

Zeitschrift: Schweizerische pädagogische Zeitschrift
Band: 5 (1895)
Heft: 3

Artikel: Physikalisches Praktikum : im Anschluss an Dr. H. Wettsteins
"Leitfaden für den Unterricht in der Naturkunde an Sekundarschulen" :
1. Teil

Autor: Gubler, Th.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-788392>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 07.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Physikalisches Praktikum

im Anschluss an Dr. H. Wettsteins „Leitfaden für den Unterricht in der Naturkunde an Sekundarschulen“ von Th. Gubler.

Vorbemerkungen.

Die vorliegende Arbeit verdankt ihre Entstehung zunächst dem Wunsch des Verfassers, für den Unterricht in der Physik an der Sekundarschule eine übersichtliche Zusammenstellung der Versuche zu besitzen, die sich mit Hilfe der obligatorischen Apparate und einiger anderer, meist leicht zu beschaffender Apparate ausführen lassen. Auf den Wunsch einiger Freunde wurde ihr eine Ausdehnung gegeben, dass auch andere Kollegen davon Gebrauch machen können. Zur blossen Aufzählung der Versuche und der hiebei gebrauchten Apparate kamen deshalb noch Bemerkungen über die Ausführung der Experimente, Anweisungen über die Herstellung einzelner Hilfsmittel und, um den verschiedenen Wünschen entgegenzukommen, eine Erweiterung des Stoffes.

Mit Ausnahme des Abschnittes über Elektrizität, wo die Vorkenntnisse der Schüler nach den örtlichen Verhältnissen sehr verschieden sind, ist den Abschnitten das Beobachtungsmaterial, an das angeknüpft werden kann, vorangestellt. Wo dasselbe gründlich behandelt wird, mag mancher der Versuche überflüssig sein. Oft wird man nicht das ganze Beobachtungsmaterial voranschicken, sondern einen Teil im Anschluss an die Versuche behandeln. Es hat auch nicht die Meinung, dass alle Versuche, die zu einem Abschnitt gehören, vorgeführt werden sollen. Wo mehrere Experimente, die zur Ableitung des gleichen Gesetzes dienen, angegeben sind, wird der Lehrer nach den zur Verfügung stehenden Mitteln die Wahl treffen. Nicht die Zahl der Versuche ist im Unterricht massgebend, sondern die Art und Weise, wie ein prägnanter Versuch ausgewertet wird. Mit der Anleitung zum Herstellen einfacher Hilfsmittel wird dem Wunsche vieler Lehrer entgegengekommen; es sei fern, daraus eine Verpflichtung für den Lehrer abzuleiten.

Der Stoff wurde im Anschluss an Dr. Wettsteins Leitfaden der Naturkunde behandelt; nur an wenig Orten wurde eine andere Anordnung vorgenommen. Die wichtigsten Unterschiede befinden sich im Abschnitt „Elektrizität“, wo namentlich den Induktionserscheinungen grössere Aufmerksamkeit geschenkt und versucht wurde, einen lückenlosen Gang mit möglichst elementaren Hilfsmitteln herzustellen. Mit Hilfe des ausführlichen Registers kann jeder Versuch so leicht aufgefunden werden, dass die Anleitung auch im Anschluss an andere Lehrmittel sollte verwendet werden können.

Selbstverständlich rühren wenige Versuche und wenige Zusammenstellungen von Apparaten vom Verfasser selbst her; benützt wurden namentlich: Weinhold, Vorschule der Experimentalphysik und Physikalische Demonstration; Frick, Die physikalische Technik; Krüger, Schule der Physik; Tyndall, Vorträge über Elektrizität.

tät; Zwick, Induktionsströme; Bertram, Physikalisches Praktikum; Netoliczka-Kraus, Experimentirkunde. Hingegen wurde eine sorgfältige Sichtung der in den verschiedenen Büchern vorgeschlagenen Versuche vorgenommen und nur solche aufgenommen, die selbst gemacht wurden und die sich als schulgemäss erwiesen haben.

Der Verfasser ist sich der Mangelhaftigkeit seiner Arbeit wohl bewusst. Wenn er sie dennoch der Öffentlichkeit übergibt, so tut er es mit dem Wunsch, es möchte die schweizerische Lehrerschaft, soweit sie Unterricht in der Physik erteilt, dieselbe als Grundlage für eine Diskussion betrachten, in welcher Verbesserungsvorschläge erfolgen, weiteres Beobachtungsmaterial zusammengetragen und Anleitung zu weiteren Versuchen und zur Erstellung zweckmässiger Hilfsmittel gegeben wird, damit durch das Zusammenwirken aller ein Werk entsteht, das jedem eine wesentliche Erleichterung in der Vorbereitung auf den Unterricht bringt und dazu beiträgt, dass im Unterricht in der Physik immer mehr von der Anschauung ausgegangen wird.

Andelfingen, im Mai 1895.

Th. G.

I. Mechanische Physik.

1. Teilbarkeit. (Molekül, Atom.)

Kreide, Glas etc. können in Pulver verwandelt werden, Getreide wird gemahlen. Löst man Zucker, Salz etc. in Wasser auf, so enthält jeder Tropfen Wasser etwas Zucker, Salz etc. Eine kleine Menge Moschus erteilt den Kleidern im Schrank auf Jahre einen intensiven Geruch, ohne merklich an Gewicht abzunehmen. Weihrauch verbreitet sich durch den grossen Dom, Rauch in der Luft. Der Nebel besteht aus feinen Tröpfchen. Kupfervitriol ist aus Kupfer und Schwefelsäure entstanden; die winzige Menge Kupfervitriol, die in einem Tropfen der Lösung, die zum Bespritzen der Reben verwendet wird, enthalten ist, besteht immer noch aus Kupfer und Schwefelsäure.

Apparate:

1. Einige Fuchsinkristalle werden in wenigen Tropfen Weingeist gelöst. Mit der Lösung wird das Wasser in einem Becherglas gefärbt; mit einem Teil des gefärbten Wassers kann man den Inhalt eines zweiten Becherglases noch deutlich färben.

Fuchsin, Weingeist, Batteriegläser. Probirgläschen. Weingeistlampe.

