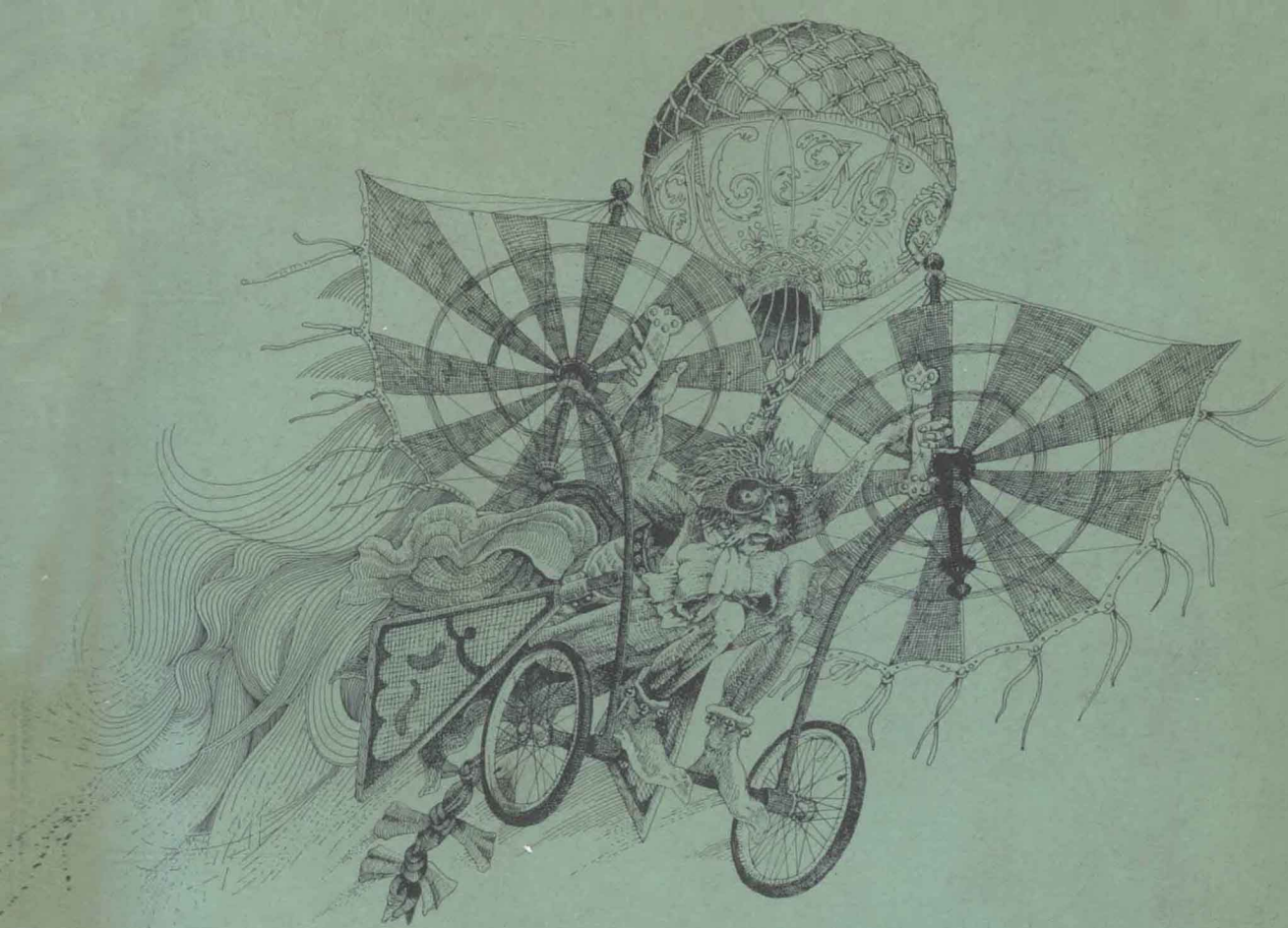




Jearl Walker

Der fliegende Zirkus der Physik

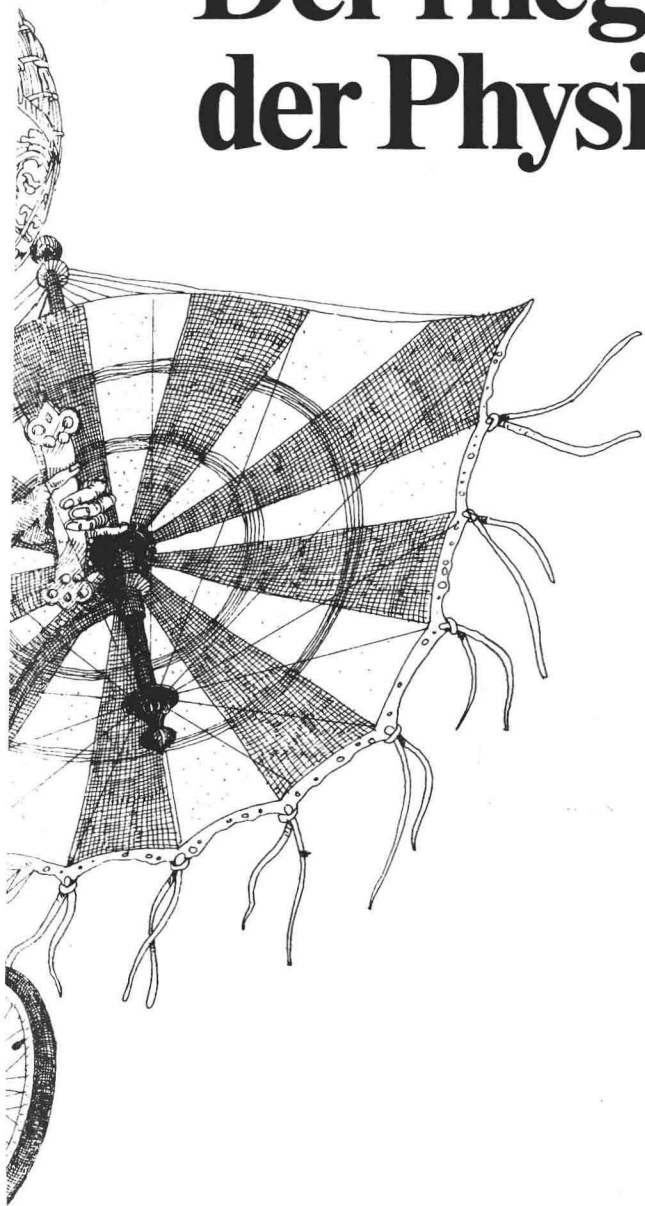
oldenbourg

Der fliegende Zirkus der Physik

Jearl Walker
Dept. of Physics
Cleveland State University



Der fliegende Zirkus der Physik



R.Oldenbourg Verlag München Wien

Autorisierte Übersetzung der englischsprachigen Ausgabe,
die bei John Wiley & Sons unter dem Titel
The flying Circus of Physics
erschienen ist.

Copyright © 1975 und 1977, by John Wiley & Sons, Inc.
All Rights Reserved

Übersetzt von Uta Weichert und Professor Dr.-Ing. Lothar Weichert

CIP-Kurztitelaufnahme der Deutschen Bibliothek

Walker, Jearl

Der fliegende Zirkus der Physik. — 1. Aufl. —
München, Wien : Oldenbourg, 1977.

Einheitssacht.: The flying circus of physics
<dt.>

ISBN 3-486-21471-3

© 1977 R. Oldenbourg Verlag GmbH, München

80 79 78

5 4 3 2

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Funksendung, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Wege sowie der Speicherung und Auswertung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben auch bei auszugsweiser Verwertung vorbehalten. Werden mit schriftlicher Einwilligung des Verlages einzelne Vervielfältigungsstücke für gewerbliche Zwecke hergestellt, ist an den Verlag die nach § 54 Abs. 2 Urh.G. zu zahlende Vergütung zu entrichten, über deren Höhe der Verlag Auskunft gibt.

Druck und Bindearbeiten: E. Rieder, Schrobenhausen

ISBN 3-486-21471-3

Vorwort des Autors

Diese Aufgaben sollen Spaß machen. Man sollte sie nicht zu ernst nehmen. Einige Lösungen werden Sie leicht finden. Andere sind enorm schwierig, und erwachsene Männer und Frauen verdienen ihren Lebensunterhalt mit dem Versuch, diese Fragen zu beantworten. Aber sogar diese ganz schwierigen Aufgaben sollen Spaß machen. Ich bin nicht so sehr daran interessiert, wieviele Sie lösen können. Vielmehr möchte ich, daß Sie sich darüber Gedanken machen.

