

Physikalische *Freihand- experimente*

Akustik

Mechanik

Wärme

Elektrizität

Magnetismus

Optik

Diese Sammlung entstand unter Mitarbeit von:
*Clemens Berthold, Daniela Binzer, Gunther Braam, Jürgen Haubrich,
Markus Herfert, Helmut Hilscher, Jürgen Kraus, Christian Möller*

Koordination: *Helmut Hilscher*

Aulis Verlag Deubner



Inhaltsverzeichnis

1. Mechanik fester Körper	
1.1 Die schwachen Tauzieher	
1.2 Ein Flaschenzug mit Besenstielen	
1.3 Elastische und plastische Verformung eines Drahtes	
1.4 Wo reißt der Faden?	
1.5 Der geteilte Apfel	
1.6 Die stabilen Papierschlaufen	
1.7 Das attraktive Glas	
1.8 Stoßende Münzen.....	
1.9 Der standhafte Nagel	
1.10 Hupfbälle.....	
1.11 Weinflaschen ohne Korkenzieher öffnen	
1.12 Die Kartoffelschleuder	
1.13 „actio = reactio“ mit Magnet und Eisenstück	
1.14 Die Luftballonrakete.....	
1.15 Die Luftrakete	
1.16 Das Raketenschiffchen	
1.17 Welcher Trinkhalm fliegt weiter?	
1.18 Eine Dose als Dampfturbine	
1.19 Tauziehen auf Rädern.....	
1.20 Das Sengersche Wasserrad	
1.21 Die frei fallende Schere.....	
1.22 Das „Gewicht“ ohne Gewicht	
1.23 Schwerelos im freien Fall (1)	
1.24 Die Poggendorffsche Waage.....	
1.25 Die Fallschnur.....	
1.26 Zwei Kugeln im freien Fall	
1.27 Wettfallen zweier Kugeln	
1.28 Der Tisch des Galilei.....	
1.29 Messung der menschlichen Reaktionszeit.....	
1.30 Wasserstrahlversuch zur Wurfparabel.....	
1.31 Schneller als im freien Fall	
1.32 Welche Bahn ist schneller?	
1.33 Das Kartenwettfallen	
1.34 Bestimmung des Gleitreibungskoeffizienten	
1.35 Die Materialabhängigkeit der Reibung	
1.36 Reibung auf der schiefen Ebene.....	
1.37 Die wiedergefundene Spielkarte	
1.38 Korken aus der leeren Flasche	
1.39 Das standhafte Fünfmarkstück	
1.40 Die gelehrige Schachtel.....	

Inhaltsverzeichnis

1.41	Waghalsige Bremsmanöver	
1.42	Ein einfaches Kugellager.....	
1.43	Das gehorsame Ei	
1.44	Welche Kugel rollt höher?	
1.45	Ein einfacher Höhenmesser	
1.46	Die magisch rollende Zauberdose	
1.47	Das Dosenfahrzeug.....	
1.48	Das Münzenkatapult	
1.49	Der Wackelstein	
1.50	Wie verlässt eine Kugel die Kreisbahn?	
1.51	Geradlinige Leuchtspuren	
1.52	Der Münzplattenspieler	
1.53	Die rotierende Kugel im Cognacglas	
1.54	Das Zentrifugal-Tablett	
1.55	Messerwerferei	
1.56	Modell eines Foucaultschen Pendels	
1.57	Die Coriolis-Kraft.....	
1.58	Papier als Sägeblatt	
1.59	Die bergauf rollende Dose	
1.60	Die kletternde Walze.....	
1.61	Die folgsame Garnrolle	
1.62	Die vergessliche Sanduhr	
1.63	Ein Jo-Jo aus Bierdeckeln	
1.64	Das Stehauf-Ei.....	
1.65	Ein Balancierkunststück	
1.66	Schwerpunktsakrobatik	
1.67	Der verhexte Karton	
1.68	Das Tellerkarussell	
1.69	Die Dominobrücke.....	
1.70	Der Schwerpunkt eines Besens	
1.71	Wie leicht kommt es zum Fall	
1.72	Die Kerzenwippe.....	
1.73	Trägheitsmomente von Trinkhalmen	
1.74	Welcher Stab fällt schneller um?	
1.75	Drehstuhlpirouetten	
1.76	Knopfpirouetten	
1.77	Ein Kreisel auf einem Drehstuhl	
1.78	Das Konservendosenrennen.....	
1.79	Das Dosenrennen	
1.80	Der eigenwillige Kugelschreiber.....	
1.81	Das aufrechte Rad.....	
1.82	Ein Glücksspiel mit Münzen	
1.83	Der Stehaufkreisel.....	