Man löst 0,1 g Fuchsin in etwas Weingeist in einem Probirgläschen über der Weingeistflamme (Vorsicht) und giesst die Lösung in 1 Liter Wasser. Mit 1 cm³ der verdünnten Lösung kann man 1 Liter Wasser noch ganz deutlich rot färben. Verdünnung 1:10,000,000.

2. Etwas übermangansaures Kalium (KMnO₄) wird in Wasser gelöst und ein Tropfen in ein Becherglas mit Wasser geschüttet. Der Tropfen verteilt sich.

Übermangansaures Kalium. Probirgläschen. Batterieglas.

Man löst 0,1 g übermangansaures Kalium in etwas Wasser in einem Probirgläschen und giesst die intensiv violettrote Flüssigkeit in 1 Liter Wasser. 10 cm³ der neuen Lösung färben einen Liter Wasser noch deutlich. Verdünnung 1:1000,000.

A. Feste Körper.

2. Das Senkblei.

Richtung der fallenden Körper, der Hängelampe, der Schnur des Gewichtsteines an der Uhr.

1. Mehrere Lote werden nebeneinander am Pendelgestell aufgehängt; ihre Fäden sind parallel.

Mehrere Lote. Pendelgestell.

Als Lote können Schlüssel dienen, die man an Fäden aufhängt.

2. Ein fallender Körper (Bleikugel) fällt in der Richtung der Lote. Lote. Bleikugel.

- Lot. 3. Mit dem Lot wird untersucht, ob Säulen, Fensterrahmen etc. im Zimmer lotrecht stehen.
- Setzwage;
Reissbrett. 4. Auf ein Reissbrett wird die Setzwage in zwei sich schneidenden Richtungen gesetzt; durch untergelegte Papierstücke wird das Brett horizontal gelegt.
- Scheitel. Als Setzwage kann eine Equerre dienen. Die Mittelsenkrechte der Hypotenuse wird durch eine schwarze Linie bezeichnet. An eine im Scheitelpunkt des rechten Winkels eingeschlagene Nadel befestigt man ein kleines Lot, für dessen Kugel im Rahmen der Hypotenuse ein Ausschnitt gemacht wird. Die Setzwage kann auch so eingerichtet werden, dass man mit Hilfe derselben das Gefäll in Graden oder Prozenten bestimmen kann.
- Setzwage.
Wasserbecken. 5. Die Setzwage wird so gehalten, dass ihre Hypotenuse mit der ruhenden Wasserfläche zusammenfällt; diese ist horizontal.
- Glas mit Wasser. 6. Man lässt die Schüler über die horizontale Wasserfläche weg nach Häusern und Hügeln in der Nachbarschaft visiren. (Horizont.)
- 2 Equerren. 7. Auf den horizontalen Tisch werden 2 Equerren so zusammengestellt, dass ihre Ebenen ungefähr einen rechten Winkel bilden, 2 Katheten in der Tischfläche liegen und die andern beiden zusammenfallen. Die Linie, in der sie zusammentreffen, ist lotrecht.

3. Der Schwerpunkt.

- Lineal. Buch,
Federschachtel. 1. Ein Lineal wird auf dem Finger balanzirt; ebenso ein Buch, eine Federschachtel auf der Kante des Lineals nach verschiedenen Richtungen.
- Lineal. Münze. 2. Auf das eine Ende des Lineals legt man eine Münze; nun muss es ausserhalb der Mitte unterstützt werden.
- Kreis, gleichseitiges und ungleichseitiges Dreieck, Quadrat und Rechteck aus steifem Papier. Bleistift, Lineal. 3. Eine aus steifem Papier ausgeschnittene Kreisfläche wird im Mittelpunkt balanzirt. Ein gleichseitiges Dreieck und ein ungleichseitiges Dreieck werden zuerst in der Richtung der 3 Mittellinien, ein Quadrat und ein Rechteck in der Richtung der Diagonalen auf der Kante des Lineals, dann im Schnittpunkt dieser Richtungen auf der Bleistiftspitze oder einer Nadelspitze balanzirt.
- Unregelmässiges Vieleck. Nadel, Lot. 4. Der Schwerpunkt eines unregelmässigen Vielecks aus steifem Papier wird bestimmt, indem es in den Eckpunkten an einer Nadel aufgehängt wird. Mittelst eines Lotes, das an die Nadel befestigt wird, werden auf der Fläche die Senkrechten gezogen. Der Schwerpunkt liegt im Schnittpunkt derselben, was durch Auflegen der Fläche auf die Bleistiftspitze gezeigt wird.

4. Das Gleichgewicht.

- Pendel am Pendelgestell. 1. Das Pendel wird aus der Lage herausgebracht.

2. Ein rechteckiges Kartonblatt mit 2 Löchern, einem im Schwerpunkt, einem ausserhalb desselben, aber in der Mittellinie, wird an einer wagrecht in das Pendelgestell gesteckten Nadel aufgehängt,

Rechteckiges
Kartonblatt,
Pendelgestell,
Nadel.

a) dass die Nadel durch den Schwerpunkt geht,

b) dass der Schwerpunkt senkrecht unter dem Aufhängepunkt,

c) dass er senkrecht über dem Aufhängepunkt liegt.

Das Kartonblatt wird aus seiner Lage gebracht und sein Verhalten in den 3 Fällen beobachtet.

3. Holundermarkstücke mit einem Schuhnagel stellen sich aufrecht. (Stehaufmännchen, falsche Würfel.)

Stehauf-
männchen.

4. Man biege einen dicken Draht in die Form eines S und balanzire ihn an seinen beiden Enden auf der Fingerspitze.

S förmig gebo-
gener Draht.

5. Man stecke die halbgeöffnete Federmesserklunge etwa 3 cm von der Spitze des Bleistiftes in das Holz desselben, so dass die Spitze des Bleistiftes gegen das Heft des Messers zeigt, und balanzire die Vorrichtung auf der Fingerspitze.

Federmesser,
Bleistift.

