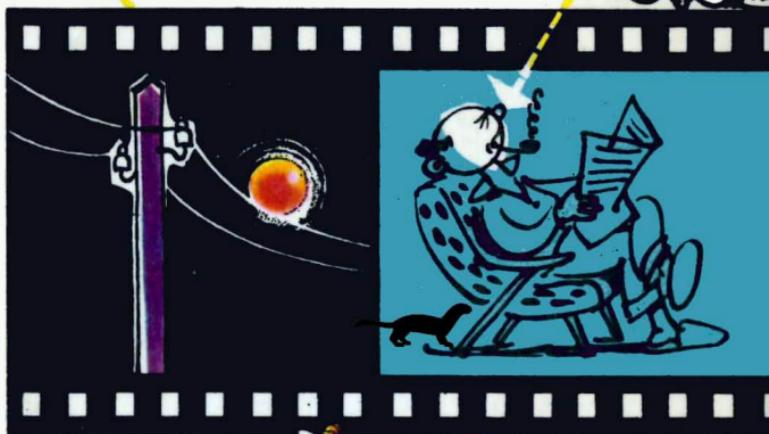


OLAF KANNENBERG



**Auf den
Spuren des Lichts**



BAND 2

OLAF KANNENBERG

AUF DEN SPUREN
DES LICHTS



DER KINDERBUCHVERLAG BERLIN

Einband: Heinz-Karl Bogdanski · Illustrationen: Kurt Josephski
Alle Rechte vorbehalten · Lizenz-Nr. 304-270/235/58-(11-VII B)
Satz: Sachsen Druck Plauen
Druck und Einband: (III/9/1) Sächsische Zeitung Dresden N 23
2. Auflage · 9 F

INHALTSVERZEICHNIS

Lebensalter: Fünf Milliarden Jahre	7
Das Feuer des St. Elmo	13
Leuchtzeit: $\frac{1}{1000}$ Sekunde	16
Der leuchtende Vorhang	20
Das Licht im Moor	24
Die Glühwürmchen-Zeltlaterne	28
Und der Mond?	33
Der unbekannte Rekordläufer	36
Wie schnell sind die Lichtstrahlen?	39
Das getäuschte Auge	48
Spiegeltricks	53
Das Bild im Spiegel	56
Spieglein, Spieglein an der Wand	58
Das Bild in der Luft	60
Der Scheinwerfer des Kraftwagens	64
Das reflektierte Licht	65
Die Milchlampe	67
Die Fata morgana	70
Der Lichtbrunnen	72
Der Maler mit den schönsten Farben	74
Schwingende Farben	79
Die unsichtbaren Brüder	88
Heinzelmännchen der Technik	89
Bräunende Strahlen	94
Die Biene sieht mehr	96

Ultra- und infrarote Strahlen	98
Die Visitenkarte der Stoffe	102
Im Hüttenwerk	103
Das Spektrum der Sonne	106
Lichtstrahlen verraten Elemente	111
Das künstliche Auge	115
Wie das Bild entsteht	119
Warum so viele Typen?	121
Der Lichtstrahl als Zeichner	123
Der Schnellseher und das tönende Licht	130
Das scharfe Auge des weißen Mannes	140
Das wirkliche Bild	151
Wir sehen räumlich	157
Im Stereo-Kino	158
Der Breitwandfilm	164



Lebensalter: Fünf Milliarden Jahre

Hell leuchtend hebt sich der Zeitungskiosk von dem dunklen Hintergrund der Bahnhofsmauer ab. Unmittelbar neben ihm schwingen die Türen des Einganges, durch den die eiligen Großstädter drängen. Im Vorbeigehen wechseln am Kiosk Zeitungen und Geldstücke ihre Besitzer. Ehe das Blatt in der Rocktasche verschwindet, überfliegt das Auge rasch die Zeilen der ersten Seite.

„... erlebt am Dienstag, dem ..., unsere Stadt das seltene Schauspiel einer teilweisen Sonnenfinsternis. Sie beginnt ...“

Sonnenfinsternis! Was ist das eigentlich? Ach ja, da schiebt sich doch der Mond zwischen die Sonne und die Erde, und sein Schatten fällt auf die Erde.

Schnell werden zu Hause dunkle Gläser hervorgesucht oder Glasscheiben berußt, um damit die Sonne betrachten zu können. Zum angegebenen Zeitpunkt stehen wir dann am Fenster oder auf der Straße und warten auf das seltene Ereignis. Bald schiebt sich ein dunkler Fleck, von rechts kommend, vor die Sonnenscheibe. Es macht Mühe, ihn zu erkennen; denn der Unterschied zwischen ihm und der grellen Sonnenfläche ist zu groß, so daß man etwas geblendet wird.

