Zeitschrift: Pestalozzi-Kalender
Herausgeber: Pro Juventute
Band: 80 (1987)

Rubrik: Technik Magazin

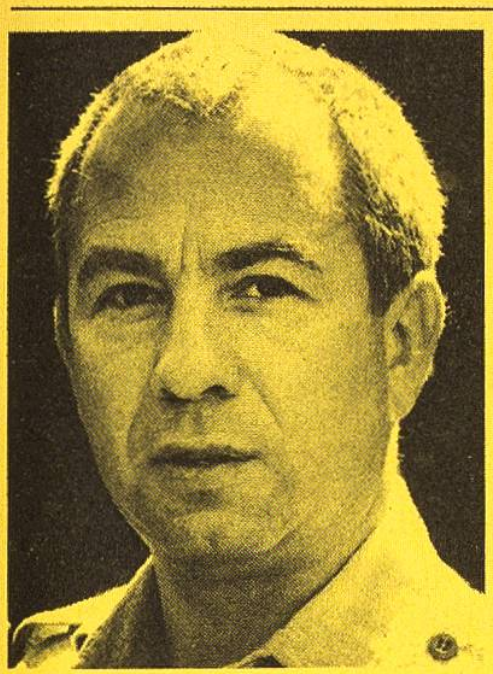
Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. 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: 21.08.2025

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



TECHNIK MAGAZIN

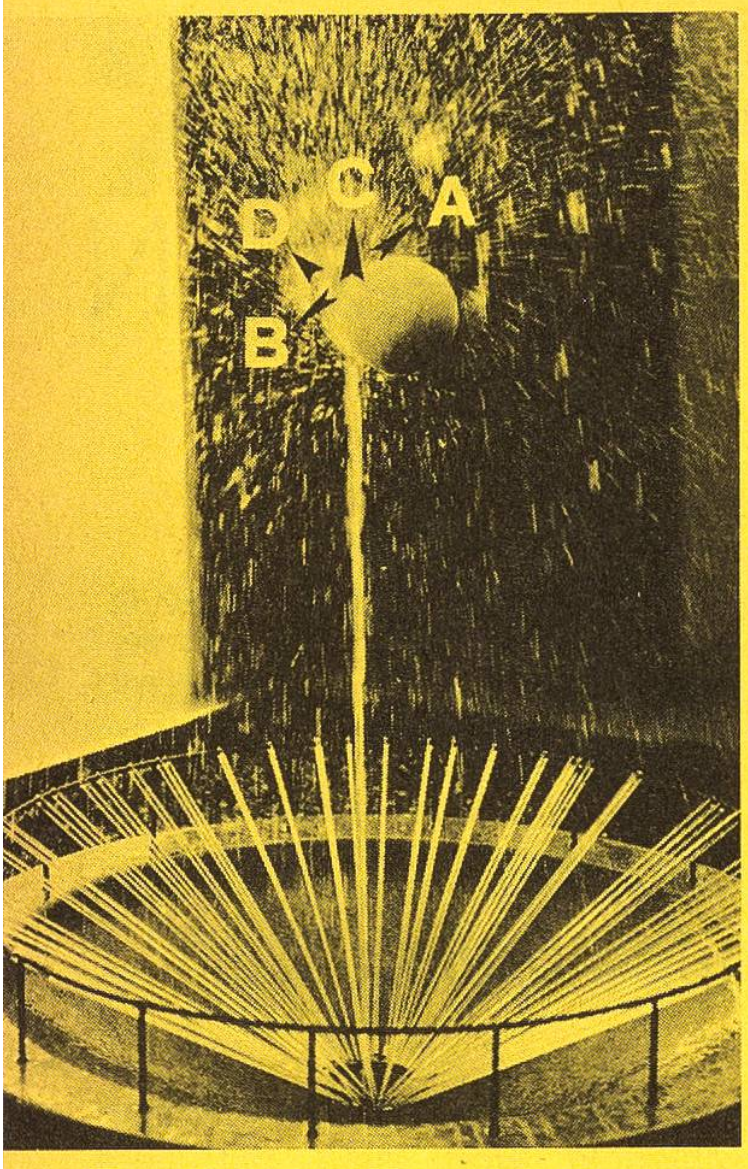
Jürg Harry Meyer
Wissenschaftspublizist
Redaktor der Beilage VERKEHR+TECHNIK
des Tages-Anzeigers, Zürich

Das Geheimnis der tanzenden Bälle

Der Ping-Pong-Ball, der im Luftstrom eines Haar-Föns tanzt, ist ein immer wieder verblüffendes «Kunststück». Nicht ganz so leicht fällt es, eine etwa tennisballgrosse Schaumstoffkugel an senkrechtem Wasserstrahl auf und nieder tanzen zu lassen. Letzteres geht vor allem in der Wohnung nicht, weil's dabei rundum reichlich spritzt. Beide Phänomene scheinen ähnlich, auf den ersten Blick verwandt. Doch zu erklären sind sie grundverschieden.

Die Kräfte, die den Ball im Luftstrom halten, selbst wenn dieser um einen beträchtlichen Winkel aus der Senkrechten ausgeschwenkt wird, sind mit dem Gesetz zu erklären, das nach dem Basler Daniel Bernoulli (1700—1782), einem der grössten Physiker und Mathematiker seiner Zeit, benannt ist. Bernoulli zeigte: Wird ein Gas beschleunigt, nimmt sein Druck ab.

Hinter der angeströmten Kugel verwirbelt sich die Luft. Innerhalb dieser Wirbelzone ist die Strömungsgeschwindigkeit höher, der Druck also niedriger. Unten, aus Richtung der Anströmung, herrscht Überdruck, auf der Gegenseite ein Sog, das hält den Ball gegen die Schwer-



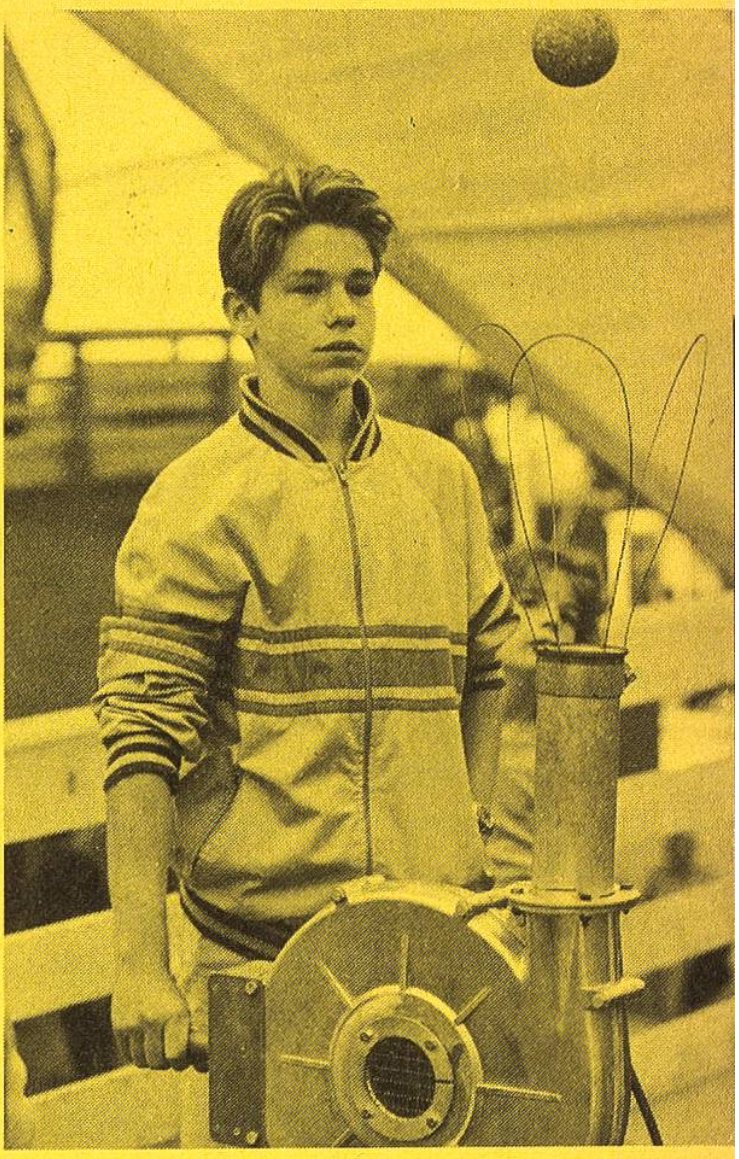
Der aufsteigende Wasserstrahl versetzt den Ball in Rotation. Ein Teil des Strahls wird umgelenkt und beim tangentialen Wegspritzen zur Quelle der Gegenkraft B, die den Ball zum Strahl hin zieht. Die Hebekraft kommt aus dem Strahl.

kraft in der Schwebe. Doch auf Grund des gleichen Prinzips kann er auch nicht nach den Seiten hin entkommen. In seinem Zentrum bewegt sich der Luftstrom schnell (kleiner Druck), am Rande langsamer (höherer Druck), gebremst durch die Reibung am Austrittsrohr und darnach an der umgebenden Luft. Versucht der Ball, zum Rand hin auszuweichen, drängt ihn der dort herrschende höhere Druck sofort wieder gegen das Zentrum zurück.

Der andere Ball dagegen, der heftig rotierend am senkrechten Wasserstrahl auf und nieder tanzt und dabei seitlich an ihm zu kleben scheint, wird auf andere Art an seinem Platz gehalten: Durch Haftkräfte zwischen Balloberfläche und Wasser sowie durch die Reaktionskraft der wegspritzenden Tröpfchen.

Lässt man den Ball in den Fangtrichter — wie ihn unser Bild zeigt — rollen, drückt ihn der Wasserstrahl zunächst von sich weg. Damit trifft er ihn exzentrisch und versetzt ihn in rasche Rotation. Infolge des sogenannten **Coanda-Effekts** bleibt ein Teil des emporschiessenden Wasserstrahls an der Balloberfläche haften und wird durch deren Rotation in Drehrichtung umgelenkt. Man könnte dies mit einem Sprinter vergleichen, der entlang einem sich langsamer bewegenden Geländer läuft und dieses

plötzlich mit einer Hand fasst. Durch die Bremswirkung seines Griffs (Haftkraft) wird der Sprinter nach seitlich vorn gegen das Geländer gedrückt, dadurch zusätzlich abgebremst und nun vom sich bewegenden Geländer (= rotierender Ballumfang) mitgezogen.
Dem Sprinter entsprechen die umgelenkten Wassertröpfchen. Diese vermögen sich an der Balloberfläche nicht lange zu halten. Sie spritzen tangential weg, die meisten in ungefährer Richtung des Pfeiles A in unserem Bild. Nach dem Naturgesetz jedoch, dass jede Kraft eine gleich grosse Gegenkraft erzeugt («actio = reactio»), ergibt sich eine am Ball angreifende Gegenkraft in Richtung des Pfeiles B. Diese hält den Ball am Strahl, aus dem die senkrecht hebende Kraftkomponente (Pfeil C) kommt. Kombiniert man die beiden Kräfte B und C, ergibt sich als Resultierende eine schräg nach oben und zum Strahl hin gerichtete Kraft, in der Photo angedeutet durch den Pfeil D. Sie ist es, die den in den Fangtrichter eingegebenen Ball liftartig emporzieht und oben am Strahl «kleben» lässt.

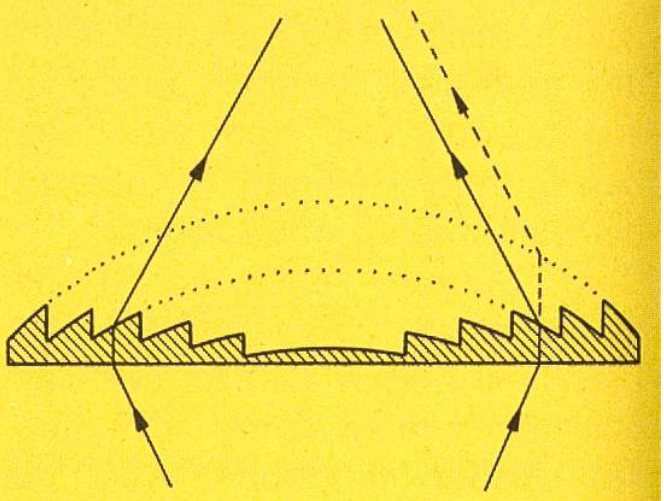


Der Luftstrom mit dem in ihm schwebenden Ball lässt sich um einen beträchtlichen Winkel aus der Senkrechten auslenken. Der Ball fällt erst dann aus der Strömung, wenn die Erdanziehung (Schwerkraft) die «einmittende» Kraft überwiegt.

Bekannte unbekannte Linse

Der Begriff «Fresnel-Mattscheibe» oder «Fresnel-Linse» ist zumindest jedem Photoamateur geläufig, der sich etwas eingehender für Spiegelreflexkameras interessiert. Eine gewöhnliche Mattscheibe aus Milchglas lässt das Sucherbild gegen die Ränder und namentlich die Ecken hin stark abdunkeln. Eine Fresnel-Mattscheibe, erkenntlich an einem feinen Muster konzentrischer Ringe, bündelt die Randstrahlen gegen die optische Achse hin und bewirkt so ein gleichmässig helles Sucherbild.

Durch eine grosse Fresnel-Linse, wie sie hier in einem Bild zu sehen ist, können sich zwei gegenüberstehende Personen stark vergrössert betrachten. Diese flache Riesenlupe hat im Alltag Pendants in Form wohlfeiler Taschenlupen für Anwendungszwecke, bei denen nur mässige Ansprüche an Bildgüte gestellt werden. Bekannt sind auch die entsprechend strukturierten Folien, die man auf (Auto-) Scheiben kleben kann, und die dann ein weitwinkliges Bild liefern. Wie aber funktioniert denn eine solche Fresnel-Linse?