6. In die untere Fläche eines Korkes macht man mit dem Messer einen Einschnitt und klemmt in denselben eine Münze; unter spitzem Winkel werden 2 Essgabeln in den Kork gestochen. Die Vorrichtung nimmt auf einer Nadelspitze ziemlich sichere Stellung ein.

Kork, Münze,
2 Essgabeln,
Ständer mit
Nadel.

Zur Herstellung eines Ständers befestigt man ein Stück eines Lineals von 15—20 cm Länge senkrecht in ein kleines Brettstück, bohrt oben in denselben senkrecht eine Öffnung und befestigt in derselben mit Siegelack eine Nadel. Der Ständer wird auch bei Versuchen über Magnetismus und Elektrizität gebraucht.

5. Standfestigkeit.

Standfestigkeit des Menschen, wenn die Füsse voreinander, dicht nebeneinander, in einiger Entfernung voneinander sind; Stellung des Lastträgers, der Ringenden; Körperhaltung beim Aufstehen von einem Stuhl. Standfestigkeit des Seiltänzers, des Stelzengängers. Vierfüssige Tiere haben grössere Standfestigkeit als Menschen. Eine auf den Hals gestellte Flasche steht weniger sicher als eine auf den Boden gestellte; die gefüllte Flasche steht sicherer als die leere. Der Fuss der Lampe ist breit und schwer. Ein Wagen mit grosser Spurweite steht sicherer als einer mit geringer Spurweite. Der Ballast befindet sich im untersten Raum des Schiffes. Ein Lineal kann nur schwer balanziert werden, leicht dagegen ein Besen, ein Rechen.

1. Man versuche, einen prismatischen Körper (Federschachtel, Buch), der auf seine verschiedenen Flächen gestellt wird, umzuwerfen.

Prismatische
Körper.

2. Man versuche, den Kilogramm-Gewichtstein umzuwerfen.

Kilogramm-
Gewicht.

3. Man stellt den prismatischen Körper auf seine verschiedenen Flächen auf den Tisch und neigt diesen, bis der Körper umfällt.

Prismatischer
Körper.

4. Die Versuche werden mit einem pyramidalen Körper wiederholt.

Pyramidaler
Körper.

5. Die kardanische Aufhängung wird an einem Modell erklärt.

Modell der kar-
danischen Auf-
hängung.

6. Der gleicharmige Hebel.

Beobachtung bei der Verwendung von Hebeisen, Hebebaum bei Bauten, in Steinbrüchen, beim Laden von Holz etc.

Zweiarmig gleicharmige Hebel am Wagen: Vorderwagen, Wage, Ellsheit.

Hebelgestell.
Gewichte.

1. An den Hebel des Hebelgestells hängt man in gleicher Entfernung vom Drehpunkt gleiche Gewichte.

Da der Hebel beim Auflegen der Gewichte im labilen Gleichgewicht ist, werden die Gewichte vorteilhafter mit Fäden an den Hebel gehängt.

Wage mit Ge-
wichten.
dito.

2. Erklärung der Schalenwage und Wägen mit derselben.

3. Prüfung der Wage: Last und Gewichte werden miteinander vertauscht.

dito.

4. Wägen mit ungenauer Wage: Der Hebelarm des Köpfchens auf dem Wagebalken wird seitwärts gedreht oder an den einen Wagebalken ein kleines Gewicht angehängt. Die Last wird in die eine Wagschale gelegt; durch Auflegen von Gewichten, oder im Falle zu wenig solcher vorhanden sind, durch Auflegen beliebiger Gegenstände, wird Gleichgewicht hergestellt. Hierauf wird der Gegenstand von der Wage genommen und durch Gewichte ersetzt.

Wage mit Ge-
wichten.

5. Die Empfindlichkeit der Wage bei verschiedener Belastung wird nachgewiesen.

7. Der ungleicharmige Hebel.

Der Schaukelbaum wird ausser der Mitte unterstützt, wenn die 2 Personen ungleich schwer sind; die leichtere Person erhält mehr „Holz“. Wenn die Zugtiere ungleich stark sind, verlängert man den Hebelarm des schwächeren; die Wage hat zu diesem Zweck in der Mitte 3 Löcher, oder am Ende verschiebbare Hülsen. Will man mit der Schere einen harten Gegenstand zerschneiden, so bringt man denselben möglichst nahe an den Drehpunkt.

Hebelgestell.
Gewichte an
Fäden.

1. Am Hebelgestell werden ungleich grosse Gewichte angehängt und dieselben verschoben, bis Gleichgewicht vorhanden ist. Es werden z. B. folgende Verhältnisse angewendet: Kraft 50 g, Last 100 g, K. 20, L. 100; K. 10, L. 100.

Schnellwage
oder Modell
derselben.

2. Die Schnellwage wird erklärt und mit derselben eine Wägung vorgenommen.

Durch ein langes Lineal schlägt man am einen Ende und in 8—10 cm Entfernung von demselben 2 Nägel, befestigt am ersten einen aus Draht gebogenen Aufhängehaken, am andern eine aus Draht hergestellte Schere. Das Laufgewicht wird an eine aus Blech oder Draht hergestellte Hülse, die sich auf dem Lineal verschieben lässt, gehängt. Durch Anhängen bekannter Gewichte stellt man auf dem Lineal die Einteilung her.

8. Der einarmige Hebel, die Dezimalwage und die Centesimalwage.

Wenn zwei Männer auf einer Tragbahre eine Last tragen, so trifft es jedem die Hälfte der Last, wenn sie in der Mitte liegt; befindet sie sich ausser der Mitte, so hat derjenige mehr zu tragen, auf dessen Seite sie liegt. — Be-

merkt man, dass die Last, die man auf die Mitte des Schiebkarrens gelegt hat, zu schwer ist, so verschiebt man sie gegen das Rad hin.

1. Ein Lineal wird nahe an beiden Enden durchbohrt und der Zwischenraum zwischen den Bohrlöchern in 10 gleiche Teile geteilt. Damit die Teilung weit sichtbar wird, wird je der zweite Zehntel mit Tusch bemalt. Das eine Ende wird mit einem Nagel am Hebelgestell, das andere mit einem Faden an der kurzen Wagschale der Wage befestigt. Nachdem Gleichgewicht hergestellt ist, hängt man an den Hebel das 100 g Gewicht und verschiebt es über die Teilpunkte von 0—10. Die auf die Wagschale aufzulegenden Gewichte betragen 0 g—100 g.

Hebelgestell,
Hebel. Wage
mit Gewichten.

2. Die Dezimalwage wird am Modell erklärt. Es wird gezeigt, dass es gleichgültig ist, wo die Last aufgelegt wird, und dass die Brücke sich immer parallel zu sich selbst verschiebt.

Modell der
Dezimalwage.

In ein Brettchen von 50 cm Länge und 14 cm Breite befestigt man 5 cm vom Rand und 1 cm voneinander entfernt senkrecht 2 Lineale von 14 cm Höhe und durchbohrt sie oben wagrecht. Als zweiarmigen Hebel verwendet man ein Lineal von 20 cm Länge, das man in 15 gleiche Teile teilt. Je der zweite Teil wird mit Tusch angestrichen. Im ersten, 11. und 15. Teilpunkt schlägt man Häkchen ein zum Anhängen von Wagschale und Zugstangen. Im 10. Teilpunkt wird der Hebel wagrecht durchbohrt und mit einem Nagel am Gestell befestigt. Die 2 einarmigen Hebel stellt man aus je zwei 25 cm langen Linealen her, die unter spitzem Winkel miteinander verbunden werden, so dass die Enden des untern Hebels 12 cm, des obern 10 cm von einander abstehen. Am spitzen Ende jedes der gabelförmigen Hebel schlägt man einen kleinen Nagel ein, an welchem die Zugstange befestigt wird. Die Zugstangen werden aus dünnem Draht hergestellt und oben mit einem Häkchen zum Einhängen versehen. Der untere einarmige Hebel wird in 5 Teile geteilt, die wieder abwechselnd weiss und schwarz bemalt werden. Im ersten Teilpunkt von seinem Ende ruht der obere Hebel auf. An der Stelle der Schnitten schlägt man in die Unterseite der Hebel kurze Nägel, denen man die Köpfe abfeilt. Als Wagschale benutzt man ein quadratisches Stück eines Zigarrenkistchens von 3—4 cm Seite, das mit 4 Fäden aufgehängt wird. Statt der Teilung 1:5 kann natürlich auch eine andere angewendet werden. Ebenso kann man den obern gabelförmigen Hebel durch ein dreieckiges Brettchen ersetzen; nur ist dann der Einblick in die Wage gehemmt.

3. Die Centesimalwage (Brückenwage) wird am Modell erklärt.

Modell der Cen-
tesimalwage.

In die Ecken eines Brettchens befestigt man senkrecht 4 kurze Säulchen; auf denselben ruhen 2 gabelförmige Hebel mit Stiften, die an ihren Enden eingeschlagen sind. Ihre spitzen Enden liegen im ersten Fünftel eines einarmigen Hebels auf. Derselbe liegt ebenfalls horizontal, aber rechtwinklig zu ihnen. Das Ende des letztern hängt mit einer Zugstange an einem zweiarmigen Hebel, dessen Hebelarm der Kraft 4 mal so gross ist, als derjenige der Last. Die aus einem dünnen Brettchen hergestellte Brücke ruht auf 4 Stiften, die im ersten Fünftel der gabelförmigen Hebel eingeschlagen sind. Die Einteilung der Hebel wird wieder dadurch deutlich gemacht, dass je der zweite Teil schwarz angestrichen wird.

Ist kein Modell einer Centesimalwage vorhanden, so kann ihre Einrichtung auch auf folgende Art erklärt werden: Ein Lineal wird an einem Ende durch einen Gewichtstein oder eine Federschachtel unterstützt. In den ersten Fünftel

hängt man ein Gewicht und legt das andere Ende des Lineals auf den ersten Fünftel eines zweiten, senkrecht zum ersten liegenden Lineals, das am Ende ebenfalls unterstützt ist. Die am andern Ende des zweiten Lineals wirkende Kraft muss $\frac{1}{25}$ der Last sein. Legt man das zweite Lineal auf den ersten Viertel eines dritten Lineals, so muss die am Ende desselben wirkende Kraft $\frac{1}{100}$ der Last betragen.

9. Die Rollen.

Anwendung der Rolle beim Garbenseil, beim Häuserbau, an der Hängelampe.

Pendelgestell,
feste Rolle,
Gewichte.

1. Über die feste Rolle wird ein Faden gelegt, an dessen Enden auf jeder Seite 100 g angehängt werden. Vergleichung mit dem gleicharmigen Hebel; Vergleichung der Wege von Kraft und Last.

Pendelgestell.
Feste u. bewegl.
Rolle, kleine
Wagschale, Ge-
wichte.

2. An die bewegliche Rolle wird die kleine Wagschale gehängt. Der Faden wird an einem Haken des Pendelgestells befestigt, um die bewegliche Rolle und nachher über die feste Rolle geschlungen; an sein Ende wird eine kleine Wagschale aus Karton angehängt und Gleichgewicht hergestellt. Hierauf werden als Last und Kraft 100 g und 50 g, 200 g und 100 g etc. aufgelegt. Vergleichung mit dem einarmigen Hebel. Vergleichung der Wege von Kraft und Last. Statt 2 Aufhängepunkten verwendet man zum Schluss nur einen.

Flaschenzug.

3. Der Flaschenzug wird zusammengestellt. Die Wege von Kraft und Last werden verglichen.

10. Rad an der Welle, Haspel und Kurbel.

Pendelgestell,
Wellrad.

1. Am Wellrad werden an der kleinen Rolle 100 g, an der mittleren 50 g angehängt. Vergleichung der Wege von Kraft und Last. An der kleinen Rolle werden 150 g, an der grossen 50 g, hierauf an der mittlern 150 g und an der grossen 100 g angehängt.