Was ich in erster Linie zeigen möchte ist, daß Physik nicht etwas ist, was sich in einem physikalischen Institut abspielt. Physikalische Tatsachen und Probleme umgeben uns in der wirklichen, alltäglichen Welt, in der wir leben, arbeiten, lieben und sterben. Ich hoffe, Sie werden dieses Buch so spannend finden, daß Sie Ihren eigenen „fliegenden Zirkus der Physik“ in Ihrer eigenen Umwelt finden. Wenn Sie beim Kochen, beim Fliegen oder ganz einfach beim Faulenzen am Ufer eines Baches beginnen, über die Physik nachzudenken, dann — glaube ich — hat es sich gelohnt, dieses Buch zu schreiben. Bitte lassen Sie mich wissen, wo Ihnen die Physik begegnet ist, auch Verbesserungen und Kommentare zu diesem Buch.*

Aber — denken Sie immer daran — es soll Spaß machen!

Jearl Walker

*Im Hause meiner Großmutter
Aledo, Texas, 1974*

*Physics Department, Cleveland State University, Cleveland, Ohio 44115

Dank des Autors

Ich möchte in keiner Weise den Eindruck erwecken, der alleinige Autor dieses Buches zu sein. Viele Menschen trugen dazu bei, halfen, diskutierten, kritisierten, ermutigten und verstanden mich. Ich begann die Arbeit an diesem Buch im letzten Jahr meines Studiums an der Universität von Maryland. Howard Laster und Harry Kriemelmeyer bin ich sehr für ihre Bereitschaft zu Dank verpflichtet, einen Studenten mit einer so ausgefallenen Idee zu unterstützen. Dick Berg, auch von Maryland, half mit Ideen und Diskussionsbeiträgen. Sherman Poultney steuerte nicht nur einige besonders knifflige Aufgaben bei, er hatte auch volles Verständnis dafür, wenn die Arbeit an meinem Buch gelegentlich Vorrang hatte vor der an meiner Dissertation. Meine Frau Elizabeth schrieb das Manuskript auf der Maschine und stellte es für den Druck zusammen. Art West, der mit mir studierte, half mit vielen wertvollen Vorschlägen bei der Kleinarbeit der Schlußfassung. Joanne Murray jedoch war es, die sich mühevoll durch meinen Morast der englischen Sprache quälte und immer wieder neue Versionen des Manuskripts durcharbeitete. Ihr bin ich besonders zu Dank verpflichtet. Ich danke auch Don Deneck, Edwin Taylor, George Arfkew, Ralph Llewellyn und A. A. Strassenburg, die das Manuskript sorgfältig lasen und viele wertvolle Beiträge lieferten.

Jearl Walker

Inhalt

1 Unter einer Decke verborgen den Ungeheuern zuhören

- | | | |
|---|--|---|
| <p>1.1 Quietschende Kreide 17</p> <p>1.2 Ein Finger auf dem Weinglas 17</p> <p>1.3 Schwingung einer beidseitig bespannten Trommel 17</p> <p>1.4 Baßtöne auf Schallplatten 17</p> <p>1.5 Pfeifender Sand 17</p> <p>1.6 Dröhnende Sanddünen 17</p> <p>1.7 Chladnische Klangfiguren 18</p> <p>1.8 Das Banjo schlagen und die Harfe zupfen 18</p> <p>1.9 Fadentelefon 18</p> <p>1.10 Streichen einer Geige 18</p> <p>1.11 Zupfen an einem Gummiband 19</p> <p>1.12 Geräusch von kochendem Wasser 19</p> <p>1.13 Ein murmelnder Bach 19</p> <p>1.14 Gehen im Schnee 19</p> <p>1.15 Stille nach einem Schneefall 19</p> <p>1.16 Reißender Stoff 19</p> <p>1.17 Knackende Knöchel 20</p> <p>1.18 Schwatzhafte Frühstücksflocken 20</p> <p>1.19 Geräusch von schmelzendem Eis 20</p> <p>1.20 Ein Ohr am Boden 20</p> <p>1.21 Stimmlage in Heliumatmosphäre 20</p> | <p>1.22 Klopfen an eine Kaffeetasse 20</p> <p>1.23 Einstimmen eines Orchesters bei Wechsel der Raumtemperatur 21</p> <p>1.24 Geräusch startender Flugzeuge 21</p> <p>1.25 Röhrenpfeifen 21</p> <p>1.26 Akustik in einem Konzertsaal 21</p> <p>1.27 Akustik eines Beichtstuhles 22</p> <p>1.28 Reichweite des Schalls an einem kühlen Tag 22</p> <p>1.29 Zonen des Schweigens bei Explosionen 22</p> <p>1.30 Das Echo 22</p> <p>1.31 Die geheimnisvolle Flüstergalerie 23</p> <p>1.32 Klang-Echo 24</p> <p>1.33 Stille vor dem Sturm 24</p> <p>1.34 Echo unter einer Brücke 24</p> <p>1.35 Hören gegen den Wind 25</p> <p>1.36 Dröhnen in der Atmosphäre 25</p> <p>1.37 Möwengeschrei, laut und leise 25</p> <p>1.38 Blitz ohne Donner 26</p> <p>1.39 Aufspüren von Unterseebooten 26</p> <p>1.40 Bitte Türen schließen! 26</p> <p>1.41 Rückkopplungspfeifen 26</p> <p>1.42 Nebelhörner 27</p> <p>1.43 Flüstern mit abgewandtem Gesicht 27</p> <p>1.44 Schwingungsanregung in einem beiderseits offenen Rohr 27</p> | <p>1.45 Krankwerden durch Infraschall 27</p> <p>1.46 Geschwätzige Wasserleitungen 27</p> <p>1.47 Kundtsche Röhre 28</p> <p>1.48 Wasser aus einer Flasche gießen 28</p> <p>1.49 Meeresrauschen in einer Muschel 28</p> <p>1.50 Sprechen und Flüstern 28</p> <p>1.51 Singen unter der Dusche 29</p> <p>1.52 Gläser zersingen 29</p> <p>1.53 Heulender Wind 29</p> <p>1.54 Singendes Rohr 29</p> <p>1.55 Musikalische Drähte 30</p> <p>1.56 Der pfeifende Teekessel 30</p> <p>1.57 Anblasen einer Flasche 30</p> <p>1.58 Polizeipfeife 31</p> <p>1.59 Pfeifen mit dem Mund 31</p> <p>1.60 Grammophontrichter 31</p> <p>1.61 Rundpfeife 31</p> <p>1.62 Größe von Tiefton- und Hochtonlautsprechern 31</p> <p>1.63 Die „Flüstertüte“ 32</p> <p>1.64 Baßtöne aus kleinen Lautsprechern 32</p> <p>1.65 Das Geheul von Rennwagen und Artilleriegeschossen 32</p> <p>1.66 Orientierung der Fledermäuse 32</p> <p>1.67 Hören der Brownschen Molekularbewegung 32</p> <p>1.68 Wenn die Funkstreife kommen muß 33</p> <p>1.69 Geräusche einer V-2-Rakete 33</p> <p>1.70 Party-Effekt 33</p> |
|---|--|---|

1.71 Die eigene Stimme auf Tonband 33 1.72 Feststellen der Schallrichtung 34 1.73 Überschallknall 34 1.74 Gewitterdonner 34 1.75 Tiefkühlworte 34 1.76 Dunkle Schatten auf Wolken 35 1.77 Peitschenknallen 35	2.16 Was wiegt die Zeit? 40 2.17 Druckregler 40 2.18 Ballspielereien 41 2.19 Blockierende Bremsen 41 2.20 Profillose Reifen 41 2.21 Autorennen 41 2.22 Ein gleitender Stab 42 2.23 Beschleunigen und Bremsen in einer Kurve 42 2.24 Anfahren eines Wagens 42 2.25 Verlassen auf dem Eis 42 2.26 Mit einem Wagen, einem Fahrrad oder einem Zug eine Kurve fahren 43 2.27 Billard 43 2.28 Tricks mit dem Superball 44 2.29 Stabilität des Fahrrads 44 2.30 Hula-Hoop 45 2.31 Ein Fahrrad in Balance halten 45 2.32 Ein Cowboy und sein Lasso 45 2.33 Ein Buch herumwirbeln 45 2.34 Tanzende Ringe 46 2.35 Eskimorolle 46 2.36 Große Reifen 46 2.37 Autos auf Abwegen 46 2.38 Reifen auswuchten 46 2.39 Auf dem stillen Örtchen 46 2.40 Hüpfende Steine 47 2.41 Differentialgetriebe 48 2.42 Motor eines Rennwagens 48 2.43 Seiltänzer 48 2.44 Zaubertrick mit einer Flasche 48 2.45 Katzen fallen immer auf die Beine 48 2.46 Skifahren 48 2.47 Jo-jo 49 2.48 Judo 49 2.49 Geschoßdrall 49	2.50 Ein schiefer Turm aus Büchern 49 2.51 Zusammenbrechende Schornsteine 50 2.52 Die Schlacht bei den Falklandinseln und die Dicke Bertha 50 2.53 Das Beersche Gesetz der Erosion 50 2.54 Pirouetten auf dem Eis 50 2.55 Bumerang 51 2.56 Auf der Schaukel 51 2.57 Soldaten auf einer Brücke 51 2.58 Weihrauchschwingen 52 2.59 Querrinnen auf Straßen 52 2.60 Schlingertank 53 2.61 Umgekehrtes Pendel und Einradfahrer 53 2.62 Federpendel 53 2.63 Die Glocke, die nicht läuten wollte 54 2.64 Pendelnde Uhren 54 2.65 Erderschütterungen in der Nähe eines Wasserfalls 54 2.66 Die Hand verprellen 54 2.67 Pfeil und Bogen 54 2.68 Magische Windmühle 55 2.69 Charakter eines Kreisels 56 2.70 Diabolo 56 2.71 Eiertanz 56 2.72 Aufsässige Kelten 56 2.73 Ein Kreisel steht kopf 57 2.74 Eine Seite des Mondes 57 2.75 Beobachtungssatelliten über Moskau 57 2.76 Eine Achterbahn zum Mond 58 2.77 Erde und Sonne streiten sich um den Mond 58 2.78 Der indische Kartentrick 58 2.79 Luftwiderstand erhöht die Satellitengeschwindigkeit 58
2 Das Walroß spricht über klassische Mechanik		
2.1 Gehen oder Rennen im Regen 37 2.2 Einen Ball im Flug fangen 37 2.3 Entscheidung vor einer Ampel 37 2.4 Den Kricketschläger bereithalten 37 2.5 Bremsen oder eine Kurve fahren? 38 2.6 Das Geheimnis eines guten Golfspielers 38 2.7 Springbohnen 38 2.8 Springen 38 2.9 Babe Ruth einen langsamen Ball vorlegen 39 2.10 Karate 39 2.11 Ein ganzes Sortiment von Hämmern 39 2.12 Weiche und harte Bälle 39 2.13 Schwere Schläger 39 2.14 Zappelphilipp 39 2.15 Purzelbaum eines Schnelkäfers 40		