Die Silhouette des Mondes wird immer größer. Nehmen wir nun einmal das Glas von den Augen und schauen uns um, dann können wir eine Veränderung feststellen. Eigenartig fahl ist das Licht geworden, und es hat den Anschein, als müßte gleich etwas Fürchterliches geschehen. Die Vögel fliegen unruhig umher, und auch wir, die wir wissen, daß in ungefähr 20 Minuten alles vorbei sein wird, können uns einer gewissen Beklemmung nicht erwehren. Urplötzlich erhebt sich auch ein Wind. Niemand weiß, woher er kommt — er ist auf einmal da und bestärkt durch sein plötzliches Erscheinen noch den ungewöhnlichen Eindruck. Wir denken ein wenig nach und haben bald heraus, wie der Wind entstanden ist.

Im Mondschatten wird es kühler, während außerhalb dieses Schattens die Temperatur durch die Sonnenstrahlung bestehenbleibt oder sogar noch ansteigt. Dieser Temperaturunterschied ruft dann eine heftige Luftströmung, nämlich den Wind, hervor.

Unterdessen hat sich die Sonne weiter verfinstert, und das Tageslicht ist noch blasser geworden. Wir überlegen, was geschehen würde, wenn die Sonne verdeckt bliebe, wenn die Sonnenstrahlen nicht mehr zur Erde gelangen könnten.

Sehr schnell ginge die Lufttemperatur zurück. Die von der Sonne nicht mehr beschienene Erde könnte keine Wärme an die Luft abgeben, so daß sich unser Planet abkühlen würde. Dadurch lösen sich wieder die Wolken auf, die wie eine Bettdecke dafür sorgen, daß die Wärme nicht ins Weltall abgestrahlt wird. Nun sinkt die Quecksilbersäule noch schneller. Jetzt machen sich auch bei den Pflanzen Erscheinungen bemerkbar, die wir nicht erwartet haben. Den meisten Menschen ist wenig von der Bedeutung des Lichtes für die Pflanzen bekannt. Mit ihrem feinen Wurzelwerk saugen sie das Wasser aus der Erde und transportieren es in die Blätter. Diese nehmen gleichzeitig das Kohlendioxyd der Luft auf. Der Sonnenstrahl verwandelt diese Stoffe in Stärke, die von den Pflanzen zum Leben gebraucht wird. Bei dieser „Assimilation“ wird Sauerstoff frei. Es entsteht ein Kreislauf.

Ohne Sonnenlicht kann die Assimilation nicht stattfinden. Während wir Menschen vollauf damit beschäftigt wären, der angreifenden Kälte Herr zu werden, würden die Pflanzen eingehen. Sauerstoffmangel und Nahrungsmittelknappheit wären die Folgen.

Doch damit nicht genug — die Temperatur sinkt und gleicht sich zur selben Zeit aus. Es gibt auch kein Wetter mehr; denn die Kalt- und Warmluftfronten sind ja nicht mehr vorhanden. Wir müßten uns gewaltig umstellen. Vielleicht verschwänden die Menschen ganz von der Erdoberfläche und bauten heizbare Höhlenstädte, in denen gewaltige Ultraviolettstrahler die Sonne ersetzten und chemische Werke für Sauerstoff und Vitamine sorgen müßten. —

Da strahlt die Sonne wieder mit aller Kraft. Schnell wird ein Blick durch das berußte Glas gewagt, das wir ganz in Gedanken hatten sinken lassen. Ja, die Sonnenscheibe ist frei von jedem Schatten. Die Lichtflut nimmt die Beklemmung von uns; wir sind befreit von dem Gedanken an eine Welt ohne Sonnenstrahlen.

Schon seit alters her beschäftigen sich die Menschen mit der Sonne; denn sie merkten, wie sehr sie ihr Leben beeinflußt.

Im Sagenkreis der Edda wird uns berichtet, wie die Germanen die Sonne sahen. Für sie war sie der Sonnenwagen, den der Nachtwolf verfolgte. Gierig

nahm dieser ihn am Abend in seinen Rachen, und die Welt versank im Dunkel. Aber jeden Morgen gelang es dem Sonnengespann immer wieder, dem Rachen des Nachtwolfes zu entkommen. An dem Tage jedoch, an dem der Nachtwolf den Sonnenwagen für immer verschlingen würde, da würde das Weltgebäude einstürzen und alles untergehen. Was wir durch wissenschaftliche Forschung erkannt haben, konnten unsere Vorfahren nur ahnen: Kein Leben ohne die Sonne.

In Peru, in Südamerika, erhoben die Inkas die Sonne zur Gottheit. Große Tempel bargen kostbare Statuen aus reinem Gold. Noch heute bewundern wir die Kultur dieses Volkes. Doch ihr Ende ist für uns beschämend; denn weiße Eroberer brachen goldhungrig in das gastfreundliche Inka Land ein und zerstörten und raubten unermessliche Schätze. Nur wenige Masken und Statuen sind erhalten geblieben, die aber deutlich die große Sonnenverehrung erkennen lassen.

Auch unsere Zeit hat sich wieder der Sonne zugewandt. In vielen Stationen sitzen Wissenschaftler, die nur die Sonne beobachten. Sie sind Spezialisten. Mit feinen Geräten untersuchen sie den Sonnenstrahl, um die Vorgänge auf der Sonne zu ergründen.

Wir hatten ja darüber nachgedacht, was geschehen würde, wenn uns kein Sonnenstrahl mehr erreicht.

Nun interessiert es uns, zu wissen, wo der Sonnenstrahl herkommt, ob die Quelle noch recht lange ihre Lichtflut hergibt und vieles andere mehr.

Wie alt ist eigentlich unsere Sonne? Die Fachleute geben zur Antwort, daß es sich um rund fünf Milliarden Jahre handeln muß.

5 000 000 000 Jahre ...

Wie man auf diese Zeit gekommen ist? Nun, es gibt radioaktive Stoffe, die Strahlen aussenden und dabei zerfallen. Uran zum Beispiel zerfällt über viele Zwischenstufen zu Blei, das sich nicht weiter verändert. Auf der Sonne haben ähnliche Vorgänge stattgefunden, und heute verwandelt sich der noch vorhandene Wasserstoff zu Helium. Dabei glüht die Gasmasse mit einer Temperatur von rund 6000 Grad und schickt ständig ihre Lichtstrahlen zur Erde.

Fünf Milliarden Jahre sind eine lange Zeit. Wir können sie uns kaum vorstellen. Aber wie sieht die Zukunft aus? Wie lange wird uns die Sonne noch Licht und Wärme spenden?

Ja, meinen die Wissenschaftler, an der Farbe ihres Lichts ist zu erkennen, daß es sich um einen alternen Stern handelt. Es wird nicht mehr lange dauern, und sie erkaltet. Also doch! Werden wir das erleben, was uns am Anfang des Kapitels geschildert wurde? Nein, es besteht kein Grund zur Aufregung.

Wenn die Astronomen und Astrophysiker einen kurzen Zeitraum nennen, so müssen wir uns daran gewöhnen, daß sie dies auf den gesamten Weltenraum beziehen. Für uns ist es aber, nach Jahren gerechnet, noch eine gewaltige Zeitspanne, bis die Sonne aufhört zu strahlen. Man schätzt sie auf mehrere Millionen Jahre, so daß für viele Generationen kein Grund zur Besorgnis vorliegt.

Wohl ist die Sonne die größte natürliche Lichtquelle für unsere Erde. Auf unserem Planeten gibt es aber noch weitere natürliche Lichtquellen.

Das Feuer des St. Elmo

An einem sehr heißen, schwülen Hochsommertag zieht sich an der Küste ein Gewitter zusammen. Die Luft ist mit Elektrizität geladen. Doch erst am Abend rückt die geschlossene Gewitterfront heran. Die untergehende Sonne bestrahlt ein dunkelblaues Gewölk, aus dem in Abständen immer neue Wolkentürme emporquellen. Das Wasser der See nimmt eine schmutzige, bleierne Farbe an. Im Hafen liegen einige Fischkutter, deren Besatzungen zum Himmel schauen und die Luken ihrer Boote schließen. Ein letzter Blick gilt den Leinen, mit denen der Schiffskörper an der Pier vertäut liegt.



Unterdessen ist es fast dunkel geworden. Über der See flammt der Lichtschein eines Wetterleuchtens. Der Donner ist nicht zu hören. Ab und zu schüttelt eine Bö die Bäume auf der Uferpromenade. Fast ununterbrochen flammt jetzt das Wetterleuchten auf, da sich draußen über der See ein weiteres Gewitter gebildet hat. Die drohende Wolkenwand steht nun über der Küste. Doch noch grollt kein Donner, noch fehlen die krachenden Schläge.

In diesem Augenblick geschieht etwas Eigenartiges. Auf den Mastspitzen der Fischkutter, an den Kanten und Spitzen des Kirchturms des kleinen Städtchens, an Simsen und Vorsprüngen der Häuser tanzen kleine Flämmchen. Die Stadt hat sich festlich geschmückt und zeichnet ihre Konturen mit feurigen Linien in die Nacht. Der Bootsmann auf „104“ klopft gemächlich seine Pfeife aus. „Ja, Jung, nun geht der Tanz gleich los. Hast du die Poller achtern auch richtig belegt?“

Der Schiffsjunge kann die Augen nicht von diesem Schauspiel wenden. Er überhört die Frage. „Bootsmann, was ist das?“ — „St. Elms- oder St. Eliasfeuer. Mußt mal den Lotsen fragen, woher es kommt. Der hat die Schulbank länger gedrückt als ich.“ Da zuckt der erste Blitz, und mit ohrenbetäubendem Krachen rollt der Donner. Die Flämmchen sind verschwunden. St. Elias hat sein Feuer gelöscht.

So etwas habe ich auch noch nicht gesehen, wird mancher sagen, wenn er vom St. Elmsfeuer hört. