

Alles, was fallen kann, fällt - oder auch nicht ...

Helmuth Mayr

"Der Physikunterricht beantwortet nie gestellte Fragen"
Roman U. Sexl

Schon in den Siebziger-Jahren stellte der leider viel zu früh verstorbene Roman Sexl seine in Fachkreisen hochgeschätzten Lehrerfortbildungen unter das zitierte Motto und plädierte damit für eine pädagogisch-didaktische Erneuerung, die vom (noch immer weitverbreiteten) lehrerzentrierten, demonstrierenden zum schülerzentrierten, untersuchend-entdeckenden Physik-Unterricht führen sollte.

Diese Forderung umzusetzen, habe ich schon vor längerer Zeit versucht. Nach zunächst noch eher unsystematischen Ansätzen in den 80-er-Jahren wurde mit der Einführung eines naturwissenschaftlichen Laboratoriumsunterrichtes am BGRG-Wien-15/Schmelz seit dem Herbst 1990 konsequent ein Unterrichtskonzept erarbeitet, das den Schülerinnen und Schülern Gelegenheit gibt, physikalische, chemische und (seit Herbst 1997) auch biologische Lernziele entdeckend-untersuchend zu erarbeiten. Die mit den etwas kleineren "Laborklassen" gewonnenen fachdidaktischen Erkenntnisse und Einsichten legten nahe, daß entdeckend-untersuchende Lernphasen auch in größeren "Normalklassen" erfolgreich verwirklicht werden können. Im folgenden werden einige Experimente zu Fallbewegungen vorgestellt, die sich im entdeckend-untersuchenden Physikunterricht bewährt haben.

Fallkegel

Zunächst wird auf ein Zeichenblatt ein Kreis mit einem Radius von etwa 15 bis 20 cm mit einem Kreisausschnitt von zirka 30° gezeichnet. Schneidet man diese Figur aus und klebt sie zusammen, erhält man einen Kegel (ohne Bodenfläche), der im folgenden "Fallkegel" genannt wird.

Hebt man mit einer Hand diesen Kegel (mit der Spitze nach unten) und mit der anderen Hand einen "kompakten Gegenstand", etwa eine Plastilinkugel gleich hoch und läßt diese beiden Körper gleichzeitig los, kann man das unterschiedliche Fallverhalten leicht erkennen: Im Gegensatz zur Plastilinkugel, die sich mit zunehmender Geschwindigkeit zum Erdboden hin bewegt, erreicht der Fallkegel nach einer Strecke von wenigen Zentimetern eine Maximalgeschwindigkeit, mit der er sich dann gleichförmig zu Boden bewegt.

Bisher haben alle Schüler - und auch Studenten - als Ursache dafür spontan den Luftwiderstand angegeben. Auf die Frage, welche Vorgänge denn diesen Luftwiderstand verursachen würden und von welchen Größen der Betrag dieses Widerstandes denn abhänge gab es üblicherweise keine spontanen Antworten mehr. Da wir bekanntlich nicht im Vakuum leben und der freie Fall in unserer Erfahrungswelt so gut wie nie auftritt, ist der Luftwiderstand sicher einer Untersuchung wert.

OSTr. Prof. Ing. Mag. Helmuth Mayr, BGRG Wien 15/Schmelz, Mitglied der Arbeitsgruppe Didaktik der Physik an der Universität-Wien.
Dieser Artikel stellt eine geringfügig erweiterte Fassung eines Experimentalvortrages im Rahmen der Interpädagogica-1998 unter dem Titel "Forschen und Entdecken im Physikunterricht" dar.

Zunächst ist es auch oft für Oberstufenschüler nicht sofort einsichtig, daß der Luftwiderstand als eine nach oben orientierte Kraft zu interpretieren ist, die offensichtlich irgendwie von der Fallgeschwindigkeit abhängig sein muß. Solange sich der Fallkegel noch nicht bewegt, kann diese Luftwiderstandskraft nur den Betrag Null haben. Da nach dem Loslassen das Gewicht den Fallkegel immer schneller werdend "nach unten zu ziehen versucht", muß der Betrag der Luftwiderstandskraft mit zunehmender Fallgeschwindigkeit größer werden. Dieser Vorgang findet offensichtlich dann ein Ende, wenn diese nach oben orientierte Kraft gleich groß geworden ist wie die nach unten orientierte Gewichtskraft. Dann ist der Fallkegel in einem kräftefreien Zustand und bewegt sich deshalb gleichförmig weiter. Es gibt daher eine Fallstrecke, während der die in Richtung Boden zeigende Beschleunigung von g bis Null abnimmt.