3 Fieberphantasien und andere Alpträume der Nacht	3.25 Löcherbildung in Wolken 65 3.26 Wolken im Gebirge 66 3.27 Kugelförmige Wolke bei der Explosion einer A-Bombe 66	3.60 Der höchste Berg 74 3.61 Fernöstliches 74 3.62 Siedepunkt des Wassers 74 3.63 Salzurückstände 75 3.64 Tauchvogel 75 3.65 Tanzende Wassertropfen 76
3.1 Die gutgebaute Stewardess 60 3.2 Backe, backe Kuchen . . . 60 3.3 Das Wetterhäuschen 60 3.4 Brunnen und Stürme 60 3.5 Ein Ballon bläst den anderen auf 60 3.6 Gefahren des Alkohols 61 3.7 Schnelles Auftauchen in Notlagen 61 3.8 Zugige Höhlen 61 3.9 Zeitplan für das Auftauchen 62 3.10 Heißes Wasser, das sich selbst abdreht 62 3.11 Platzende Rohre 62 3.12 Fieberthermometer 63 3.13 Erwärmen eines Gummibandess 63 3.14 Geschwindigkeit der Uhrzeiger 63 3.15 Schwingungen in einem U-Rohr 63 3.16 Fahrradpumpe 64 3.17 Vegetation auf Hügeln 64 3.18 Föhn macht krank 64 3.19 Der Geist aus der Flasche 65 3.20 Kühlung durch Wind in einem offenen Wagen 65 3.21 Das Tal des Todes 65 3.22 Es ist kalt auf dem Gipfel eines Berges 65 3.23 Teils heiter, teils bewölkt 65 3.24 Pilzwolke 65	3.28 Verbrennt die Sonne Wolken? 66 3.29 Mammawolken 67 3.30 Die Ursache des Nebels 67 3.31 Atemhauch 67 3.32 Kondensstreifen 67 3.33 Salzwasserblasen 67 3.34 Zug eines Kamins 68 3.35 Lagerfeuer 68 3.36 Zigarettenrauch 68 3.37 Rauchender Schornstein 69 3.38 Schattierungen im Eis 69 3.39 Gefrierendes Wasser 69 3.40 Gefrierendes warmes und kaltes Wasser 69 3.41 Gewitter 70 3.42 Von der Kälte gefangen 70 3.43 Eis einwickeln 70 3.44 Gefrorenes 70 3.45 Skifahren 70 3.46 Eislauf 71 3.47 Schneelawinen 71 3.48 Schneeballschlacht 71 3.49 Hilfe bei Glatteis 72 3.50 Salzen von Eis 72 3.51 Frostschutzmittel 72 3.52 Frösteln 72 3.53 Einfrieren des Vergasers 72 3.54 Wie schmeckt Polareis? 73 3.55 Wozu ein Topfdeckel gut ist 73 3.56 Eine Ofentür kurz öffnen 73 3.57 Wasser rettet das Gemüse 73 3.58 Eiskeller 73 3.59 Bratspieß 74	3.66 Geysire 76 3.67 Kaffeemaschine 77 3.68 Dampfheizkörper 77 3.69 Über glühende Kohlen laufen 77 3.70 Klopfbende Heizungsrohre 78 3.71 Einwickeln von Lebensmitteln in Aluminiumfolie 78 3.72 Alte Glühbirnen 78 3.73 Wie heiß ist „glühend heiß“ 78 3.74 Der Kühlschrank als Klimaanlage 78 3.75 Dunkle Kuchenformen 79 3.76 Archimedes' Todesstrahlen 79 3.77 Spielzeugdampfer 79 3.78 Kalt und warm fühlen 79 3.79 Weiße Kleidung in den Tropen 80 3.80 Nostalgie am Küchenherd 80 3.81 Jahreszeiten 80 3.82 Temperatur bei einem Raumspaziergang 81 3.83 Gewächshaus 81 3.84 Frieren 81 3.85 Isolieren von Heizungsrohren 82 3.86 Gewitter und Windrichtung 82 3.87 Magische Finger 82 3.88 Wolkenförmige Insekten-schwärme 82 3.89 Garnelenwolken 83 3.90 Hitzschlag 83

3.91 Kein kalter Kaffee 84 3.92 Farbentwicklung bei Polaroidfilm 84 3.93 Wärmeinseln 84 3.94 Gesamte kinetische Energie in einem geheizten Raum 84 3.95 Rauchfeuer in einer Obstplantage 85 3.96 Eine wärmende Schneedecke 85 3.97 Feuer durch eine A-Bombe 85 3.98 Wachsende Kristalle 85 3.99 Symmetrie der Schneeflocken 85 3.100 Zwei anziehende Backerbsen 85 3.101 Einen Acker bestellen 85 3.102 Flüssigkeitsoberflächen 86 3.103 Steigende Säfte in Bäumen 86 3.104 Stalagmiten aus Eis 86 3.105 Die Steine selbst, so schwer sie sind . . . 86 3.106 Frostaufbrüche 87 3.107 Erden von Ziegelmauern 87 3.108 Seifenblasen 87 3.109 Seifenblasen im Wasser 88 3.110 Verlöschende Kerze 88 3.111 Lausbubenstreiche 88 3.112 Sicherheitsgrubenlampe 88 3.113 Muster in eingetrocknetem Schlamm 89 3.114 Wärmerisse im Boden 89 3.115 Hexenringe 89 3.116 Das Leben und der zweite Hauptsatz 89	4 Seeschlacht in der Teetasse 4.1 Die Nordsee aufhalten 91 4.2 Durch einen Schnorchel atmen 91 4.3 Blutdruckmessung 91 4.4 Letzte Schleuse im Panamakanal 91 4.5 Wasserstand im Panamakanal 91 4.6 Auftrieb eines Stunden-glases 91 4.7 Ein Boot versinkt 91 4.8 Aufgerollter Wasserschlauch 92 4.9 Im Trockendock 92 4.10 Stabile Lage eines Untersee-bootes 92 4.11 Schwimmende Quader 92 4.12 Schwimmschule für Fische 93 4.13 Umgedrehtes Glas mit Wasser 93 4.14 Schwimmende Wasserleichen 93 4.15 Stabilität eines umgedrehten Glases mit Wasser 93 4.16 Die nie versiegende Salzwasserfontäne 93 4.17 „Salzfinger“ 94 4.18 Salz als Schwingungserreger 94 4.19 Dünnerwerden eines Wasserstrahls 94 4.20 Verkaufspraktiken eines Staubsaugervertreeters 94 4.21 Ein folgsamer Ball 95 4.22 Balancieren auf einem Wasserstrahl 95 4.23 Ei im Wasserstrahl 95	4.24 Ein Löffel unter einem Wasserstrahl 96 4.25 Wasserzerstäuber 96 4.26 Eisenbahnzüge 96 4.27 Ventilatorabdeckung und Höhleneingang eines Präriedes 96 4.28 Insektenleichen auf der Winschutzscheibe 97 4.29 Flatternde Fahnen 97 4.30 Stabilisierung von Rennwagen 97 4.31 Wie ein Flugzeug Höhe gewinnt 98 4.32 Sturzflug eines Flugzeuges 98 4.33 Gegen den Wind segeln 98 4.34 Fliegende Untertassen 98 4.35 Der Traum vom Fliegen 99 4.36 Kreiselbewegung eines Golfballes 99 4.37 Flettners seltsames Schiff 99 4.38 Starker Luftzug unter einem Gebäude 100 4.39 Gefürchtete Bälle 100 4.40 Kurvenwerfen mit einem glatten Ball 100 4.41 Wellen im Wasser 100 4.42 Riesenwellen 100 4.43 Schaumkronen 101 4.44 Geschwindigkeit von Booten 101 4.45 Wasserläuferkäfer 101 4.46 Schiffswellen 102 4.47 Wellen an Kanten 102 4.48 Brandung 103 4.49 Gleiten auf seichtem Wasser 103 4.50 Surfing 103 4.51 Tümmeler als Schiffsbegleiter 103 4.52 Gezeiten 104
--	---	---

4.53 Sonne kontra Mond 104	4.80 Wechselwirkung zwischen sinkenden Gegenständen 112	4.106 Wanderdünen 120
4.54 Folgen der Reibung durch die Gezeiten 104	4.81 Seltsame Luftwirbel im Wasser 112	4.107 Wasserspülereien 120
4.55 Schaukelwellen 105	4.82 Verhaltensforschung bei Fischen 113	4.108 Ölflecken auf der Straße 121
4.56 Flußhochwasser durch Gezeiten 105	4.83 Eine windige Sache 113	4.109 Linien auf der Oberfläche eines Sees 121
4.57 Gezeiten in der Bay of Fundy 106	4.84 Der Einsturz der Tacoma-Narrows Brücke 113	4.110 Milch ist gesund 121
4.58 Abgestufte Wasserhöhe 107	4.85 Turbulenzen 114	4.111 Öl auf die Wogen gießen 121
4.59 Stehende Wellen in ausfließendem Wasserstrahl 107	4.86 Gangfehler einer Uhr im Hochgebirge 114	4.112 Organische Substanzen auf der Meeresoberfläche 122
4.60 Bogenförmige Wellenausläufer 107	4.87 Drahtsieb im Wasserhahn 114	4.113 Spritzende Milchtropfen 122
4.61 Ekman-Spirale 107	4.88 „Schnelle“ Schwimmbecken 114	4.114 Wasserglocke 122
4.62 Starke Meeresströmungen 108	4.89 Schwingungen an einem Wasserüberlauf 114	4.115 Wasserscheiben 123
4.63 Teeblätter 108	4.90 Löcher in Fallschirmen 115	4.116 Zusammenfließende Wasserstrahlen 123
4.64 Flußmäander 108	4.91 Geschwindigkeit eines treibenden Bootes 115	4.117 Pfeffer und Seife 123
4.65 Aufsteigender Ball in rotierendem Wasser 108	4.92 Schneezäune 115	4.118 Dosenbier 123
4.66 Tinte und wozu man sie gebrauchen kann 109	4.93 Schneewehen 115	4.119 Schnapstränen 124
4.67 Wirbel im Abfluß einer Badewanne 109	4.94 Stromlinienförmige Tragflächen 115	4.120 Aquaplaning 124
4.68 Tornados und Wasserhosen 109	4.95 Aerodynamik beim Skilauf 116	4.121 Schwimmende Wassertropfen 124
4.69 Sturm in der Sprudelflasche 109	4.96 Golfball mit Grübchen 116	4.122 Der Tanz der Suppen 124
4.70 Wirbel in der Kaffeetasse 109	4.97 Gestutzte Flügel 116	4.123 ... des Springquells flüssige Säule 124
4.71 Staubwirbel 109	4.98 Die Lerche schwingt sich in die Luft ... 117	4.124 Eiweiß steigt an einem Stab empor 124
4.72 Feuerstürme 110	4.99 Drachen 117	4.125 Flüssigkeitskringel 125
4.73 Dampfwhirbel 110	4.100 Wolkenstraßen 117	4.126 Margarine unterm Messer 125
4.74 Tintenringe 110	4.101 Spitzendeckchen auf der Kaffeetasse 118	4.127 Kennen Sie Blobo? 125
4.75 Gespenstischer Sog 110	4.102 Sanddünen 118	4.128 Überraschende Eigenschaften von zähen Flüssigkeiten 126
4.76 Heiße und kalte Luft in einem Wirbelrohr 111	4.103 Rauchringe 119	4.129 Eine Flüssigkeit klettert aus dem Glas 126
4.77 Vogelflug 111	4.104 Waschbrettmuster im Sand 119	4.130 Treibsand 126
4.78 Münzen im Brunnen 111	4.105 Siphon 120	4.131 Eine Farbmischung entmischen 126
4.79 Rennwagen im Windschatten 111		