1.84 Das Schleudergesät.....

1.85 Das torkelnde Buch

1.86 Die Schwingungsdauer eines Fadenpendels

1.87 Das Galileische Pendel

1.88 „Resonanzkatastrophe“ beim Fadenpendel

1.89 Resonanz an der Unterputzröhre

1.90 Das Schwerependel an der Schraubenfeder

1.91 Wie schaukelt man richtig?

1.92 Die anhängliche Schnur.....

1.93 Lissajous-Figuren aus Sand

1.94 Das Hui-Hui-Rädchen

1.95 Die schwingenden Wäscheklammern

1.96 Die Allround-Wellenmaschine

1.97 Hin und her und rauf und runter.....

1.98 Ein Fernseher als Stroboskop

1.99 Dolchstoß durch eine Münze

1.100 Der Fakir-Apfel.....

1.101 Modellversuch zum Druckbegriff.....

1.102 Druck mit einem Bleistift

1.103 Der stabile Luftballon

2. Mechanik der Flüssigkeiten

2.1 Das schwebende Ei

2.2 Schwimmt Knetmasse?.....

2.3 Ein Tropfen im Weltall

2.4 Der schwebende Korken.....

2.5 Die tanzenden Rosinen

2.6 Die U-Boot-Zitrone

2.7 Warum manche Getränke „light“ sind

2.8 Der Cartesianische Taucher

2.9 Der folgsame Wasserballon

2.10 Das Aräometer

2.11 Flüssigkeitsschichtungen

2.12 Fingerwiegen.....

2.13 Beschleunigungsmesser

2.14 Wasserstandsveränderungen

2.15 Der rotierende Pflirsich.....

2.16 Der oszillierende Tintenstrahl

2.17 Der Tischtennisball im Trichter.....

2.18 Wo steigen Blasen auf?

2.19 Die Schlauchwaage

2.20 Ein Saugheber

2.21 Das lecke Fass

Inhaltsverzeichnis

2.22	Die tauchende Milchdose.....	
2.23	Der Springbrunnen	
2.24	Zwei einfache Manometer	
2.25	Der Verkehrtswimmer	
2.26	Druck fühlen.....	
2.27	Das Spritzenwettdrücken	
2.28	Entschärfung einer Wasserbombe	
2.29	Der Seifenhaut-Antrieb	
2.30	Eine Minimalfläche aus Seifenhaut	
2.31	Verbundene Wasserstrahlen.....	
2.32	Zerlaufende Tropfen	
2.33	Oberflächenschwimmer	
2.34	Trockenes Wasser	
2.35	Der Gorilla-Effekt.....	
2.36	Flüssigkeitstausch	
2.37	Seifenblasenrezepte.....	
2.38	Ein Korken schwimmt bergauf	
2.39	Wasser als Klebstoff	
2.40	Kapillarwirkung zwischen Glasscheiben	
2.41	Kreide auf Tauchgang.....	
2.42	Die brennende Kreide.....	
2.43	Wasser hält einen Karton fest.....	
2.44	Der Schwingungstaucher	
2.45	Stehende Wellen auf Kaffee	
2.46	Seegang auf dem Küchentisch	
2.47	Die widerspenstigen Münzen	
2.48	Eine Kugel mit Effet	
2.49	Der Moseseffekt	
2.50	Die schnell geleerte Flasche	
2.51	Die eigenwilligen Teeblätter	
2.52	Der Eitest: gekocht oder roh?.....	
2.53	Die Dose auf der Rutschbahn	
3.	Mechanik der Gase	
3.1	Seifenblasen - Sinken, Schweben, Steigen	
3.2	Die schwimmenden Seifenblasen	
3.3	Kerzenlöschen mit Kohlendioxid.....	
3.4	Aufgeblasen wiegt ein Ballon weniger	
3.5	Die Dichte komprimierter Luft	
3.6	Warme Luft wiegt weniger	
3.7	Der Gaswaage	
3.8	Die anhängliche Kerzenflamme.....	
3.9	Das hüpfende Ei	