Vom Dreher lasse man sich 3 aufeinander liegende Rollen mit Radien von 2, 4, 6 cm und einer Dicke von je 1 cm drehen. In den Umfang schlage man je einen kleinen Nagel nicht völlig ein und befestige an jedem Nagel einen Faden, der am andern Ende eine Schlinge zum Befestigen eines Gewichtes hat. In den senkrechten Arm des Pendelgestells schlage man horizontal einen längern Nagel, dessen Kopf man abfeilt, und stecke das Wellrad an denselben. Damit es sich während des Aufhängens der Gewichte nicht drehe, schlage man einen kurzen Nagel ohne Kopf etwa 2 cm vom erstern, so dass er etwa 1 cm vorspringt, und bohre ins Wellrad ein Loch in gleicher Entfernung von der Achse. Solange man Gewichte anhängt, arretirt dieser Stift das Rad; schiebt man es vor, so spielt es.

Modell von Rad
an der Welle,
Haspel und
Kurbel.

2. Vorweisung und Erklärung des Modells von Rad an der Welle, Haspel und Kurbel.

Rad an der Welle, Haspel und Kurbel lassen sich am gleichen Modell vereinigen. Man stelle aus Linealen das Gestell eines Wellbockes in verjüngtem Masstabe her, z. B. von 20 cm Länge, 15 cm Breite und 17 cm Höhe.

Welle und Rad lasse man sich vom Dreher drehen. Die Welle wird mit 2 senkrecht zu einander stehenden Bohrlöchern versehen, durch welche man runde Stäbchen (Bleistifte) stecken kann. Die Kurbel wird aus einem starken Draht hergestellt. Man gebe den einzelnen Teilen bestimmte Verhältnisse, z. B. Radius der Welle 1, des Rades 3, Länge der Haspelarme 4, der Kurbel 5 Teile.

11. Transmissionen.

Unterscheidung von Kraftmaschine, Zwischenmaschine oder übertragende Maschine und Arbeitsmaschine. Mühlrad—Wellbaum—Mühle. Lokomobil-Riemen-Dreschmaschine.

a) Transmission durch Schnur ohne Ende.

Beispiele an Spinnrad, Spulrad, Nähmaschine, Schwungmaschine, Dreschmaschine, in der Mühle, im Fabriksaal.

1. An der Schwungmaschine werden die Umdrehungsgeschwindigkeiten der beiden Räder verglichen, indem man die Schnur über die verschiedenen Rollen gehen lässt. Die Schnur wird gekreuzt und ungekreuzt umgelegt und die Drehungsrichtung verglichen.

Schwungmaschine.

b) Transmission durch die Welle.

Beispiele an der Kaffeemühle, in der Mühle, an der Dreschmaschine. Bekannte Beispiele von Anwendung der Transmissionswelle in Fabriken.

c) Transmission durch Räder.

Beispiele am Krahn, in der Mühle, an der Windmühle, in der Uhr, der Bohrmaschine, der Wagenwinde etc.

2. Es mag genügen, konische Räder vorzuweisen. An ihrer Stelle können auch 2 abgestumpfte konische Körper verwendet werden.

Konische Räder.

3. Aus festem Karton oder Brettchen von Zigarrenkistchen und einem federnden Blechstreifen stelle man ein Modell eines Bodenrades mit Sperrrad her.

Modell des Sperrrades.

4. Aus einer alten Wanduhr, noch besser einer alten Turmuhr, benutze man Steigrad und Anker.

Modell v. Steigrad mit Anker und Pendel.

Anmerkung:

Die elektrische Kraftübertragung wird an dieser Stelle erwähnt werden, wenn den Schülern ein Beispiel aus der Nachbarschaft bekannt ist. Die Besprechung erfolgt bei Behandlung der Lehre der Elektrizität. Von der Kraftübertragung durch komprimierte Luft wird ebenfalls am entsprechenden Orte gesprochen werden.

12. Die Kohäsion.

Beobachtung über den Widerstand, den die verschiedenen Körper der Teilung entgegensetzen: Metalle, Stein, Holz, Kreide, Butter, Wasser, Luft. Öl bildet Tropfen, Sand nicht.

a) Festigkeit.

Eine dicke Schnur trägt eine grössere Last als ein Faden. Ein Metall-draht mehr als eine Schnur bei gleicher Dicke.

Unter lange Balken stellt man Säulen. Der Fenstersturz wird durch ein Ziegelsteingewölbe geschützt. Mauern hoher Häuser macht man dick.

Flaches Lineal.

1. Man lege ein flaches Lineal (Wandtafellineal) mit beiden Enden flach auf zwei benachbarte Tische und drücke mit der Hand darauf. Hierauf lege man das Lineal auf die schmale Seite und versuche wieder, es zu biegen.

Die Stengel der Gräser, unsere Knochen sind hohl. Verwendung von T und H Eisen und von Röhren. Form der Eisenbahnschienen. Eiserne Brücken haben rechteckigen Querschnitt.

b) Dehnbarkeit.

Beobachtung über Verarbeiten von Eisen bei Schlosser und Schmied, von Kupfer beim Kupferschmied. Walzeisen, Drahtziehen.

Glasfaden.

2. Glas lässt sich in haarfeine, elastische Fäden ausziehen.

Goldblatt.

3. Gold lässt sich in Blättchen ausschlagen, die kaum $\frac{1}{10000}$ mm dick und darum durchscheinend sind.

Man legt auf das Goldblatt im Büchlein, in welchem es in den Handel kommt, ein Stück Fliesspapier und kehrt so um, dass das Fliesspapier unten liegt. Hierauf hebt man das obere Papier ab und legt das Fliesspapier mit dem daraufliegenden Goldblatt auf die Oberfläche des Wassers in einer grössern Schüssel. Das Fliessblatt saugt sich allmählig voll Wasser und sinkt nach einiger Zeit unter, während sich das Goldblatt flach auf dem Wasser ausbreitet. Nun schiebt man eine Glasscheibe sorgfältig unter dem Goldblatt durch und hebt sie langsam horizontal in die Höhe. Das zwischen Goldblatt und Glasplatte liegende Wasser lässt man durch ein Fliesspapier aufsaugen. Wenn das Goldblatt anfängt, am Glase festzuhalten, darf man etwas neigen, damit das Wasser rascher abfließt. Das Goldblatt hält durch blosser Adhäsion genügend an der Glasscheibe. Nun schneidet man die Glasscheibe parallel zu den Kanten des Goldblattes in 2—3 cm Entfernung ab, leimt auf den Rand einen 1 cm breiten Streifen starkes Papier und auf diesen eine zweite Glasscheibe von gleicher Grösse wie die erste. Den Rand kann man noch mit Buchbinderleinwand einfassen. (Nach Weinhold.)

c) Elastizität.