5 Die Modefarben der Saison		
5.1 Taucherbrille 129 5.2 Der Unsichtbare 129 5.3 Spiele in der Badewanne 129 5.4 Bild einer Münze im Wasser 129 5.5 Fische im Aquarium 130 5.6 Geisterbilder an Doppelfenstern 130 5.7 Eine optische Täuschung 130 5.8 Die Paläste der Fee Morgana 130 5.9 Oase als Fata Morgana 131 5.10 Luftspiegelung an einer Mauer 131 5.11 Luftspiegelungen in der Atmosphäre 132 5.12 Einwegspiegel 132 5.13 Roter Mond 132 5.14 Geisterbild 132 5.15 Vielfachspiegelungen 133 5.16 Ein grüner Schein von der Sonne 133 5.17 Beugung eines Lichtstrahls 133 5.18 Formänderung bei Sonne und Mond 134 5.19 Ein blaues Band am Horizont 134 5.20 Reflexionen 30° über dem Horizont 134 5.21 Der Mond spiegelt sich im Wasser 134 5.22 Glänzende schwarze Stoffe 134 5.23 Schatten stehen kopf 135	5.24 Lochkamera 135 5.25 Sonnenfinsternis 135 5.26 Heiligenschein 135 5.27 Rückstrahler am Fahrrad 135 5.28 Braune Flecke auf Blättern 136 5.29 Strahlenkranz um den Schatten eines Kopfes 136 5.30 Katzenaugen im Dunkeln 136 5.31 Am Tag als der Regen kam 136 5.32 Regenbogenfarben 136 5.33 Reines Rot in einem Regenbogen 137 5.34 Zusätzliche Regenbogen 137 5.35 Dunkler Himmel zwischen den Regenbogen 137 5.36 Polarisation des Regenbogens 137 5.37 Regenbogen vom Mondlicht 137 5.38 Entfernung eines Regenbogens 137 5.39 Regenbogenpfeiler 137 5.40 Sich spiegelnde Regenbogen 138 5.41 Regenbogen im Tau 138 5.42 Nebensonnen 138 5.43 Der 22°-Halo 139 5.44 Nebelbogen 139 5.45 Lichtsäulen 139 5.46 Andere Bögen und Sonnenhöfe 140 5.47 Kronenblitz 141 5.48 Polarisiertes Licht von Autoscheinwerfern 140 5.49 Polarisierte Brillengläser 140 5.50 Polarisation am Himmel 140 5.51 Farbige Eisblumen 140	5.52 Zellophan zwischen zwei Polarisationsfiltern 141 5.53 Flecke auf der Heckscheibe 142 5.54 Optische Fähigkeiten von Sirup 142 5.55 Flieg nur aus in Wald und Heide 142 5.56 Magische Sonnensteine 143 5.57 Haidingersche Büschel 143 5.58 Farborgien am Abendhimmel 143 5.59 Der blaue Himmel 144 5.60 Purpurlicht in der Abenddämmerung 144 5.61 Tiefblauer Zenit 144 5.62 Gürtel der Venus 144 5.63 Grüne Straßenlaternen und rote Christbaumlichter 144 5.64 Hell wie der lichte Tag 144 5.65 Gelbe Skibrillen 145 5.66 Mit dem Ofenrohr . . . nach den Sternen sehen 145 5.67 Farbe der Seen und Meere 145 5.68 Die Farben des Himmels 145 5.69 Der Mond ist aufgegangen 145 5.70 Weiße Wolken 145 5.71 Von Wolken gestreutes Sonnenlicht 145 5.72 Landkarte am Himmel 146 5.73 Perlmutterwolken 147 5.74 Spieglein, Spieglein an der Wand 147 5.75 Strahl eines Suchscheinwerfers 147 5.76 Zodiakallicht und Gegenchein 147 5.77 Lichtstreifen auf der Windschutzscheibe 148

