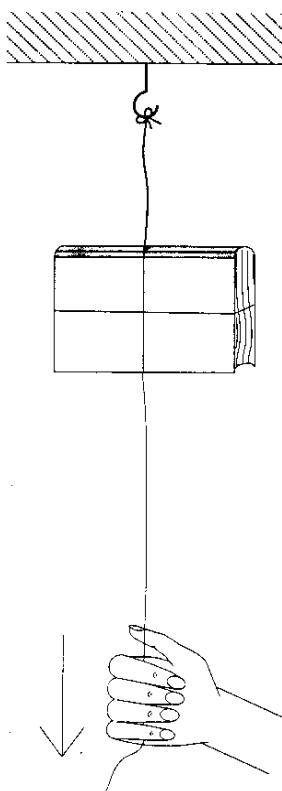


Abb. 1: Wo reißt der Faden ab?

suchs. Der Erfolg des Versuchs hängt wesentlich davon ab, daß die unterschiedliche Reißfestigkeit des oberen und unteren Fadens für die Schüler auf überzeugende Weise erkennbar ist. Ansonsten risikiert man eine unerquickliche Diskussion über die Reißfestigkeit der Fäden. Als unteren dünnen Faden benutzten wir normales Nähgarn ( $\varnothing 0,15$  mm). Doppelt genommen diente dasselbe Garn als oberer dicker Faden. Will man auf Nummer Sicher gehen, so demonstriert man in einem entsprechenden Vorversuch, daß die benutzten Fäden bei verschiedenen Belastungen (mit geeigneten Gewichtsstücken) reißen. In der Regel reicht es jedoch aus, einen dicken und dünne Faden desselben Materials zu verwenden, wobei man sich den dickeren

Faden notfalls durch Verdrillung zweier dünner Fäden herstellen kann.

## Erklärung

Normalerweise reißt ein Faden, wenn die Zugkraft eine Auslenkung über die Elastizitätsgrenze hinaus zur Folge hat. Das ist beim langsam Ziehen (bei geeigneter Wahl der verwendeten Fäden) deshalb oberhalb des Buches, also am dicken Faden der Fall, weil zur Zugkraft die Gewichtskraft des schweren Buches hinzukommt. Beim ruckartigen Reißen verhindert jedoch die Trägheit des Buches, daß es zu einer merklichen Auslenkung kommt, bevor die Reißfestigkeit des unteren dünnen Fadens überschritten wird. Denn bei gegebener Zugkraft kommt ein Gegenstand umso langsamer in Bewegung (ist seine Beschleunigung umso kleiner), je größer seine Trägheit (bzw. Masse) ist. Die Trägheit "bremst" gewissermaßen die Übertragung der Kraft.

## Anmerkungen zur Methodik

Im folgenden wird unterstellt, daß die Schüler das Konzept der Kraft bereits kennengelernt haben. Durch den vorliegenden Freihandversuch können sie die Trägheit als fundamentale Eigenschaft der Masse eines Gegenstandes kennenlernen.

Im Unterricht bieten sich vor allem zwei Möglichkeiten an, das Experiment zu demonstrieren:

1. Der Versuchsaufbau ist in doppelter Ausfertigung vorhanden. Der Lehrer läßt ohne Kommentar einmal den dickeren und ein andermal den dünneren Faden reißen. (Dabei ist es wichtig, daß die (unterschiedliche) Versuchsdemonstration als gleich erscheint. Dies ist z.B. dadurch zu erreichen, daß man auch im Falle des langsamen Ziehens ein ruckartiges Reißen vortäuscht). Die Schüler werden aufgefordert, eine Erklärung für das nicht nur der physikalischen Intuition (Reproduzierbarkeit) sondern auch dem gesunden Menschenverstand widersprechende Phänomen zu geben. 2. Der Lehrer zeigt den Versuchsaufbau vor, indem er insbesondere auf die unterschiedlichen Fadendicken hinweist. Er bittet die Schüler so dann, vorherzusagen, welcher der Fäden reißen wird, wenn man am unteren Faden mit hinreichender Kraft zieht.

Obwohl die naive Erwartung, daß der dunnere Faden reißen wird, auf der Hand liegt, wird es fast immer einige Schüler geben, die das Gegenteil voraussagen. Meiner Erfahrung nach lassen sich diese Schüler in der Regel nicht durch physikalische sondern durch psychologische Motive der folgenden Art leiten: "Wenn Er so fragt, will Er sich sicher keine Selbstverständlichkeiten bestätigen lassen. Es muß daher gerade das Unerwartete richtig sein!" Diese Schüler haben aber meist keine auch nur halbwegs zutreffende Idee einer Erklärung. Aber selbst wenn der unwahrscheinliche Fall eintritt, daß die Mehrzahl der Schüler das Reißen des dicken Fadens prognostiziert, hat der Lehrer es immer noch im wörtlichen Sinne "in der Hand", durch langsames Ziehen den dünnen Faden zum Reißen zu bringen.

Wie dem auch sei. Es kommt darauf an, wenigstens das Gros der Schüler in Erstaunen zu versetzen, um sie auf diese Weise zu motivieren, nach einer physikalischen "Antwort" auf die in Form des Freihandversuchs gestellte "Frage" zu suchen.

Nachdem eine solche Motivation nach der 1. oder 2. Versuchsalternative gelungen ist (oder auch nicht), wird man auf die "Technik" des Ziehens zu sprechen kommen, in der ja das physikalische Prinzip enthalten ist. Dieses kann etwa in der folgenden vorläufigen Form zum Ausdruck gebracht:

Offenbar muß man eine umso größere Kraft auf das ruhende Buch ausüben, je schneller (Schnelligkeit des Ziehens) man es in Bewegung setzen, bzw. beschleunigen will. Übersteigt diese Kraft die Grenze der Reißfestigkeit des dünnen Fadens, bevor das Buch und damit der dicke Faden merklich ausgelenkt wird, erreicht man die Grenze der Reißfestigkeit des dicken Fadens gar nicht erst.

Um die Bedeutung dieses "Trägheitsprinzips" zu erweisen, sollten anschließend möglichst viele Alltagserfahrungen diskutiert werden, in denen das Trägheitsprinzip eine ähnliche Rolle spielt wie in dem vorliegenden Versuch. Zum Beispiel:

Ähnlich wie beim eingangs erwähnten Blätterzupfen, macht man beim Kirschen- oder Apfelpflücken von der Trägheit Gebrauch, wenn man etwa auf der Leiter stehend nur eine Hand zum Pflücken freihat.

Erinnert - oder vielleicht in einfacher Version vorgeführt - sei hier auch an das Kunststück, die Tischdecke eines gedeckten Tisches so unter den Gedecken hinwegzuziehen, daß diese unter nur leichten Erschütterungen auf ihrem Platz bleiben. Aber auch folgenden unangenehmen - weil das Trägheitsprinzip mißachtenden - Erfahrungen gehören hierher:

- Jemand läuft mit hoher Geschwindigkeit gegen eine halb geöffnete Tür und holt sich dabei eine Beule: Trotz großer Krafteinwirkung wird die Tür dadurch kaum aus der Ruhe gebracht. Die Tür läßt sich andererseits mit nur geringer Kraftanstrengung öffnen, wenn man weniger hektisch vorgeht.

- Im Winter beobachtet man zuweilen, wie ein Auto durch ein anderes angeschoben wird: Das

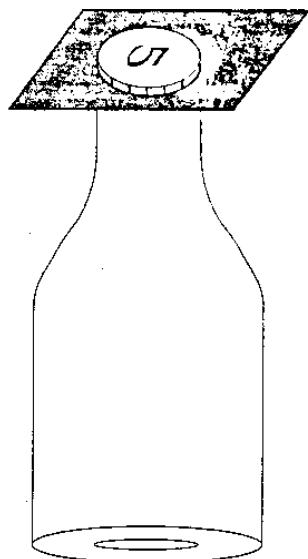
schiebende Auto drückt behutsam die vordere Stoßstange gegen die hintere Stoßstange des anzu-schiebenden Autos. Die Schubkraft wird hier der Trägheit des Autos entsprechend "dosiert". Würde man die Stoßstangen mit großer Kraft aufeinanderprallen lassen, so hätte man es nicht mehr mit einem Anziehen sondern mit einem Auffahrun-fall zu tun.

Daß nicht nur feste Körper träge sind, sondern auch ansonsten leicht bewegliche Flüssigkeiten, erfährt man beispielsweise durch die schmerzhafte Wirkung eines "Bauchklatschers" beim miß-glückten Kopfsprung ins Schwimmbecken.

Solche Beispiele eignen sich, auf einen weiteren Aspekt der Trägheit aufmerksam zu machen. Bislang wurde das Augenmerk auf den "Widerstand" eines ruhenden Körpers, in Bewegung gesetzt zu werden, gerichtet. Interessiert man sich hingegen für den bewegten Körper, der sich anschickt, den Ruhezustand eines anderen zu stören, so erfährt man einen anderen Aspekt der Trägheit: Bewegte Körper "möchten" in Bewegung bleiben. Daher die Beulen bei den obigen Zusammenstößen. Dieser Aspekt läßt sich aber leichter an Beispielen der folgenden Art erkennen: Auf dem Beifahrersitz eines Autos liegt ein Stapel Schulbücher. Das Auto bremst, die Schulbücher "fahren" weiter und landen auf der Fußmatte des Beifahrersitzes.

Der Unterricht könnte etwa mit der folgenden Aufgabe (ggf. Hausaufgabe) abgeschlossen werden: Eine Münze liegt auf einem Blatt Papier, das seinerseits auf der Öffnung einer Milchflasche liegt (Abb. 2). Die Aufgabe besteht darin, die Münze in die Flasche?

bei darf nur das Papier angefaßt werden.



**Abb. 2:** Wie befördert man die Münze in die Flasche?