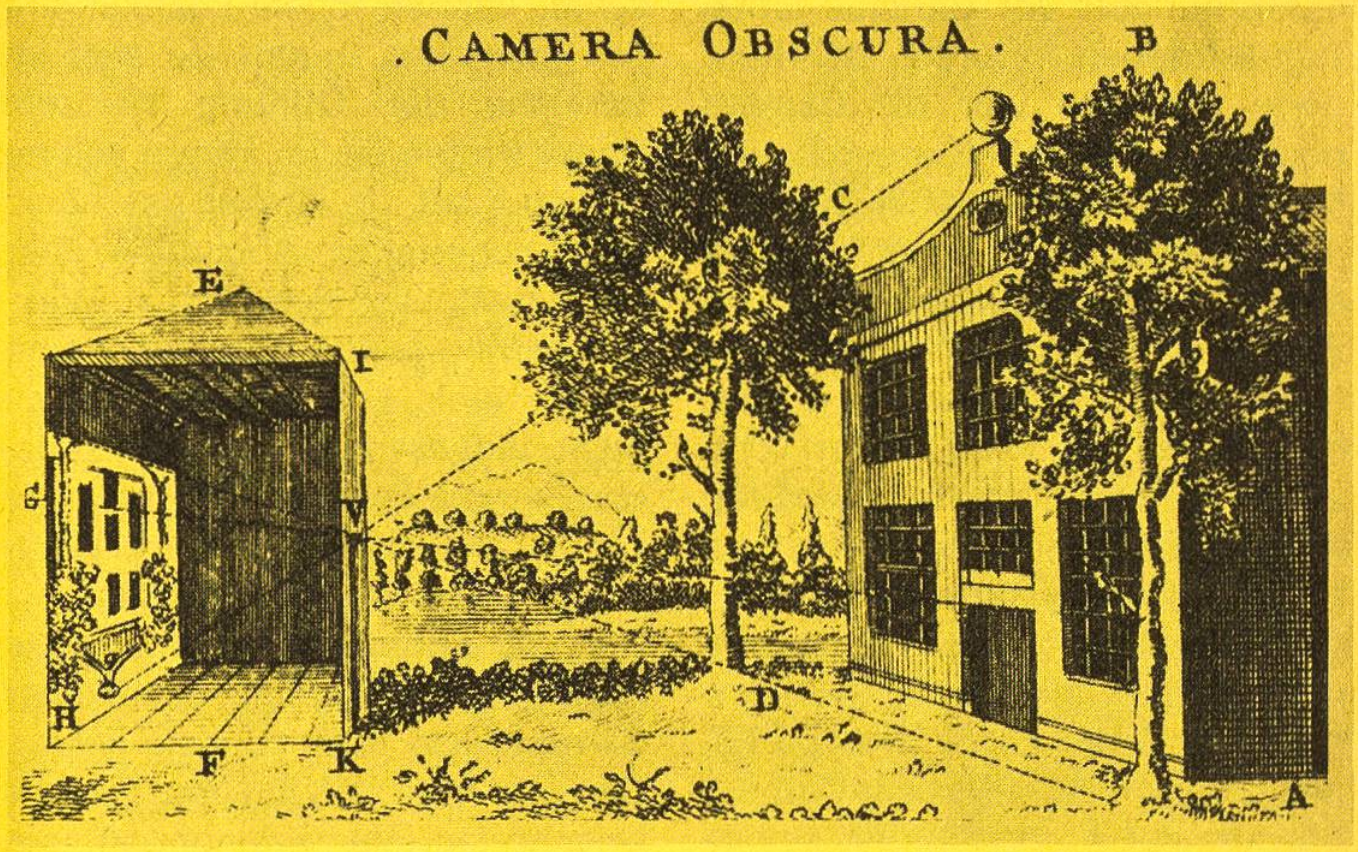
Das Querschnitt-Schema macht's deutlich: die Oberseite einer jeden Stufe der Ringlinse ist ein Ausschnitt aus der Wölbung der entsprechenden konventionellen Linse. Die Tiefersetzung der Strahlenaustrittspunkte führt jedoch zu einer Parallelverschiebung der austretenden Strahlen. Damit diese sich trotzdem in einem Brennpunkt treffen, sind gewisse Korrekturen an der Stufenlinse nötig.

Ein Blick auf unsere Schemazeichnung macht das Prinzip rasch klar. Die Fähigkeit einer optischen Linse, Lichtstrahlen zu brechen, hängt einerseits von **ihrer Form** und anderseits von der Zusammensetzung ihres Glases ab. Letztere kann hier aus dem Spiel gelassen werden. Unser Beispiel geht von einer

Bei grossem Durchmesser und damit hoher Lichtstärke extrem flache Bauweise, das sind die Vorzüge der Stufenlinsen nach Fresnel. Die riesige Fresnellinse, die hier einen Photographen in recht ungewohnten Proportionen zeigt, besteht aus einer leichten, flachen Plexiglasscheibe und wiegt den Bruchteil einer vergleichbaren konventionellen Glaslinse. ▶

Sammellinse aus. Je stärker die von ihr verlangte Wirkung (Brechkraft), desto stärker muss man ihre Oberfläche ein- oder beidseitig krümmen. Umso dicker wird die Linse dadurch in der Mitte.
Ihre Dicke macht die Linse schwer und trägt zum optischen Effekt nichts bei. Letzterer bleibt grundsätzlich erhalten, wenn man dieselbe Linse in zahlreiche konzentrische, ringförmige Stufen aufteilt und die Stufen in ihrer Höhe einander angleicht. Entscheidend ist nur, dass die Oberflächen der Stufen etwa gleichsinnig zur ursprünglichen Linsenkrümmung verlaufen. Zusätzliche Korrekturen der Stufenkrümmumg sind in der Praxis allerdings nötigt, um die Parallelverschiebung der austretenden Strahlen, bedingt durch die Tiefersetzung der Strahlenaustrittspunkte, auszugleichen. Sonst treffen sich die Strahlen nicht in einem Brennpunkt.
Aufgrund der Bauweise spricht man von Ring- und Stufenlinsen. Solche konstruierte als erster der französische Physiker Augustin Jean Fresnel (1788—1827), der namentlich durch seine exakte Begründung der Wellentheorie des Lichts in die Geschichte der Wissenschaften eingegangen ist. Fresnel war unter anderem Sekretär der Kommission für die Leuchttürme. Von ihm konstruierte grosse Stufenlinsen aus Prismenringen zur scharfen Lichtbündelung sind heute noch in alten Leuchttürmen zu finden.
Scharfer Lichtbündelung dienen auch die Stufenlinsen von Scheinwerfern. Diesbezüglich verbreitetste Anwendung hat das Prinzip bei Autoscheinwerfer-Gläsern gefunden. Eine spezielle Bauart ist die Gürtellinse, die im Extremfall eine zum Zylinder gebogene Ringlinse darstellt. Ein solcher Gürtellinsenzylinder mit der Lichtquelle in seinem Innern erzeugt ein horizontales 360°-Lichtbündel. Praktische Anwendungsbeispiele sind Leuchtfeuer, die von allen Seiten her dauernd und in gleicher Weise sichtbar sein müssen. Bei Befeuerungen von Landungsstegen und Positionslichtern von Schiffen werden häufig Gläser verwendet, die Ausschnitte aus Gürtellinsen darstellen.

Besuch in einer Camera obscura



Das Prinzip der Camera obscura in einer alten Darstellung: Die vom Gebäude rechts ausgehenden Lichtstrahlen können nur ins Innere der Lochkamera (links) gelangen, indem sie sich im Bereiche der mit V bezeichneten kleinen Öffnung kreuzen. Deshalb steht das an die Rückwand der Camera obscura projizierte Abbild auf dem Kopf.

Stellen wir uns einen kleinen, freistehenden Raum vor, einen Pavillon, völlig dunkel, ohne Fenster. Nur in der Mitte seiner Vorderfront sitzt ein kleines, vielleicht fingergrosses Loch. Gegenüberliegend ist die Wand einheitlich weiss getüncht. Wenn man den Pavillon betritt, müssen die Augen sich erst an die Dunkelheit gewöhnen. Allmählich erkennt man dann auf der weissen Wand ein lichtschwaches Bild, auf dem Kopf stehend und seitenverkehrt zwar, aber doch unverkennbar die Szene vor dem Pavillon zeigend. Menschen laufen kopfunter vorbei — verblüffend auch für den, der die naturwissenschaftliche Erklärung kennt.

Der lateinische Begriff «camera obscura», von dem sich unsere heutige Bezeichnung der Photokamera herleitet, bedeutet «dunkle Kammer». Die Entdeckung, dass ein kleines Loch genügt, um auf einer gegenüberliegenden Fläche

ein Abbild der Aussenwelt zu erzeugen, wird dem altgriechischen Philosophen Aristoteles, der im 4. Jahrhundert vor Christus lebte, zugeschrieben. Durch Jahrhunderte hindurch war die Camera obscura nicht nur Kuriosität und Mittel zu wissenschaftlichen und philosophischen Studien, sie diente auch durchaus praktischen Zwecken: Namentlich in transportabler Form wurde sie von Malern als Zeichenhilfe benützt. Den lichtschwachen Konturen mit dem Skizzenstift zu folgen, beschleunigte künstlerische Entwürfe erheblich. Gleichwohl ging das manchem noch nicht schnell genug. Viel vergeblicher Eifer wurde dem Bemühen geopfert, das Bild der Camera obscura auf irgend eine Art selbsttätig und dauerhaft festzuhalten. Der erste, dem das mit Hilfe der Chemie gelang, war der Franzose Nicéphore Niépce, der als Erfinder der Photographie in die Geschichte eingegangen ist. Mit einer auf handlichere Dimensionen verkleinerten Camera obscura nahm er im Jahre 1826 die älteste heute noch erhaltene Photographie auf eine mit Asphalt beschichtete Platte auf, ein Bild, das den Ausblick aus einem Fenster seines Hauses zeigt. Die Belichtungszeit betrug etwa 8 Stunden!

Lichtstrahlen pflanzen sich gradlinig fort. Daraus ergibt sich die Erklärung, warum das Bild in einer Camera obscura kopfsteht. Die Lichtstrahlen beispielsweise vom Scheitel und den Zehen eines Menschen können in die Lochkamera nur gelangen, indem sie sich im Bereiche der Öffnung kreuzen. Damit treffen sie im Innern seitenverkehrt auf. Je kleiner das Loch, desto schärfer die Abbildung, aber auch desto lichtschwächer. Wirklich befriedigende Abbildungsgüte bringt eine Lochkamera freilich nicht. Indessen: Schon eine einfache Sammellinse, an die Stelle des Lochs gesetzt, verbessert Lichtstärke und Bildgüte augenfällig.

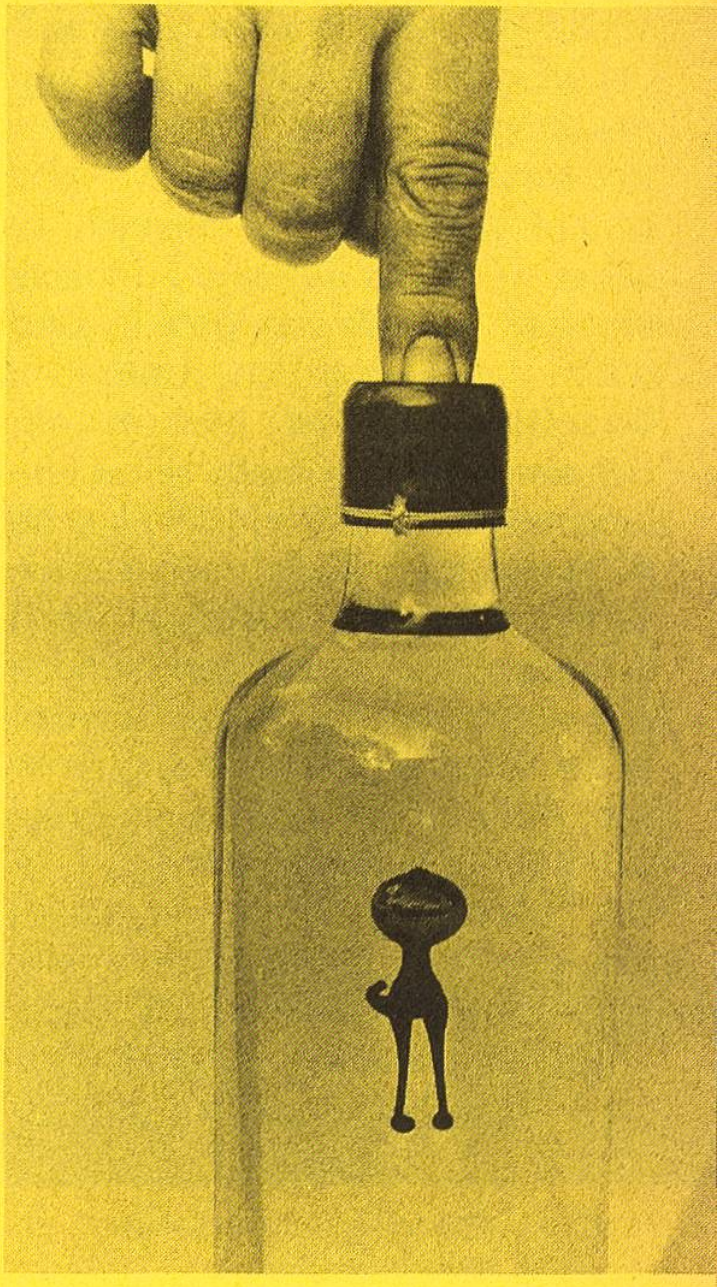
Doch für photographische Zwecke zeigt auch die Abbildung mit einer Sammellinse noch zu viele Fehler. Diese würden sich auf dem Film als Unschärfen, Verzeichnungen und Farbsäume bemerkbar machen. Solchen Fehlern einer Einzellinse lässt sich entgegenwirken, indem man Sammel- und Zerstreuungslinsen zu mehreren so kombiniert, dass sie ihre unerwünschten Eigenschaften gegenseitig kompensieren, unterdrücken. So entsteht ein Objektiv. Hochwertige Photoobjektive sind komplizierte Konstruktionen, die auf umfangreichen, ohne Computerhilfe kaum zu bewältigenden, Rechnungen basieren.

Der Taucher des Renatus Cartesius

Ein ebenso reizvolles wie lehrreiches Experiment ist der Kartesianische Taucher. In einer bis obenhin wassergefüllten Flasche, dicht verschlossen mit einem Gummipfropfen, schwimmt ein kleines Teufelchen aus Glas. Drückt man mit dem Finger auf den elastischen Verschluss, beginnt das gläserne Männchen zu sinken. Steht es auf dem Grund, genügt Nachlassen des Drucks, um es wieder aufsteigen zu lassen.

Das «kartesianische Teufelchen» — so benannt nach dem französischen Philosophen und Mathematiker René Descartes (1596—1650), lateinisch Renatus Cartesius — war einst ein sehr bekanntes Kinderspielzeug, noch früher gar ein vielbestaunter Zaubertrick. Denn der kartesianische Taucher folgt scheinbar jedem Befehl seines Herrn. Er taucht, wenn ihm dies geheissen wird, und steigt genau so folgsam wieder in die Höhe. Naiven Zuschauern fällt nicht auf, dass der «Zauberkünstler» dabei einen unmerklichen Druck auf den Flaschenverschluss ausübt.

Warum schwimmt ein Schiff? Schon der altgriechische Mathematiker Archimedes, der 250 Jahre



Der auf den Gummipfropfen ausgeübte Fingerdruck überträgt sich auf das Wasser in der Flasche. Der mit einer Öffnung versehene kartesianische Taucher füllt sich dadurch stärker, verliert an Auftrieb und sinkt.

vor Christus lebte, formulierte das entsprechende physikalische Gesetz exakt: Der Auftrieb, den ein eingetauchter Körper erfährt, ist gleich dem Gewicht der von ihm verdrängten Flüssigkeit. Verdrängt ein Körper mehr Wasser, als er selber wiegt, schwimmt er. Verdrängt er weniger, sinkt er.

Der kartesianische Taucher — das ist auf unserem Bild deutlich zu sehen — ist bis auf eine Luftblase im Kopf mit Wasser gefüllt. Und durch ein Loch im Unterleib, beispielsweise wie hier in der Schwanzspitze — steht seine Füllung mit dem Wasser in der Flasche in Verbindung. Durch seine Wasserfüllung ist der Taucher so exakt ausgewogen, dass er gerade noch schwimmt. Das heisst, das Gewicht des Wasser, das er verdrängt, also sein Auftrieb, ist ganz wenig grösser als sein Eigengewicht.

Übt man nun auf die mit einem Gummipfropf verschlossene Flasche einen leichten Druck aus, überträgt sich dieser auf das Wasser in der Flasche. Durch die Öffnung im Schwanz wird zusätzliches Wasser in das Teufelchen gepresst, die Luftblase in seinem Kopf verkleinert sich, es verdrängt weniger Wasser, sein Auftrieb nimmt ab, das Teufelchen sinkt. Verringert man den Fingerdruck, presst die nun unter Spannung stehende Luftblase im Kopf das Wasser wieder aus, die Wasserverdrängung nimmt damit zu, das Teufelchen steigt wieder auf.

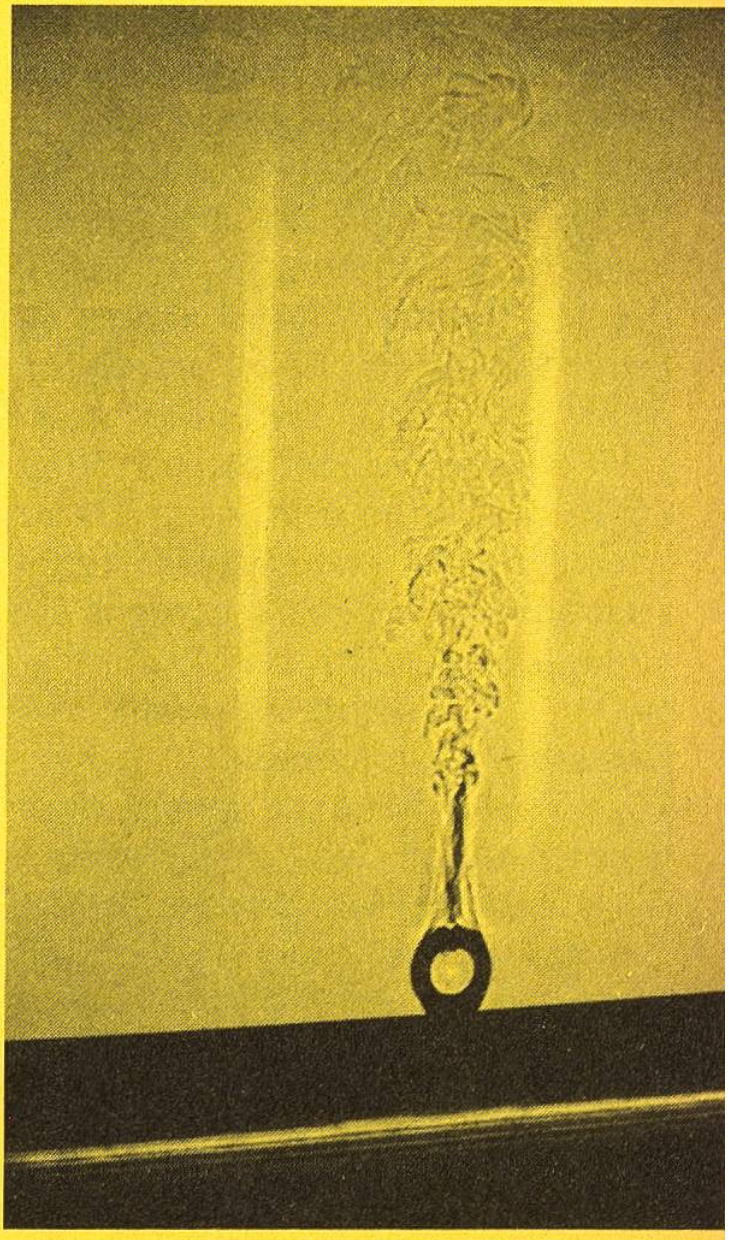
Genau nach diesem Prinzip tauchen Unterseeboote. Diese sind so ausgewogen, dass sie nur mit einem geringen Teil ihres Volumens über die Wasseroberfläche ragen. U-Boote sind mit speziellen Tauchtanks versehen, die, wenn eine Tiefenfahrt angetreten werden soll, geflutet, das heisst mit Wasser gefüllt werden. Zum Wiederaufsteigen lässt man Pressluft in die Tauchtanks strömen die das Wasser austreibt. Damit wird der Auftrieb wieder grösser als das Bootsgewicht. Das Tauchboot kehrt zur Oberwelt zurück.

Wie entsteht eine Fata Morgana?

Die Versuchsanordnung wirkt recht simpel: Am Grunde eines wassergefüllten, von scharfem Licht durchstrahlten Glasbehälters sitzt ein Tauchsieder. Schaltet man ihn ein, verändert sich das Schattenbild, das vom Licht auf eine rückwärtige Projektionsfläche geworfen wird. Von der Heizspirale beginnen Schlieren aufzusteigen, langsam wogende und wirbelnde Strukturen.

Zugrunde liegt dem Phänomen die Naturgesetzlichkeit, dass durch Erwärmung das Volumen eines Stoffes zu-, und damit seine Dichte (spezifisches Gewicht) abnimmt. Ein gespannter Eisendraht dehnt sich bei Erhitzung aus, hängt durch und strafft sich beim Abkühlen wieder. Auch das am Tauchsieder erhitzte Wasser dehnt sich aus, wird dadurch leichter als das kältere Umgebungswasser und steigt auf. Jedoch, warum kann man das sehen?

Warmes und **kaltes** Wasser lenken Lichtstrahlen in unterschiedlicher Stärke von ihrer ursprünglichen Ausbreitungsrichtung ab. Je dichter das Wasser, desto stärker die Lichtbrechung, **verursacht durch Verlangsamung der Lichtgeschwindigkeit** im dich-



Am Boden eines wassergefüllten Glasbehälters sitzt ein Tauchsieder. Das von ihm erwärmte Wasser, das durch die Wärme leichter wird und aufsteigt, bricht das durchstrahlende Licht schwächer als das kältere Wasser der Umgebung. Die unterschiedliche Lichtbrechung führt im Schattenbild zu deutlich kontrastierenden, streifigen Strukturen. Diese nennt man Schlieren.

teren Medium. Im Vakuum ermittelt sich die Lichtgeschwindigkeit zu rund 300 000 km pro Sekunde. In Luft, Wasser oder Glas ist sie geringer. **Je dichter** das Medium, **desto langsamer** breitet sich das Licht in ihm aus, **desto stärker** also wird das Licht gebrochen.

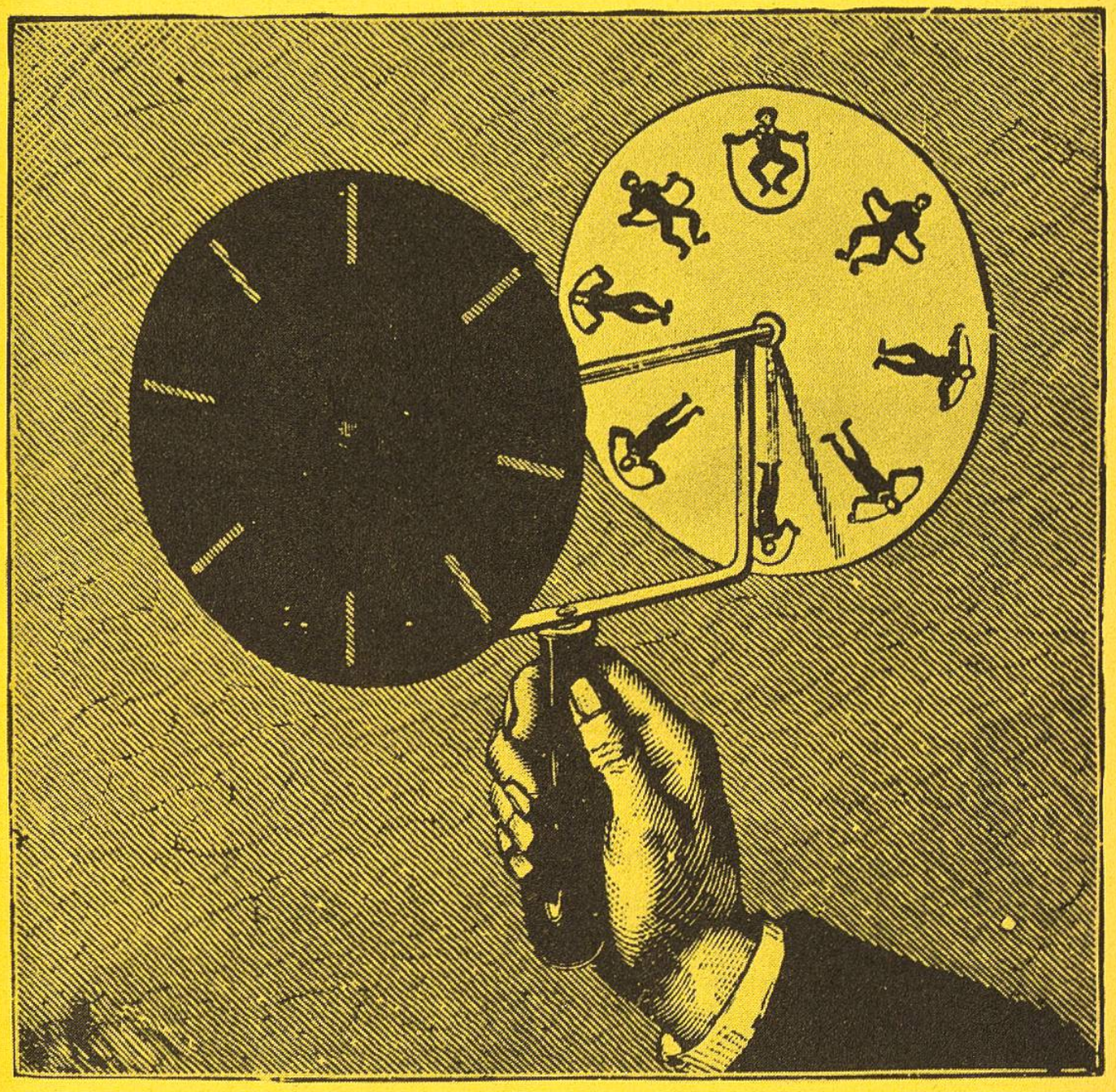
Die Regel ist, dass zunehmende Abkühlung auch die Dichte entsprechend erhöht. Doch aufgepasst: Gerade Wasser macht da eine Ausnahme. Es ist am dichtesten bei +4°C. Darunter nimmt seine Dichte wieder ab, sein Volumen zu. Darum schwimmt Eis auf dem Wasser, und Eisberge ragen mit etwa 10% ihres Volumens aus dem Meer empor. Das Phänomen wird als «Dichte-Anomalie des Wassers» bezeichnet.

Der Eisberg hat aber noch zusätzlichen Auftrieb, weil er aus leichterem Süsswasser besteht, jedoch im Meer in einer Salzlösung schwimmt. Auch in Wasser gelöste Stoffe erhöhen die Dichte, das ist von blossem Auge leicht zu sehen. Gibt man in ein klarwandiges Glas ein Stück Steinsalz oder Würfelzukker, kann man gegen Licht in der Lösungszone deutlich Schlieren erkennen.

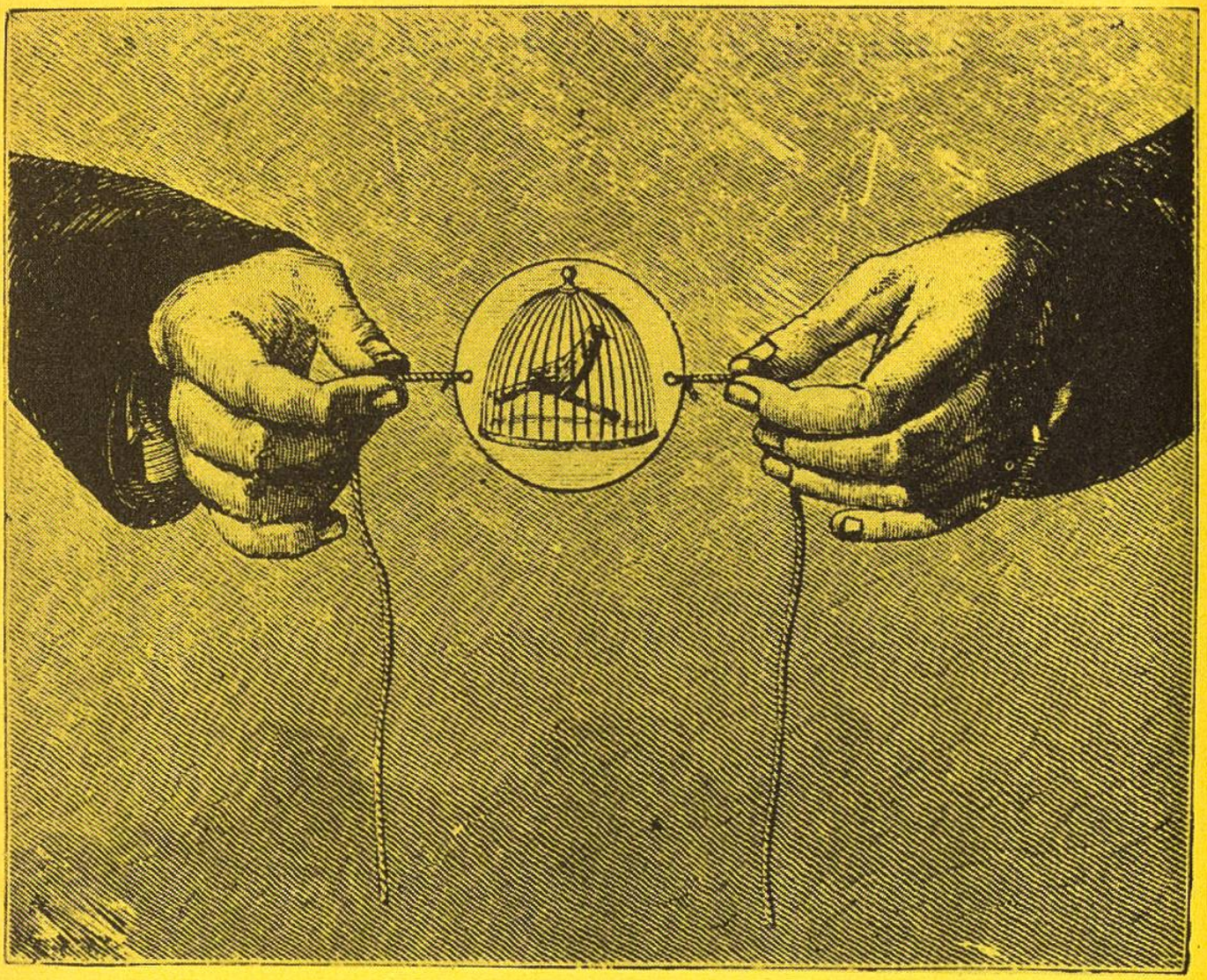
Unterschiedliche Temperatur, unterschiedliche Konzentration, aber auch unterschiedlicher Druck, all das führt zu Dichteunterschieden und damit zu Schlierenbildung. Ein photographisches Spezialverfahren, die sogenannte Schlieren-Photographie, wird unter anderem dazu eingesetzt, von Geschossen und schnellfliegenden Flugzeugen erzeugte Luftwellen sichtbar zu machen.

Schlieren in kälterer Luft über einem heissen Blechdach sind eine vertraute Alltagserscheinung. Grossräumige Luftschichten unterschiedlicher Temperatur in der Atmosphäre können durch ihre verschiedene Brechkraft zu Spiegeln werden, die weit entfernte, auch **unter** dem Horizont liegende Objekte reflektieren. Solche Spiegelungen, in Wüsten als Fata Morgana bekannt, sind auch über dem Meer relativ häufig. Je nach den Reflexionsbedingungen erscheinen die Spiegelbilder über den Horizont erhoben oder unter ihn abgesenkt, aufrecht- oder kopfstehend, nie aber seitenverkehrt. Eine auch in gemässigten Breiten sehr bekannte Erscheinung entsprechender Art: Nahe über stark besonnten, heissen Strassen löst sich Fernsicht in flimmerndem Schlierengebrodel auf. Nicht gar so selten aber kommt es auch zu echter Spiegelung von Himmelslicht, das dann auf trockener Fahrbahn Wasser vortäuscht.

Die Anfänge der bewegten Bilder



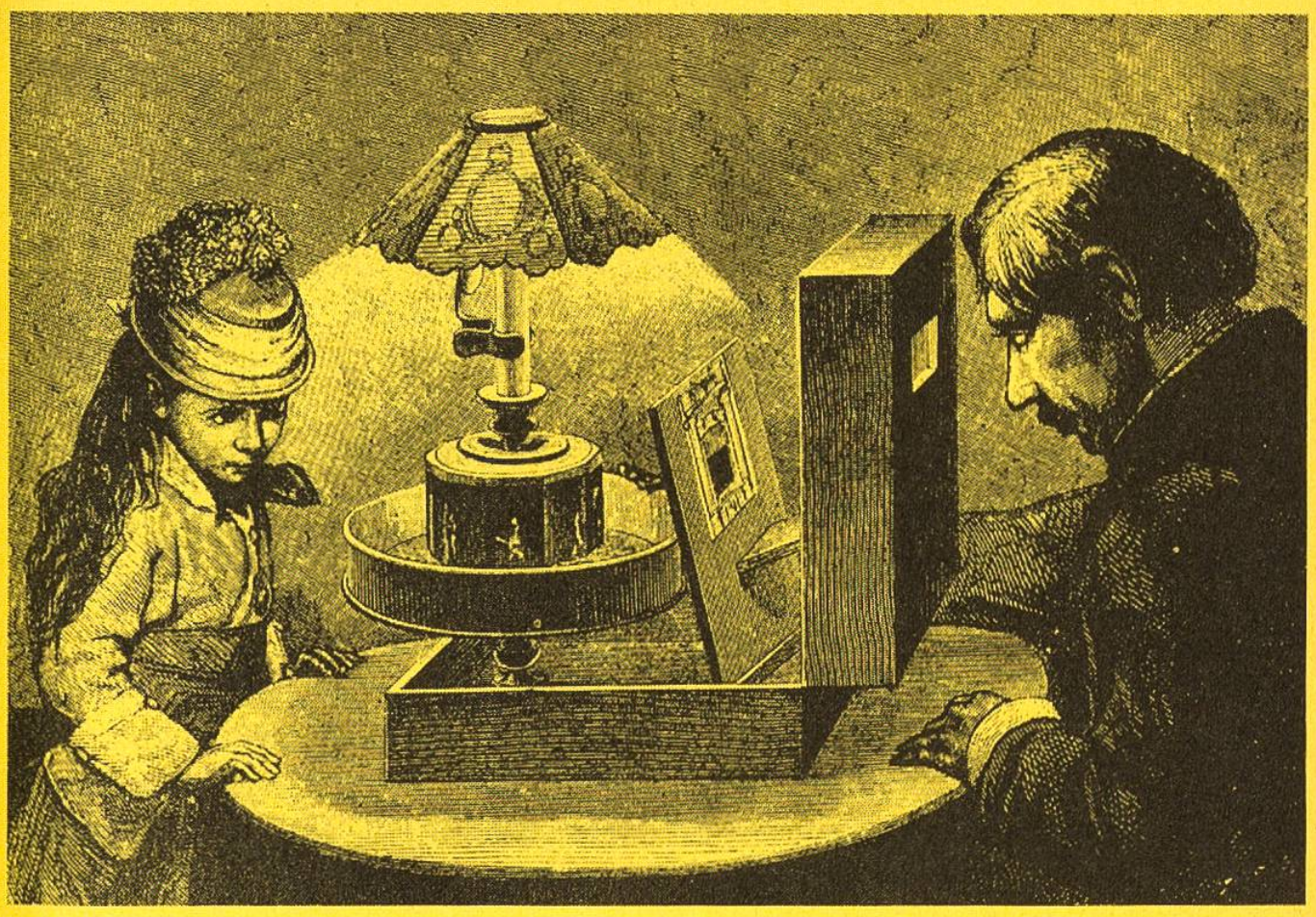
Stroboskop mit zwei gegenläufigen Scheiben in einer zeitgenössischen Abbildung. Da schnell aufeinanderfolgende Elektronenblitze Bewegungsabläufe in Einzelphasen zerlegt auf den Film bannen, wurde dafür der Ausdruck Stroboskop-Blitztechnik geprägt.



Zwischen zwei Schnur-Enden wird das Thaumatrop wirbelnd gedreht. Vogel und leerer Käfig sind getrennt auf die beiden Seiten der «Wunderscheibe» gezeichnet. Der schnelle Wechsel der zwei Einzelbilder kann von uns nicht wahrgenommen werden. Das Gehirn macht aus dem Seheindruck «Vogel im Käfig».

Dass Kinobilder unsern Augen einen wirklichkeitsnahen, lebendigen Eindruck vermitteln, beruht auf dem Umstand, dass wir Bilder, die schneller als 1/10 Sekunde aufeinanderfolgen, nicht mehr als Einzelbilder wahrnehmen, sondern als kontinuierlichen Ablauf. Das Prinzip deutete schon das 1826 erfundene **Thaumatrop** an, die zwischen zwei Schnur-Enden gehaltene «Wunderscheibe», deren Vorderseite beispielsweise ein Vogel, die Rückseite ein Käfig zierte. Liess man die Scheibe wirbeln, sah man den Vogel im Käfig sitzend.

1832 erfand der belgische Philosoph und Wissenschafter Joseph Plateau sein **Phänakistoskop**, wenig später der Österrei-



Beim Praxinoskop wurden die Bilder von der Zylinderinnenwand über eine im Zentrum angeordnete Spiegeltrommel nach schräg oben reflektiert. Durch eine Visiereinrichtung, wie rechts dargestellt, betrachtet, schienen sich die Figuren gleichsam auf einer kleinen Bühne zu bewegen.

cher Simon Ritter von Stampfer eine im Prinzip identische Vorrichtung, das **Stroboskop**. In einer Scheibe, die sich auf waagrechter Achse dreht, sind in gleichmässigen Abständen radial angeordnete Schlitze ausgestanzt, während die Zwischenräume mit einer Figur bedruckt oder bemalt sind, die einen Bewegungsablauf in Stufen zeigt. Der Betrachter dreht die Scheibe und hält sie sich so vor ein Auge, dass sein Blick durch die Schlitze auf einen gegenüberliegenden Spiegel fällt, in dem er die Figuren auf der Vorderseite der Scheibe erkennen kann.

Die Sehschlitze sind in ihrer Funktion nichts anderes als Sektorenblenden — entsprechend jenen in

Filmkameras und -Projektoren. Diese Blenden geben den Blick auf die Figuren nur für einen kurzen Augenblick frei und verhindern damit den optischen Eindruck des Verwischens. Eine andere Bauart des Stroboskops verwendet statt des Spiegels zwei in einem Abstand hintereinander angeordnete Scheiben, eine Schlitz- und eine Figurenscheibe, die sich gegenläufig drehen.
W. G. Horner aus Bristol drehte das Stroboskop in die Horizontale, indem er die Schlitzblenden in einem rotierenden Zylinder anbrachte. Durch die Schlitze blickt man von aussen auf die gegenüberliegende Zylinderinnenwand, auf der sich die Figuren befinden. Auch Horners Erfindung geht auf die Jahre 1832 oder 34 zurück und hiess damals **Daedaleum** oder Lebensrad. Doch richtig populär wurde dieses erst ab 1867, als es in den Vereinigten Staaten unter der Bezeichnung **Zoetrop** auf den Markt kam. Eine Verbesserung des Zoetrops war schliesslich das **Praxinoskop**, das die Bilder von der Zylinderinnenwand über im Zentrum angeordnete Spiegel nach schräg oben reflektiert und einen gleichmässigeren Bewegungseindruck vermittelt. Das Praxinoskop liess sich 1877 Emile Reynaud in Paris patentieren.
Stroboskope sind nicht bloss Spielzeuge. Schon Plateau verwendete das stroboskopische Prinzip zum Studium schnellablaufender periodischer Bewegungen, namentlich von Schwingungen tönender Körper. Betrachtet man beispielsweise die Enden einer schwingenden Stimmgabel durch eine Scheibe, deren Schlitze so rasch rotieren, dass gleichzeitig mit jeder vollen Schwingung eine Öffnung das Auge passiert, so scheinen die Enden unbeweglich zu verharren. Variiert man die Rotationsgeschwindigkeit leicht, sieht das Auge durch jeden folgenden Spalt die Stimmgabel in einem leicht veränderten Schwingungszustand, und die Stimmgabelenden scheinen langsam hin und her zu schwingen.