3.10 Die implodierende Dose

3.11 Eine Kerzenflamme hebt Wasser

3.12 Der Luftdruck im Klassenzimmer

3.13 Die schwere Zeitung

3.14 Papier stoppt Wasser.....

3.15 Fünf Karten mit einem Finger aufeinander legen

3.16 Die Magdeburger Halbkugeln

3.17 In einen Luftballon schauen.....

3.18 Ein aufgeblähter Mohrenkopf

3.19 Das Goethebarometer.....

3.20 Die Vogeltränke.....

3.21 Luft ist nicht Nichts

3.22 Das widerspenstige Styroporstück.....

3.23 Verbundene Luftballons

3.24 Der scheinbar verstopfte Trichter

3.25 Schwerelos im freien Fall (2)

3.26 Schwerelos im freien Fall (3)

3.27 Ein Modell zur menschlichen Atmung

3.28 Der Fahrradschlauch als Hebebühne

3.29 Das Ei in der Flasche

3.30 Die hüpfende Münze

3.31 Mineralwasser bläst Luftballon auf

3.32 Wasser gegen Luft

3.33 Rauchextraktion

3.34 Schlechter Windschatten

3.35 Das eigenwillige Papier.....

3.36 Das abhebende Lineal.....

3.37 Die schwebende Pappe

3.38 Die fliegende Münze.....

3.39 Die fliegende Papprolle

3.40 Der „schwere“ Tischtennisball

3.41 Ein saugender Blasetrichter

3.42 Der schwebende Tischtennisball

3.43 Ein Ball mit Effet

3.44 Das Wind-Paradoxon

3.45 „... das himmlische Kind“

3.46 Der quietschende Luftballon

3.47 Vortexringe

3.48 Der Flüssigkeitszerstäuber

3.49 Der Luftwiderstand von Fallkegeln

3.50 Zwei Fallkegel

3.51 Im Windkanal

3.52 Münze und Papier im freien Fall.....

Inhaltsverzeichnis

3.53	Die Backpulverrakete
3.54	Die Wasserrakete.....
3.55	Die Reagenzglaskanone
3.56	Rotierende Trinkhalme.....

4. Akustik

4.1	Mit einem Joghurtbecher Musik hören.....
4.2	„Meeresrauschen“ mit dem Plastikbecher
4.3	Ein Holztisch als Resonator
4.4	Richtungshören.....
4.5	Das Schlauchtelefon
4.6	Das Schnurtelefon
4.7	Obertöne „mundgeblasen“
4.8	Die Obertöne einer Röhre
4.9	Offene und gedackte Pfeifen
4.10	Eine Glasröhre als Orgelpfeife
4.11	Tonerzeugung wie bei Blasinstrumenten
4.12	Flötespielen unter Wasser.....
4.13	Flaschenpfeifen und -glocken
4.14	Die musikalische Kerze.....
4.15	Das schwingende Lineal
4.16	Die Schwingung einer Stimmgabel
4.17	Eine klingende Scheibe.....
4.18	Chladnische Klangfiguren
4.19	Töne sichtbar machen
4.20	Schallwelleninterferenz.....
4.21	Die Stimmgabe: Laut oder leise?
4.22	Die Stimmgabel-Sirene.....
4.23	Der wandernde Ton
4.24	Die singenden Gläser
4.25	Der tönende Metallstab
4.26	Micky-Maus-Stimme durch Helium
4.27	Doppler-Effekt mit einer Stimmgabel.....
4.28	Warum „pfeift“ der Wind?