5.78 Dunstglocke 148 5.79 Aureole 148 5.80 Korona 149 5.81 Korona hinter einer zugefrorenen Fensterscheibe 149 5.82 Bischofsring 149 5.83 Korona um Straßenlaterne 149 5.84 Blauer Mond 149 5.85 Gelbe Nebelscheinwerfer 149 5.86 Von den blauen Bergen kommen wir 150 5.87 Schatten in einer Pfütze 150 5.88 Die Farbe von Milch im Wasser 150 5.89 Blauer Dunst 150 5.90 Rauch eines Lagerfeuers 150 5.91 Farben von Ölflecken und Seifenblasen 150 5.92 Farbeffekte 150 5.93 Flüssige Kristalle 151 5.94 Bunte Schmetterlingsflügel 151 5.95 Dunkle Linie zwischen zwei Fingern 151 5.96 Abstrakte Kunst 151 5.97 Strahlende Sterne 151 5.98 Poissonscher Fleck 152 5.99 Schattenbänder bei einer Sonnenfinsternis 152 5.100 Schattenbänder bei Sonnenuntergang 152 5.101 Reflektiertes Licht mit Randstreifen 152 5.102 Das Flimmern der Sterne 152 5.103 Bleichen durch Licht 153 5.104 Schweben im Licht 153 5.105 Licht durch einen Schirm gesehen 153	5.106 Die Farbe der Sterne 154 5.107 Leuchtende Wirbelstürme 154 5.108 Leuchtender Zucker 154 5.109 Sonnenbräune und Sonnenbrand 154 5.110 Glühwürmchen 155 5.111 Andere leuchtende Organismen 155 5.112 Lichtempfindliche Sonnengläser 156 5.113 Magische Poster 156 5.114 Lichtumwandlung 156 5.115 Maserung 156 5.116 Die Zauberkraft Ihrer Stimme 156 5.117 Optische Täuschungen durch Sonnenbrillen 157 5.118 Kreiselnde Bilder 157 5.119 Sterngucker 158 5.120 Blaue Bogen auf der Retina 157 5.121 Imaginäre Bilder 158 5.122 Aufleuchten von Straßenlampen 158 5.123 Flecke vor den Augen 159 5.124 Purkinjesche Schattenbilder 159 5.125 Morgenstund' 159 5.126 Purkinjescher Farbeffekt 159 5.127 Mache Streifen 160 5.128 Farbeindrücke 161 5.129 Fingerfarben 161 5.130 Farben auf einer schwarz-weiß gemusterten Scheibe 161 5.131 Farbeffekte von Leuchtstofflampen 162 5.132 Schwimmende Bilder auf dem Fernsehschirm 162 5.133 3-D-Filme, -Postkarten und -Poster 162	5.134 Vergrößerung des Mondes 163 5.135 Buddhas Strahlen 163 5.136 Verbindungslinie Sonne – Mond 163 5.137 Gebogener Lichtstrahl 164 5.138 Optische Täuschung an einer Ampel 164 5.139 Schneeblindheit 164 5.140 Die Welt von oben 164 5.141 Reflexion bei einer Christbaumkugel 164 5.142 Moiré 165
		6 Der verrückte Roboter und der Zauberring
		6.1 Die Elektrizität ist eine geheimnisvolle Kraft ... 167 6.2 Froschschenkel 167 6.3 An einer stromführenden Leitung hängenbleiben 167 6.4 Elektrischer Aal 167 6.5 Kochen mit Mikrowellen 168 6.6 Wie schnell ist der elektrische Strom? 168 6.7 Aufgeladener Hosenboden 168 6.8 Kelvinscher Wassertropfer 168 6.9 Elektrisches Feld und Wasserstrahlen 169 6.10 Durch Schnee aufgeladene Drahtzäune 169 6.11 Leuchten von Klebefilm 169

6.12 Puderzucker 169 6.13 Ketten an Tankfahrzeugen 169 6.14 Aufladung beim Duschen 169 6.15 Ein positives Gefühl durch negative Ladung 169 6.16 Kein Sturz in die Tiefe 170 6.17 Sandburgen 170 6.18 Frischhaltefolie 170 6.19 Geld zieht an 170 6.20 Magnetfeld und Wasserwaage 170 6.21 Schweben durch Magnetismus 170 6.22 Rotieren im Schatten eines Magneten 170 6.23 Tachometer 171 6.24 Magnetisches Perpetuum mobile 171 6.25 Radio- und Fernsehempfangsbereich 171 6.26 Kristalldetektor 172 6.27 Bildstörungen durch Flugzeuge 172 6.28 Autoantennen für Mittelwellenempfang 172 6.29 Wellensalat 172 6.30 Aurora, das himmlische Feuerwerk 172 6.31 Atmosphärisches Pfeifen 174 6.32 Blitze 174 6.33 Erdfeld 174 6.34 Formen des Blitzes 175 6.35 Kugelblitz 175 6.36 Blitze begleiten eine H-Bombe 176 6.37 Vulkanische Blitze 176 6.38 Blitze bei einem Erdbeben 176 6.39 Der Franklinsche Drachen 176 6.40 Blitzableiter 177	6.41 Buchen sollst du suchen, Eichen sollst Du weichen 177 6.42 Blitzeinschläge in Flugzeugen 177 6.43 Regenschauer nach einem Blitzschlag 178 6.44 Des Kaisers neue Kleider 178 6.45 Vom Blitz getroffen 178 6.46 Elmsfeuer 179 6.47 Einen Blitzschlag überleben 179 6.48 Das Glühen der Anden 179 6.49 Elektrisches Stiftrad 179 6.50 Das große Klagelied über Hochspannungsleitungen 180	7.11 Fußabdrücke im Sand 186 7.12 Ein mit Wasser und Sand gefüllter Ballon 186 7.13 Das Korn im Sack kaufen 186 7.14 Strahlendosis in einem Flugzeug 186 7.15 Astronauten sehen Blitze 186 7.16 Röntgenstrahlen entdecken alte Meister 187 7.17 Nuklearer Feuerblitz 187 7.18 Schutzschirm aus Energie 187 7.19 Reibung 187 7.20 Das fließende Dach 187 7.21 Sprünge 188 7.22 Korrosion von Chrom 188 7.23 Silberputzen 188 7.24 Klebrige Finger 188
	7 Das Walroß hat das letzte Wort und hinterläßt uns ausgesuchte Leckerbissen.	Stichwortverzeichnis 189
	7.1 Antrieb von UFOs 182 7.2 Mittelalterliche Himmelfahrt 182 7.3 Das Olberssche Paradoxon 183 7.4 Wolken leuchten in der Nacht 183 7.5 Wünschelrute 184 7.6 Schneewellen 184 7.7 Fixpunkt-Theorie 184 7.8 Die Geheimwaffe der Chinesen 185 7.9 Eischnee 185 7.10 Einen Klebefilm abziehen 185	

Der fliegende Zirkus der Physik

1

Unter einer Decke verborgen den Ungeheuern zuhören