Macht man vom Loslassen des Fallkegels eine Videoaufnahme und betrachtet man die Aufnahme mittels "jog-shuttle", also als Folge von stehenden Einzelbildern im zeitlichen Abstand von $1/25$ sec, kann man sowohl diese kurzzeitige ungleichförmig beschleunigte Anfangsfallbewegung als auch die weitere gleichförmige Fallbewegung durch Streckenvermessungen am Bildschirm feststellen. Hat man die Fallgeschwindigkeit mittels Maßband und Stoppuhr vermessen, kann man diese mit den Daten der Videoaufnahmen vergleichen, was Einsichten in die Meßgenauigkeit ergibt.

Belastet man den Fallkegel mit Büroklammern, wird zwar das Gesamtgewicht, nicht aber der Luftwiderstand erhöht. Dadurch ergeben sich höhere Geschwindigkeiten während der gleichförmigen Fallphase (und etwas längere Beschleunigungsstrecken). Der Graph Gewicht versus Fallgeschwindigkeit zeigt in guter Näherung ein quadratisches Verhalten:

$$F_W \propto v^2$$

Produziert man verschieden große Fallkegel (die durch Belastung mit Kleinkörpern, etwa Büroklammern, auf gleiches Gewicht getrimmt worden sind), zeigt ein Graph der Fallgeschwindigkeit versus Anströmfläche ein lineares Verhalten:

$$F_W \propto A$$

Auch die Abhängigkeit von der Form kann untersucht werden, etwa durch Wegschneiden der Kegelspitze oder durch Auszacken des Kegelrandes oder durch den Übergang zu einem anderen geometrischen Gebilde, etwa einem Luftballon, dessen Gesamtgewicht mit Hilfe von Büroklammern oder ähnlichen Kleinkörpern gleich groß wie jenes eines parallel dazu betrachteten Fallkegels tariert worden ist.

Verständlicherweise sind die auf diese Weise erhobenen Befunde nicht so "direkt" umsetzbar wie die vorhin genannten Einflußgrößen auf die Widerstandskraft. An dieser Stelle kann die vom Lehrer kommende Information über den formabhängigen c_W -Wert Klärung in die u.U. verwirrende Datenfülle bringen.

Bislang ist es mir noch nicht gelungen, mit einfachen schulphysikalischen Mitteln einen experimentellen Zugang zur Proportionalität von Widerstandskraft und Luftdichte (bzw. der Dichte des Strömungsmediums) zu finden¹⁾. Doch ließen Überlegungen zu einer möglichen Bewegung der Fallkegel unter Wasser auch diese Abhängigkeit verständlich werden.

Läßt man den Fallkegel nicht mit der Spitze nach unten, sondern mit der Spitze nach oben fallen, bemerkt man - vorausgesetzt, daß der Fallweg groß genug ist - daß sich der Kegel bereits in der Anfangsphase umdreht und dann (abgesehen von leichten Pendelbewegungen) wiederum mit der Spitze nach unten zu Boden fällt.

In der Diskussion hatten die Schüler sehr bald herausgefunden, daß dieser Vorgang mit dem labilen Gleichgewicht beim Loslassen und dem Einnehmen einer stabilen Endlage erklärt werden kann.

Der fallende Magnet

Viele Schüler bringen Präkonzepte in den Unterricht mit, in denen magnetische und gravitative Kräfte nicht konsequent unterschieden und nicht als voneinander unabhängige Kraftarten aufgefaßt werden. Daraus folgend erwarten viele Schüler, daß ein Magnet schneller zu Boden fallen müßte als ein "gewöhnlicher" Körper.

Läßt man einen Stab-Magneten und eine etwa gleich große, kurze Stativstange gleichzeitig zu Boden fallen, kann dieses Mißkonzept als solches erkannt werden. Wiederum kann eine Videoaufnahme mit anschließender Einzelbild-Betrachtung die Situation besonders gut klären. (Da moderne Magnete erschütterungsempfindlich sind, empfiehlt es sich, diese beiden Fallkörper auf einer möglichst weichen Unterlage aufschlagen zu lassen.)

Reizvoll ist folgende Variante, nach der gleiche Magnete verschieden schnell fallen: Zunächst besorgt man sich bei einem Installateur zwei gleich lange Rohre, eines aus Kupfer und eines aus Plastik, deren Innendurchmesser etwas größer als der Durchmesser eines Stabmagneten²⁾ ist. Dann montiert man diese beiden Rohre in einiger Entfernung parallel nebeneinander so, daß sie lotrecht nach unten zeigen und von einem Magneten durchfallen werden können.

Infolge der Gleichheit der mechanischen Fallwiderstandskräfte ist zu erwarten, daß die gleichzeitig losgelassenen Magnete auch zugleich an den Rohrenden wiederum zum Vorschein kommen. Es zeigt sich jedoch, daß der im Kupferrohr fallende Magnet wesentlich später das Rohrende erreicht als der im Plastikrohr fallende.

Immer sind Schüler und Studenten über den Ausgang dieses Experimentes zunächst verblüfft, und es dauert einige Zeit, bis sie erkennen, daß der im Kupferrohr fallende Magnet Wirbelströme induziert, die sich im Plastikrohr natürlich nicht ausbilden können. Infolge der Lenzschen Regel führt dies zu einer "Fallbehinderung" im Metallrohr, aber nicht im Plastikrohr.

¹⁾ Bekanntlich gilt für die hier betrachtete Luftwiderstandskraft die

$$\text{Beziehung: } F_W = c_W \cdot \rho \cdot A \cdot v^2 / 2$$

²⁾ Für dieses Experiment eignen sich die in der Chemie üblichen "Rührmagnete" besonders gut, da sie mit einer an den Kanten abgerundeten Teflonschicht ummantelt worden sind.

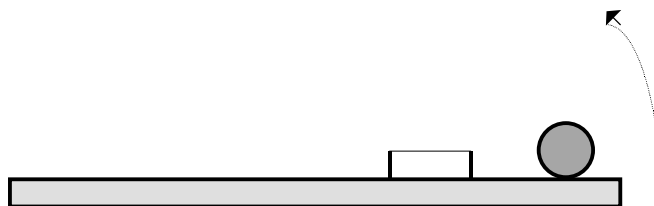
Der Kugelfänger

In praktisch allen Physiklehrbüchern kann man lesen, daß alle Körper gleich schnell fallen. Als geübter Leser weiß man, daß damit der Vergleich der Fallbewegungen zweier benachbarter Körper im Vakuum gemeint ist, die derselben Fallbeschleunigung unterliegen.

Mit dem folgenden Versuch kann diese Aussage näher untersucht werden.

Zunächst besorgt man sich ein schmales Brettchen, das einige Dezimeter lang ist. In der Nähe eines der Enden dieses Brettchens sorgt ein geeignetes großes Loch dafür, daß ein kugelförmiger Körper, etwa ein Tennisball oder eine Kugel aus dem Physikinventar, ohne zu "verrutschen" aufliegen kann.

Etwas weiter in Richtung der Brettchenmitte wird ein "trogähnlicher" Behälter montiert, z.B. ein abgeschnittener Joghurtbecher.

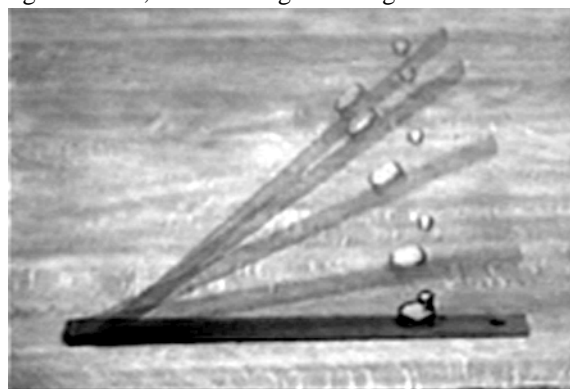


Hebt man nun das Brettchen an der "Kugelseite" bis zu einer geeigneten Höhe an und läßt es los, kann man beobachten, daß die Kugel vom Brettchen "abhebt" und schließlich in den Becher fällt.

Wieso ist das möglich? Es fallen doch alle Körper gleich schnell!

Demzufolge müßten sich doch das Brettchen-Ende und die Kugel stets gleich schnell bewegen, sodaß die Kugel nicht "abheben" kann.

Auch hier kann eine Videoaufnahme mit anschließender Einzelbildbetrachtung die Situation klären helfen. Man erkennt deutlich, daß sich das Brettchen-Ende schneller zu Boden bewegt als die Kugel. Wurde eine solche Höhe gewählt, daß sich die Kugel anfänglich genau lotrecht über jenem Punkt befindet, an dem nach dem Ende des Bewegungsablaufes der Trog zu liegen kommt, fällt die Kugel unweigerlich in den Trog.



Kugelfall: 5 Videobilder im Abstand von 1/25 sec

Die Schüler bemerken erstaunlich schnell, daß sich bei dieser Kippbewegung der Schwerpunkt des Brettchens mit der Fallbeschleunigung abwärts bewegt und daher - sozusagen gemäß dem Hebelgesetz - das Brettchen-Ende eine größere Be-

schleunigung als die Fallbeschleunigung erfahren muß. Die Kugel jedoch bewegt sich "nur" mit der Fallbeschleunigung abwärts. Daher "hebt" sie, von einem auf dem Brettchen gedachten Beobachter aus gesehen, von diesem ab. Ein "Mikro-Münchhausen" als hypothetischer Beobachter auf der Kugel würde feststellen, daß das Brettchen-Ende schneller fällt als er selbst.

Ist dies nicht ein schönes Beispiel für die Betrachtung ein und desselben Vorganges von verschiedenen Beobachtern aus?

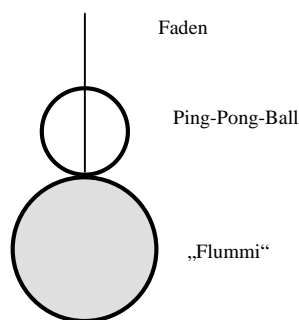
Eine Erweiterung der Erkenntnisse ist mit einer simplen Variation dieses Experimentes möglich:

Läßt man statt eines doch recht stabilen Brettchens einen Streifen aus Zeichenpapier kippen, zeigt sich, daß der Streifen mangels innerer Festigkeit in der Mitte [in unmittelbarer Nähe des Schwerpunktes] knickt. Filmaufnahmen von umkippenden Fabrikschornsteinen oder hohen Ziegelmauern zeigen ebenfalls diesen Knick, der in diesen Fällen zum Bruch des kippenden Körpers an diesen Stellen führt.

Der Doppel-Ball

In einen handelsüblichen "Flummi-Ball" wird an einer Stelle mit einem scharfen Taschenmesser eine kleine Vertiefung geschnitten, die so groß ist, daß das Glasköpfchen einer in den "Flummi" gesteckten Stecknadel gerade "hineinpaßt". Dann nimmt man einen Ping-Pong-Ball und durchbohrt ihn an zwei gegenüberliegenden Stellen.

Bindet man an den Stecknadelkopf einen Faden, den man durch die Löcher des Ping-Pong-Balles durchfädelt, erhält man einen "Doppelball", der mit Hilfe des Fadens an einem Galgen aufgehängt werden kann.



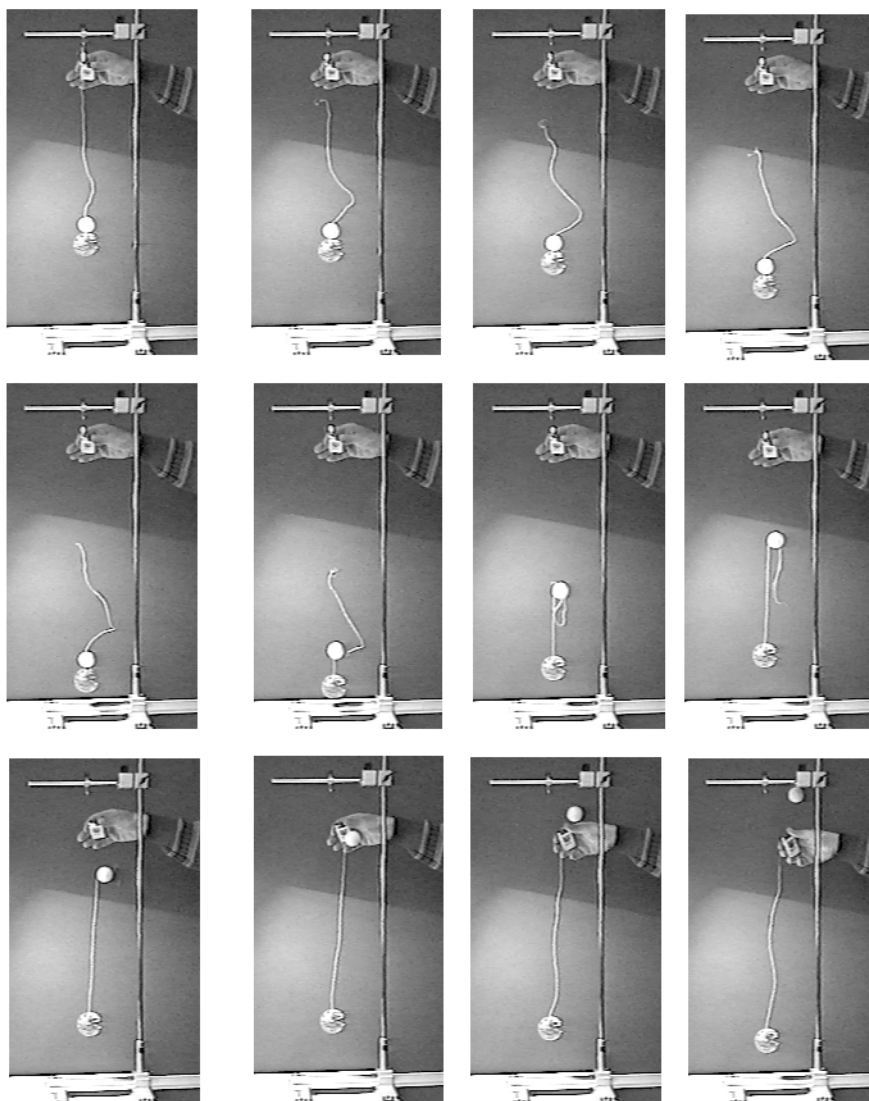
Unterhalb des Doppelballes sollte sich ein möglichst harter Boden befinden.

Brennt man den Faden durch, bewegen sich die beiden Bälle zunächst gemeinsam zu Boden. Nach dem Aufschlag jedoch trennen sich die Bälle. Während der "Flummi" eine wenig effektvolle lotrechte Wurfbewegung absolviert, kann der Ping-Pong-Ball mit Leichtigkeit bis zum Plafond springen!

Auch hier kann eine Videoaufnahme mit anschließender Einzelbildbetrachtung zusätzliche Klärung der doch sehr rasch ablaufenden Vorgänge bringen. Sofort nach dem Durchbrennen des Fadens nimmt dieser eine etwas gekrümmte, "entspannte" Position ein, die er bis zum Ende der Fallstrecke beibehält, während die beiden Bälle gemeinsam zu Boden fallen.

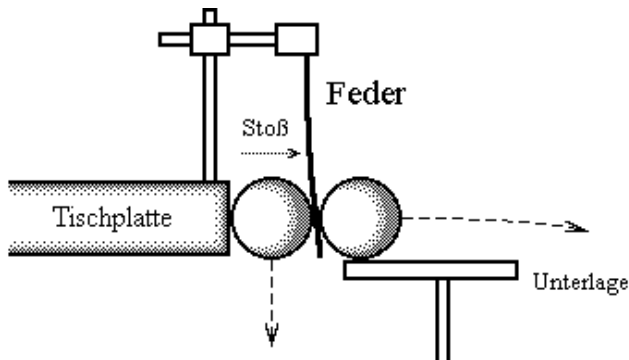
Nach dem Aufschlag erreicht der Ping-Pong-Ball eine extrem große "Absprunggeschwindigkeit", während der "Flummi" nur mäßig schnell wird.

Den Schülern wird sehr bald klar, daß es sich hier um eine besondere Form eines Stoßvorganges handeln muß, der mit gewisser Berechtigung als "Umkehrung" eines unelastischen Stoßes gedeutet werden kann, bei dem sich die beiden Partner vor dem Stoß gemeinsam bewegen und nach dem Stoß getrennte Wege gehen.



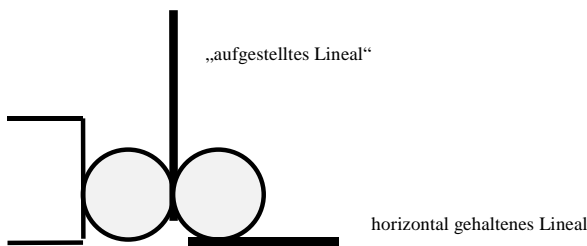
Doppelball: Das erste Bild zeigt den Beginn des Falls kurz nach dem Durchbrennen des Fadens. Die unterschiedlichen Geschwindigkeiten vor und nach dem Aufprall sind direkt aus den Bildern ablesbar.

Zwei Plastilin-Kugeln



Eine der beiden Plastilinkugeln wird durch eine lotrecht eingespante Blattfeder, ein Plastiklineal oder ähnliches an die Tischkante gedrückt.

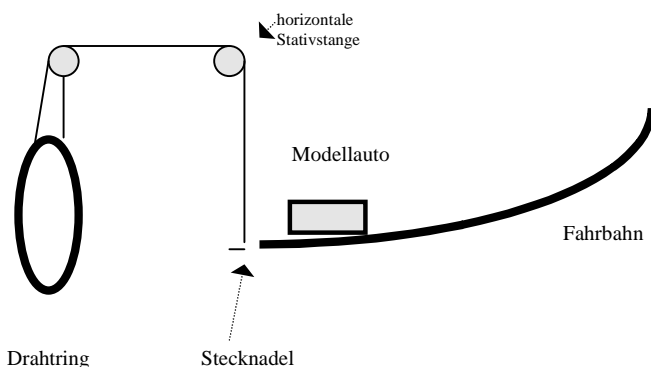
Die zweite Plastilinkugel liegt auf irgend einer Unterlage auf, die sich so weit von der Tischkante entfernt befindet, daß die erste Kugel unbehindert zwischen der Tischkante und der Unterlage hindurchfallen kann. Statt des skizzierten Aufbaues ist es auch möglich, daß ein oder zwei Schüler Plastiklineale in die entsprechenden Positionen halten und ein weiterer Schüler das Experiment einleitet:



Schlägt man kräftig auf die Feder, führt die eine Plastilinkugel einen horizontalen Wurf und die andere einen lotrechten Wurf durch. Egal, wie kräftig man auf die Feder schlägt, stets erreichen beide Kugeln gleichzeitig den Erdboden.

Mit diesem einfachen Experiment kann das Unabhängigkeitsprinzip sehr rasch und einsichtig geklärt werden.

Der Autozirkus



Dies ist eine etwas aufwendigere, aber eindrucksvolle Variante des obigen Experimentes. Man benötigt dazu ein Modellauto, ein Stück einer biegsamen Modellauto-Fahrbahn, ein Stück

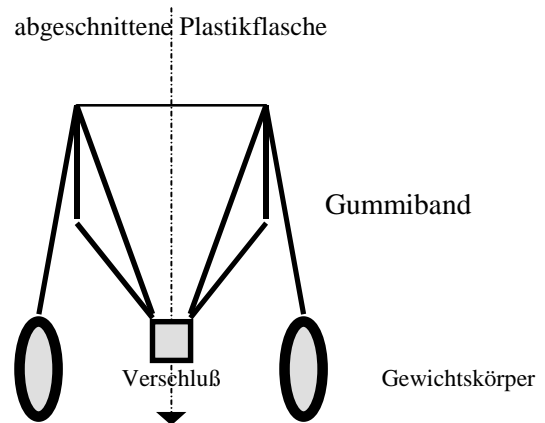
Draht (der zu einem Ring gebogen werden kann), eine Stecknadel, einen Faden und schulübliches Stativmaterial.

Zunächst wird die Fahrbahn mittels Stativmaterial so postiert, daß sie eine "Sprungschanze" mit horizontalem Schanzen Tisch bildet. Anschließend steckt man in die Fahrbahn eine Stecknadel und zwickt deren Köpfchen ab. Von dieser Stecknadel führt ein Stück Faden über zwei horizontal fixierte Stativstangen zu einem Drahtring, der sich genau auf derselben Höhe wie der Schanzen Tisch befindet und dessen Durchmesser etwa zwei- bis dreimal so groß wie die Modellautobreite ist.

Dann setzt man das Modellauto auf das obere Fahrbahrende auf und läßt es (ohne Stoß) los. Beim "Absprung" vom Schanzen Tisch streift das Modellauto den Faden von der Stecknadel, sodaß der Ring in dem Moment herabzufallen beginnt, in dem das Modellauto mit seiner horizontale Wurfbewegung anfängt. Ist der Abstand zwischen Schanzen Tisch und Ring nicht allzu groß, durchstößt das Modellauto unweigerlich den Drahtring.

Auch dieses Experiment kann das Unabhängigkeitsprinzip klären, insbesondere wenn man von dem eher raschen Vorgang ein Video aufnimmt, das man wiederum anschließend mit Einzelbildbetrachtung ("jog-shuttle") analysiert.

Das "Fall-Gefäß"



Sieht man einmal vom Luftwiderstand ab, wirkt - vom Laborsystem aus betrachtet - nur mehr die Gewichtskraft auf die fallenden Körper ein. Doch wie macht sich das in den fallenden Systemen selbst bemerkbar?

Diese Frage kann mit einem "Fallgefäß" sehr einfach und eindrucksvoll untersucht werden:

Man schneidet von einer handelsüblichen Plastikflasche den oberen Teil ab. (Üblicherweise genügt dazu ein scharfes Küchenmesser). Dann fädelt man auf zwei längere Gummiringe je einen etwas schwereren Gegenstand, der diese Gummiringe spannen kann, auf. Besonders einfach ist dabei die Verwendung größerer Schraubenmutter. Die so präparierten Gummiringe werden dann in den Flaschenhals eingefädelt und mit dem Drehverschluß fixiert.

Auf diese Weise entsteht - siehe Skizze - ein oben offenes Gefäß, von dem seitlich die durch die Gewichtskörper gespannten Gummibänder herausbaumeln.

Läßt man nun diese Anordnung fallen, ziehen die Gummibänder im Moment des Loslassens mit einem deutlich hörbaren Geräusch die beiden Belastungskörper ins Innere der abge-

schnittenen Flasche, was sowohl Schüler als auch Studenten üblicherweise verblüfft zur Kenntnis nehmen.

Was ist passiert? Abgesehen vom Luftwiderstand fällt die Anordnung durch die Gewichtskraft beschleunigt zu Boden. In ihr wirken nur innere Kräfte, das sind hier die elastischen Kräfte der gespannten Gummibänder. Da diese nicht mehr durch das Gewicht der Belastungskörper gespannt werden, können sie sich auf ihre Ruhelänge zusammenziehen. Ein genaue Betrachtung der einzelnen Teile des Systems ist wieder mit Videoanalyse möglich. Nur der Schwerpunkt führt eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung aus.

Da es die Schüler gewohnt sind, alle Vorgänge ihrer Umgebung aus der Sicht des Laborsystems wahrzunehmen und einzuordnen, fällt ihnen der gedankliche Systemwechsel meist schwer. Auch hier kann wiederum eine Videoaufnahme mit anschließender Einzelbildbetrachtung den gedanklichen Systemwechsel erleichtern und die Schwerelosigkeit in fallenden Systemen verständlich machen.

Fallendes Wasser (1)

Die Schwerelosigkeit der Fallbewegung hat noch eine andere Konsequenz, die das folgende Experiment recht eindrucksvoll belegen kann:

Man bohrt in der Nähe des Bodens eines Gefäßes auf zwei gegenüberliegenden Seiten zwei kleine Löcher³⁾. Dann hält man zunächst mit zwei Fingern die Löcher zu und füllt Wasser ins Gefäß. Gibt man dann die Öffnungen frei, beginnt selbstverständlich das Wasser aus den beiden Löchern auszurinnen.

Läßt man dann das Gefäß fallen, kann man beobachten, daß das Ausfließen des Wassers in dem Moment aufhört, in dem die Fallbewegung beginnt.

Auch in diesem Fall kann der doch recht rasche Vorgang durch eine Videoaufnahme mit anschließender Einzelbildbetrachtung wesentlich besser wahrgenommen und geklärt werden. (Um "Überschwemmungen" im Saal zu verhindern läßt man das Gefäß am besten im Freien oder in eine Wanne fallen).

Die Schüler orten üblicherweise sehr rasch den hydrostatischen Druck [$p = \rho \cdot g \cdot h$] als die Ursache für das Ausrinnen des Wassers. Wird nun der Faktor $g = 0$, wird dadurch auch $p = 0$ und es gibt für das Wasser sozusagen keinen Grund mehr, aus den Öffnungen auszurinnen.

Fazit: In schwerlosem Wasser gibt es keinen hydrostatischen Druck!

Fallendes Wasser (2)

Das Fehlen des hydrostatischen Druckes in fallendem Wasser hat noch eine weitere Konsequenz: Bekanntlich führt die Druckverteilung innerhalb eines ruhenden Wasservolumens zu einer horizontalen Oberfläche bzw. zu gleichen Wasserstandshöhen in einem kommunizierenden Gefäß. Entfällt dieser Gewichtsdruck, müßte es auch "schräge" Wasseroberflächen geben!

³⁾ Der Autor hat mit Plastikbechern, in die man diese Löcher bequem mit einer spitzen Schere bohren kann oder mit leeren Katzenfutterdosen, bei denen die Löcher eher mit einem Bohrer gebohrt werden sollten, die besten Erfolge erzielt.

Dies läßt sich experimentell recht einfach verifizieren: Man befüllt eine durchsichtige Plastikflasche (oder einen abgeschnittenen Teil davon) mit etwas gefärbtem Wasser und läßt sie fallen, wobei es empfehlenswert ist, die Flasche anfänglich mit zwei Händen zu halten und dann nicht ganz gleichzeitig loszulassen⁴⁾.

Der Fallvorgang erfolgt so rasch, daß man den gewünschten Effekt normalerweise mit unbewaffnetem Auge nicht wahrnehmen kann. Wiederum schafft eine Videoaufnahme mit anschließender Einzelbildbetrachtung Abhilfe. In ihr kann man deutlich erkennen, daß die Wasseroberfläche während des Herabfallens im allgemeinen nicht horizontal ist, was wiederum belegt, daß fallende Körper schwerelos sind.

Fallendes Wasser und ein Ping-Pong-Ball

Füllt man einen Plastikbecher bis zum Rand mit Wasser und legt einen Ping-Pong-Ball hinein, schwimmt dieser selbstverständlich auf der Wasseroberfläche, wobei er nur wenig eintaucht. Benetzt man nun diesen Ping-Pong-Ball etwa durch Drehen mit einem Finger und läßt die ganze Anordnung etwa aus Schulterhöhe auf einen möglichst harten ebenen Boden aufprallen, springt der Ball mehrere Meter hoch!

(Auch in diesem Fall sollte man, um Überschwemmungen zu vermeiden, dieses Experiment im Freien durchführen oder im Saal eine Wanne verwenden, in die ein möglichst massiver Untergrund eingelegt wurde.)

Um den geschilderten Effekt deutlich zu machen, benötigt man meist einige Versuche, da es nicht einfach ist, den Becher so loszulassen, daß er lotrecht auf dem Boden aufschlägt.

Während des Herabfallens sind sowohl das Wasser als auch der Ping-Pong-Ball (und auch der Becher) schwerelos. Da die Balloberfläche naß ist, wird der Ball durch die Oberflächenspannung völlig ins Wasser "gezogen". Im Moment des Aufpralles allerdings wirkt wiederum die Schwerkraft. Daher gibt es eine nach oben gerichtete Kraft, die den Ball in die Höhe schnellt. Darüber hinaus führt das gesamte System wiederum einen ähnlichen Stoßvorgang durch, wie wir ihn beim Doppelball bereits kennengelernt haben.⁵⁾ Dies führt zu einer hohen Startgeschwindigkeit des Ping-Pong-Balles.

(Vor zwei Jahren schoß eine Schülerin im Schulhof einen Ping-Pong-Ball auf diese Weise bis in die Höhe des 2. Stocks.)

Schlußbemerkung

Die Experimente in diesem Artikel habe ich in verschiedenen AHS-Klassen im Rahmen von untersuchend-entdeckenden Lernphasen eingesetzt und damit beste Erfahrungen gemacht. Durch die angeleitete Untersuchung wurden bislang unbekannte Phänomene kennengelernt und bereits gewonnene Einsichten vertieft.

Unsere "Schulphysik" ist voll von Erstaunlichem und Verwunderlichem und wartet nur darauf, von Schülerinnen und Schülern entdeckt und verstanden zu werden.

⁴⁾ Dazu muß man sich normalerweise nicht besonders anstrengen. Da die meisten Menschen eher ausgeprägte Rechts- oder Linkshänder sind, läßt eine Hand automatisch etwas früher los als die andere.

⁵⁾ Zusätzlich treten noch weitere "Schmutzeffekte" auf, die von den jeweiligen Detailverhältnissen, etwa dem Platzen des Plastikbeckers beim Aufschlag, abhängig sind.