5. Wärme

5.1	Wärmeleitung in Wasser
5.2	Wärmeleitung mit einer Münze
5.3	Was sind gute Temperaturleiter?
5.4	Kerze löschen ohne zu blasen
5.5	Nie mehr Brandlöcher!.....
5.6	Die schwebende Flamme
5.7	Das Leidenfrostsche Phänomen.....

5.8 Wo schmilzt das Wachs schneller?

5.9 Die kalte Glühlampe.....

5.10 Wie „heizt“ Kleidung?

5.11 Konvektion der Kühlschrankschlucht

5.12 Kaffee bei tiefstehender Sonne.....

5.13 Der wachsende Draht

5.14 Ein scharfer Vergleich

5.15 Die gebogenen Trinkhalme

5.16 Ein Thermometer aus Papier

5.17 Eisberge und Wachstaler

5.18 Das schrumpfende Gummiband

5.19 Turbine durch Handwärme betreiben.....

5.20 Die aufsteigende Papierserviette

5.21 Der Vulkan aus der Flasche

5.22 Eine Einwegspritze als Wasser-Kocher

5.23 Siedendes Wasser unter 100°C.....

5.24 Künstlicher Nebel in einer Flasche

5.25 Wasser aus der Luft.....

5.26 Kondensationskeime am Fenster

5.27 Wasser gefriert durch Verdunsten

5.28 Salz macht kalt

5.29 Das festgefrorene Streichholz.....

5.30 Der schmelzende Eiswürfel

5.31 Ein Draht schneidet sich durch Eis

5.32 Der erste Hauptsatz der Thermodynamik mit einem Schlag

5.33 Das Prinzip eines Verbrennungsmotors

6. Elektrizität

6.1 Seifenblasen im elektrischen Feld

6.2 Der hüpfende Gri

6.3 Der gebogene Wasserstrahl

6.4 Elektrostatisch gekoppelte Pendel

6.5 Der Folienkondensator.....

6.6 Ladungstransport mit einer Kaffeepackung

6.7 Modellversuch zur Xerographie.....

6.8 Ein Radio als Ladungsdetektor

6.9 Das Elektroskop im Honigglas.....

6.10 Die tanzenden Papierschnipsel

6.11 Die springenden Aluminiumkugeln

6.12 Das folgsame Klebeband

6.13 Die unentschlossene Overheadprojektor-Folie.....

6.14 Influenz-Stromgenerator

6.15 Der Schuttelgenerator.....

Inhaltsverzeichnis

6.16	Das Elektrophor
6.17	Hüpfendes Öl
6.18	Salz und Pfeffer trennen.....
6.19	Die gespenstische Leuchtstoffröhre
6.20	Anhängliche Luftballons
6.21	Gewittersimulation
6.22	Ein Modell zu Franklins „Blitzableiter“
6.23	Die elektrische Windmühle
6.24	Der elektrostatische Motor.....
6.25	Ein Radio verstummt
6.26	Schläge liefern Strom
6.27	Der leuchtende Würfelzucker
6.28	Leuchtendes Lametta
6.29	Die Glühwendel
6.30	Welche Lampe leuchtet am hellsten?
6.31	Ein Mikrofonmodell.....
6.32	Ein Bleistiftmine als Potentiometer
6.33	Strom durch Wärme.....
6.34	Licht durch Salz
6.35	Der einfachste Elektromotor
6.36	Die Zitronenbatterie.....

7. Magnetismus

7.1	Die abstoßenden Rasierklingen
7.2	Ein Magnet wird geteilt
7.3	Magnetische Heizkörper
7.4	Der Freihandkompass.....
7.5	Stabmagnet oder Eisenstab?.....
7.6	Die „Tragfähigkeit“ eines Stabmagneten
7.7	Die Curie-Temperatur von Eisen.....
7.8	Entmagnetisieren durch Wärme
7.9	Magnetisierte Eisenfeilspäne
7.10	Magnetfeldlinien mit einem Handstreich
7.11	Die qualitative Magnetfeldsonde
7.12	Ein Versuch nach Oersted
7.13	Eisenpulverkreise
7.14	Windung für Windung.....
7.15	Das Prinzip eines Generators.....
7.16	Der Spätzünder
7.17	Der Thomsonsche Ringversuch.....
7.18	Die magisch gebremste Scheibe
7.19	Die Magnetbremse
7.20	Wirbelstromantrieb

7.21 Der langsame Fall
 7.22 Die gekoppelten Hufeisen(magnete)
 7.23 Die gekoppelten Magnetpendel
 7.24 Faradays misslungenes Experiment.....
 7.25 Ein einfaches Telefon
 7.26 Die schwingende Glühwendel
 7.27 Stehende Wellen auf einem Draht.....
 7.28 Der gestörte Bildschirm
 7.29 Die Magnetkanone

8. Optik

8.1 Ein Bleistift im Wasserglas
 8.2 Das Linsenparadoxon.....
 8.3 Die verschwundene Münze
 8.4 Der Brennpunkt
 8.5 Ein einfacher Diaprojektor.....
 8.6 Der unsichtbare Glasstab
 8.7 Eine Farben unterscheidende Linse?
 8.8 Geisterhafte Schatten
 8.9 Der krumme Lichtstrahl
 8.10 Wie man Licht „wegblasen“ kann
 8.11 Spiegelbilder bei einem Löffel
 8.12 Wo liegt das Spiegelbild?
 8.13 Das Spiegelparadoxon
 8.14 Der intelligente Spiegel.....
 8.15 Der Dreifachspiegel
 8.16 Das Reflexionsgesetz aus der Westentasche
 8.17 Die undurchsichtige Glaswand
 8.18 Eine brennende Kerze im Wasserglas
 8.19 Die unsichtbare Kreide.....
 8.20 Das silberne Ei
 8.21 Eine silberne Luftzelle
 8.22 Eine Münze verschwindet unter einem Glas
 8.23 Ein U-Rohr als Lichtleiter
 8.24 Eine Gießkanne mit Pflänzchenbeleuchtung
 8.25 Das gefangene Lichtbündel
 8.26 Die doppelten Finger
 8.27 Beugung an Bärlappsporen
 8.28 Peeping Tom’s candle.....
 8.29 Eine Vogelfeder als optisches Gitter.....
 8.30 Bunte Wasserpfützen
 8.31 Warum schillert eine Compact Disc bunt?
 8.32Die schillernde Seifenhaut

Inhaltsverzeichnis

8.33	Newtonsche Ringe mit Objektträgern.....	
8.34	Ein Loch im Finger.....	
8.35	Schwärzer als schwarz.....	
8.36	Der leuchtende Papierzylinder.....	
8.37	Himmelblau, Abend- und Morgenrot.....	
8.38	Wie fotografiert man aus dem Auto?	
8.39	Die Brewster-Kerze	
8.40	Optisch aktive Stoffe.....	
8.41	Die Instant-Brille für Kurzsichtige	
8.42	Die Lochkamera	
8.43	Der kopfstehende Schatten	
8.44	Das Auge sieht die Welt verkehrt.....	
8.45	Der blinde Fleck des Auges	
8.46	Das Loch in der Hand	
8.47	Der hüpfende Daumen und die Fingerwurst	
8.48	Einäugiges Sehen	
8.49	Ein Regenbogen im Zimmer	
8.50	Ein Regenbogen im Freien	
8.51	Farbzerlegung des weißen Lichtes	
8.52	Der Farbkreisel	
8.53	Farbige Schatten	
8.54	Schrift verschwindet	
8.55	Die bunte Rasierklinge	
8.56	Die Pinocchio-Nase	
9.	Sonstige	
9.1	Rote Tinte leuchtet grün!	
9.2	Flammenfärbungen	
9.3	Bierschaumzerfall	
9.4	Das Münzkristallgitter	
9.5	Kristallzüchtung	
9.6	Das Loschmidtsche Paradoxon	
9.7	Das Chaospendel	
9.8	Chaos auf dem Fernsehschirm	
9.9	Aus Tinte wächst ein Fraktal	