Anwendung der Elastizität: Uhrfeder, Kutschenfeder, Federn und Puffer am Eisenbahnwagen, Strumpfbänder, Gummiball, Schreibfeder, Armbrustbogen, Federwagen, Fischbein. Zerbrechliche Sachen werden in Heu, Stroh, Papierschnitzel, Holzwolle, Baumwolle etc. verpackt.

Uhrfeder,
Matrazenfeder.

4. Vorweisen von Uhr- und Matratzenfeder.

Zurückwerfungsapparat.

5. Die Kugel des Zurückwerfungsapparates wird erst senkrecht, dann unter immer grösserem Winkel gegen die Platte des Apparates geworfen und jedesmal aufgefangen, ehe sie wieder zurückkehrt. Es ist vorteilhaft, die Schnur länger zu machen und am Pendelgestell aufzuhängen.

Terpentinöl.
Baumwoll-
bäuschchen an
einem Draht.

6. Man legt die Elfenbeinkugel auf die berusste Marmorplatte; man wirft sie darauf.

Zum Berussen der Marmorplatte verwendet man am besten Terpentinöl. Man befestigt ein haselnussgrosses Baumwollbäuschchen an einem Draht und taucht es in Terpentinöl, zündet es an und fährt mit demselben unter der wag-

recht gehaltenen Platte durch. Die Platte muss nachher gereinigt werden. Das gleiche Bäuschchen kann immer wieder verwendet werden.

13. Die Adhäsion.

Die Hand wird vom Wasser benetzt. Kreide hält an der Wandtafel, Graphit, Druckerschwärze, Farbe am Papier, Staub an der Wand, Russ an der Pfanne. Wasser zerfließt auf dem Tisch und fließt an der Aussenseite eines Gefässes, aus dem es gegossen wird, hinunter.

1. Ein angehauchtes Geldstück (Fünffrankenstück), das an die Stirne gepresst wird, haftet an derselben. Geldstück.

2. 2 Glasstreifen (Objektträger für mikroskopische Präparate) werden trocken aufeinandergelegt, sie haften nicht aneinander. Werden sie befeuchtet, so kann man mit dem obern den untern in die Höhe heben. 2 Glasstreifen.

Befettete Finger, Wasservögel werden nicht nass. Der Regen fließt über die Blätter des Kohls, ohne sie zu benetzen. Wenn der Ausfluss der Tintenflasche befeuchtet wird, fließt die Tinte nicht der Flasche nach hinunter. Auf den staubigen Boden gespritztes Wasser bildet Tropfen. Öl verhindert die Wellenbildung.

3. Man spritzt Wasser auf Ölpapier oder eine befeuchtete Glasscheibe. Ölpapier oder befeuchtete Glasscheibe.

4. Man taucht einen Finger, einen Schlüssel in Quecksilber; sie werden nicht nass; auch das Glas-, das Porzellangefäss, in welchem das Quecksilber sich befindet, bleibt trocken. Quecksilber, Schlüssel.

5. Man bringt einen Tropfen Quecksilber auf ein Stück Stanniol; es zerfließt. Der Versuch kann auch mit einer Zinkplatte gemacht werden, die mit verdünnter Schwefelsäure gereinigt wurde. (Amalgamiren.) Stanniol oder Zinkplatte.

6. An die kurze Wagschale wird an einem Faden eine quadratische Glasscheibe mit 8—10 cm Seite, die mit einem Aufhängehaken versehen ist, angehängt und Gleichgewicht hergestellt. Unter die Glasplatte stellt man ein Gefäss mit Wasser und giesst so weit Wasser nach, dass die Glasplatte dessen Oberfläche gerade berührt. Nun legt man Gewichte auf die andere Wagschale, bis die Scheibe abgerissen wird. Glasscheibe mit Haken. Wage mit Gewichten. Gefäss mit Wasser.

Man stellt aus weichem, dünnem Kupferdraht eine Doppelöse her und biegt die eine rechtwinklig um. Die Scheibe wird über der Weingeistflamme sorgfältig erwärmt, bis Siegellack darauf schmilzt. Hierauf befestigt man die umgebogene Öse mit Siegellack in die Mitte der Scheibe. In die zweite Öse knüpft man einen Faden.

Beim Kleistern, Leimen, Kitten, Löten, Schweissen, Verzinnen etc. geht die Adhäsion in Kohäsion über.

7. 2 Stücke Siegellack werden an der Weingeistlampe bis zum Schmelzen erwärmt und in ein Stück vereinigt. 2 Stücke Siegellack. Weingeistlampe.

8. An ein Blechstück wird ein Messing- oder Kupferdraht gelötet. Blechstück. Messing- oder Kupferdraht.

14. Die Reibung.

Fahren auf glatter und bekiester Strasse. Gehen auf Strasse, Eis, Parkettboden. Anwendung von Backenbremse und Radschuh. Streuen von Sand

Lötlösung.
Weingeistlampe, Zange.

auf die mit Eis überzogene Strasse und die mit Eis bedeckten Eisenbahnschienen. Bücher gleiten nicht auf der schiefen Fläche der Schulbank. Nähkissen haben Bleieinlagen. Der Violinbogen wird mit Harz bestrichen. Benutzung von Schlitten und Schlittschuhen im Winter. Verminderung der Reibung durch Schmiermittel. Anwendung von Rollen beim Transport grosser Lasten. Schwere Möbel wie Betten, Sofa, Klaviere haben oft Rollen. Die Reibung am schweren Wagen ist grösser als am leichten, an demjenigen mit hohen Rädern geringer als an demjenigen mit niedern Rädern.

Prisma, Heftstift, Faden, kl. Wagschale. Gewicht.

1. Ein Prisma mit rechteckiger Grundfläche (Federschachtel) wird über die Tischfläche weggezogen, indem mit einem Heftstift an demselben ein Faden befestigt wird, der über eine Rolle am Rande des Tisches führt und an dessen Ende eine kleine Wagschale hängt. Es wird untersucht:

Gewicht.
Bleistifte.

a) wie viel Gewicht notwendig ist, um den Körper auf seinen verschiedenen Flächen über den Tisch fortzubewegen;

b) wie viel erforderlich ist, wenn das Prisma beschwert wird;

c) wie viel es braucht, wenn Bleistifte als Rollen hingelegt werden.

Wenn die Tischfläche etwas rauh ist, kann der Versuch a) auch wiederholt werden, indem man einen Bogen glattes Papier auf den Tisch legt. Bei c) werden eine Anzahl Bleistifte parallel auf den Tisch gelegt.

15. Schiefe Ebene und freier Fall.

Beispiele schiefer Ebenen: Abhang, Strasse und Eisenbahn am Abhang, Dach, Rampe, Schrottleiter, Treppe.

Ein Fuhrwerk braucht um so mehr Zugkraft, je steiler die Strasse ist. Beim Steigen gehen wir langsamer. Strassen führt man am Abhang in Windungen empor. (Wettsteins Atlas, Blatt IX. 4. Gotthard- und Furkastrasse.) Die Gotthardbahn überwindet die starken Steigungen in Schleifen und Spiraltunneln.

Schiefe Ebene.

1. Man stelle die schiefe Ebene so ein, dass die Höhe in der Länge 6mal enthalten ist, dann muss die Kraft $\frac{1}{6}$ der Last sein; ist die Höhe 5mal in der Länge enthalten, so muss die Kraft $\frac{1}{5}$ der Last sein, u. s. f.

An ein Brettchen von 38 cm Länge und 15 cm Breite, das durch 4 Stellschrauben horizontal gestellt werden kann, befestigt man durch ein Scharnier ein zweites Brettchen von 48–50 cm Länge und 7 cm Breite als schiefe Ebene. Die schiefe Ebene erhält vorn einen Ausschnitt für die Rolle, die so gross gewählt werden muss, dass der über sie laufende Faden der Ebene parallel ist. Als Last verwendet man eine eiserne oder hölzerne Walze von ca. 7 cm Durchmesser und 7 cm Länge, deren Achse sich in einem eisernen Rahmen dreht. Für die Stellung der schiefen Ebene bedient man sich eines Stäbchens, dessen keilförmig zulaufendes Ende durch kleine Vertiefungen in der Unterseite der Ebene festgehalten wird. Die Entfernungen dieser Vertiefungen vom Drehpunkt der Ebene und unter sich sind gleich der Höhe des Stäbchens.

Feststellung der Begriffe: Gleichmässige Geschwindigkeit — Bahnzug auf offenem Geleise —; verzögerte Geschwindigkeit — Bahnzug beim Einfahren in die Station; beschleunigte Bewegung: — Bahnzug beim Ausfahren aus der Station —; mittlere Geschwindigkeit — Weg: Zeit.

Beispiele beschleunigter Bewegung: Schlitten auf guter Schlittbahn, freige-wordener Eisenbahnwagen am Abhang. Ein Stein, der aus grosser Höhe fällt, schlägt stärker auf, als ein aus geringer Höhe fallender. Ein Sprung aus der Höhe wird verderblich.

a) Die Wege verhalten sich wie die Quadrate der Fallzeiten.

Fallrinne mit
Ständer und
Kugeln.

Eine Latte von 2,7 m Länge wird in 9 Teile à 30 cm geteilt; an beiden Enden werden Stege aufgeleimt und über diese in der Entfernung von etwa 1 cm 2 feine Drähte (Blumendraht) gespannt, die am Stirnende der Latten an Schrauben befestigt werden. Auf der Oberseite der Latte hat es bei den Teilstrichen Löcher zum Aufsetzen eines Steges, der die Kugel anhält. Das eine Ende der Latte wird in einem Ständer befestigt. Als Kugeln benutzt man solche, die von den Knaben zum Spielen verwendet werden.

1. Die Kugel wird auf die Fallrinne gelegt und der Steg beim ersten Teilstrich aufgesteckt. Beim Loslassen der Kugel zählt man „Null“, beim Anschlagen derselben an den Steg „Eins“. Hierauf steckt man den Steg beim 2. Teilstrich auf und lässt die Kugel rollen; beim Loslassen zählt man wieder „Null“, wenn sie den ersten Teilstrich passiert „Eins“. Sie schlägt an den Steg, ehe man „Zwei“ zählt; dies ist auch noch der Fall, wenn der Steg auf den 3. Teilstrich gesteckt wird. Erst wenn der Steg auf den 4. Teilstrich gesteckt wird, schlägt sie auf „Zwei“ an. In gleicher Weise zeigt man, dass die Kugel im 3. Zeiteil bis zum 9. Teilstrich rollt. Der Versuch wird bei stärkerer Neigung der Latte wiederholt.

b) Die Endgeschwindigkeiten verhalten sich wie die Fallzeiten.

2te Latte mit
Ständer.

Eine zweite 1,8 m lange, in gleicher Weise geteilte Latte läuft an einem Ende keilförmig aus und besitzt 2 Einschnitte in 1 cm Abstand, so dass sie wagrecht an die erste Latte angeschoben werden kann. Die Kugeln laufen nun von den schief liegenden Drähten auf die horizontalen über.

2. Die horizontale Latte wird beim ersten Teilstrich an die schiefe Latte angeschoben. In der gleichen Zeit, da die Kugel 1 Teil schief rollt, legt sie 2 Teile auf der horizontalen Bahn zurück. Schiebt man die horizontale Latte beim zweiten Teilstrich der schiefen Latte an, so durchläuft die Kugel in der Zeit, da sie 2 Teile schief rollt, 4 Teile der horizontalen Bahn. Lässt man die Kugel 3 Teile auf schiefer Bahn rollen, so läuft sie nachher 6 Teile horizontal. Die Kugel durchläuft also horizontal, ohne Anziehung der Erde, einen Weg, der doppelt so gross ist, als der auf der schiefen Ebene in gleicher Zeit durchlaufene Weg.

c) Anwendung auf den freien Fall.

3. Man halte die Fallrinne immer schief, die Kugel rollt immer rascher. Man lasse die Kugel senkrecht fallen und beobachte die Zeit,

in welcher sie eine gewisse Höhe durchläuft. Sie fällt von der Decke des Schulzimmers in weniger als 1 Sekunde auf den Boden.

Da die Kugel in der 1. Sekunde 5 m durchläuft, betragen die Fallhöhen für die folgenden Sekunden $2^2.5$; $3^2.5$ etc.

Nach 2. fällt die Kugel, die eine Sekunde gefallen und die somit 5 m zurückgelegt hat, in der zweiten Sekunde ohne Anziehung der Erde den doppelten Weg oder 10 m. Die Endgeschwindigkeit der ersten Sekunde ist somit 10 m und der Fallraum der zweiten Sekunde 15 m. In der 1. und 2. Sekunde fällt die Kugel 20 m; in den zwei folgenden Sekunden würde sie ohne Anziehung der Erde 40 m zurücklegen oder in 1 Sekunde 20 m. Die Endgeschwindigkeit der 3. Sekunde ist 20 m, der Fallraum der 3. Sekunde 25 m etc.

Schnur mit
3 Gewichten.

4. An einer dünnen Schnur befestige man Bleikörper in den Entfernungen von 2 dm, 8 dm und 18 dm oder 3, 12, 27 dm vom Ende, und halte die Schnur so, dass das Ende den Boden berührt. Lässt man die Vorrichtung fallen, so schlagen die Körper in gleichen Zwischenräumen auf den Boden. Der zweite Körper legt den 4fachen Weg in der doppelten Zeit, der dritte den 9fachen Weg in der 3fachen Zeit zurück.

Um den Beginn des Versuches auch zu markiren, befestige man an das Ende der Schnur ein kleines Gewicht und halte die Schnur so, dass dieses Gewicht nur ganz wenig über dem Boden ist.

d) Im luftleeren Raum fallen alle Körper gleich rasch.

Luftpumpe und
Fallröhre.

5. Die Fallröhre wird luftleer gemacht und ihr Inhalt (Schrot, Papierschnitzel, Federchen) mehrmals durch dieselbe fallen gelassen. Der Versuch wird wiederholt, nachdem die Röhre mit Luft gefüllt wurde.

Fünffranken-
stück. Papier-
schnittel.

6. Auf ein Fünffrankenstück wird ein kleines Papierstück von der Grösse eines Zehnrappenstückes gelegt und beide fallen gelassen. Die beiden Körper lässt man auch getrennt fallen.

Schrotkörner,
kleines Säck-
chen.

7. Man lässt Schrotkörner aus bestimmter Höhe zuerst einzeln fallen; dann legt man sie in ein kleines Säckchen und lässt sie miteinander fallen.

e) Der geworfene und der senkrecht fallende Körper fallen gleich rasch.

Wurfapparat.

8. Von zwei Kugeln, die sich in gleicher Höhe befinden, wird die eine durch einen Stoss fortgeworfen, während die andere senkrecht fällt. Die beiden Kugeln schlagen gleichzeitig auf den Boden auf.

An ein Brettchen von etwa 35 cm Länge und 10 cm Breite befestigt man unten ein horizontales Brettchen mit einem Loch von 4 cm Durchmesser. Auf dasselbe leimt man ein 4 cm hohes Klötzchen, welches das Loch tangirt. Oben

am senkrechten Brettchen befestigt man an ein aufgeleimtes Klötzchen ein federndes Holzblatt — Stück einer Reisschiene — dass bis nahe an das Grundbrettchen reicht. Mit der Schiene wird genau über dem Loch im Grundbrett eine Kugel von 3 cm Durchmesser gegen das seitliche Klötzchen gepresst. Dicht an die Schiene legt man eine zweite Kugel. Schlägt man mit der Hand an die Schiene, so wird die davorliegende Kugel fortgeschleudert, die andere, nun freigewordene Kugel fällt senkrecht zu Boden. Damit die Fallhöhe grösser werde, steht man auf einen Sessel.

16. Die Schraube.

Beispiele von Schrauben an der Schulbank mit Gusseisengestell. 1. Befestigung der Bank an der Schwelle: Die Schraubenmutter ist fest, die Schraubenspindel wird gedreht. 2. Befestigung der Lehne: Die Schraubenspindel ist fest, die Mutter wird gedreht. 3. Befestigung der Scharniere und der vordern Wand: Das Holz bildet die feststehende Schraubenmutter.

1. Um ein cylindrisches Stück Holz — Bleistift — wickelt man ein aus Papier ausgeschnittenes rechtwinkliges Dreieck mit sehr spitzem Winkel, indem man mit der kleinen Kathete beginnt. Damit die Schraubenlinie auf die Entfernung deutlich werde, zieht man längs der Hypotenuse eine schwarze Linie. Modell für Entstehung der Schraube.

2. Das Modell der Schraube mit zerlegbarer Mutter wird vorgewiesen und bei geöffneter Schraubenmutter die Bewegung der Spindel gezeigt. Modell der Schraube.

3. Zur Erklärung der Schiffsschraube bediene man sich des Schraubenfliegers (Luftschraube) (in Spielsachenläden zu 1 Franken erhältlich). Schraubenflieger.

4. Das Modell der Schnecke wird vorgewiesen. Modell der Schnecke.

17. Der Keil.

Der Keil als Trennungsmittel: Keil zum Spalten von Holz; Pflugschar; Spaten; Egge; Meissel; Axt; Messer; Hobeisen; Nadel; Schere; Säbel; die Wurzeln der Pflanzen; die Brust der Vögel; der Kopf der Fische; der Kiel der Schiffe.

Der Keil als Mittel zum Heben von schweren Lasten: Meissel zum Öffnen der Kiste; Verwendung von Keilen in Steinbrüchen; Schiffe werden auf der Werft mit Keilen gehoben.

Der Keil als Befestigungsmittel: Nagel; Keil am Hobeisen; am Karststiel; Keil zum Befestigen von Rädern und Rollen auf Achsen; Gewölbesteine.

(Fortsetzung folgt.)