Vorwort

Der Ursprung dieses Werkes geht auf eine Idee des Professors für Didaktik am Institut für Physik der Universität Augsburg, Dr. *Helmut Hilscher*, zurück: Beschreibungen von Freihandexperimenten sind in der Literatur nur in verstreuten oder entlegenen Quellen zu finden, die zudem nicht immer physikalischen Ansprüchen genügen. Eine Sammlung ausgearbeiteter Experimente, die in keiner Schule fehlen sollte, würde diese Lücke füllen. Es bot sich an, eine solche umfangreiche Sammlung im Rahmen von Staatsexamensarbeiten anfertigen zu lassen. Sechs Studenten des Lehramtes an Gymnasien erklärten sich bereit, die Sichtung, Durchführung, Optimierung und Dokumentation von Freihandexperimenten vorzunehmen: *Clemens Berthold, Daniela Binzer, Gunther Braam, Jürgen Haubrich, Jürgen Kraus* und *Christian Möller*.

Nach einer umfangreichen Literaturrecherche standen zunächst ungefähr 1000 Experimente zur Auswahl. Von diesen wurden auf der Grundlage der folgenden Kriterien, die sich während der Beschäftigung mit der Thematik immer deutlicher herausbildeten, etwa 400 Experimente ausgewählt und in einer einheitlichen Struktur beschrieben:

- Verwendung von allgemein verfügbaren oder leicht zu beschaffenden Alltagsgegenständen und Materialien
- Einfacher und leicht durchschaubarer Aufbau
- Problemlose Durchführung und kurze Dauer des Experimentes

Bereits bei einer der frühen Projektbesprechungen war der Gedanke aufgetaucht, nicht zuletzt wegen des absehbaren großen Umfangs der im Entstehen begriffenen Experimente-Sammlung, zunächst eine CD-ROM statt eines gebundenen Buches herzustellen. Zur Mitarbeit an dieser CD-ROM entschlossen sich drei Verfasser der Examensarbeiten: *Clemens Berthold, Daniela Binzer* und *Gunther Braam*. Hinzu kam *Markus Herfert*, der im Rahmen seiner Examensarbeit für das Lehramt an Hauptschulen eine Reihe von Experimenten verfilmte. Dieses Team überarbeitete unter der Leitung und Mitarbeit von Prof. Dr. *Helmut Hilscher* Zeichnungen und Texte für die CD-ROM, programmierte die Benutzeroberfläche und integrierte Texte und Bilder.

Wegen des großen Erfolges der 1998 erschienenen CD-ROM war es mir nun erneut ein besonderes Anliegen, dieses Werk dem physikalisch interessierten Publikum auch in Form von Büchern zur Verfügung zu stellen. Ich wünsche allen Lesern viel Freude bei der Lektüre der Ausarbeitungen und vor allem viel Begeisterung bei der Durchführung der Experimente.

Dem Aulis Verlag danke ich für die sehr angenehme Zusammenarbeit bei der technischen Umsetzung der CD-ROM-Version in diese nun vorliegende Buchausgabe.

Weißenhorn, im Dezember 2003

Clemens Berthold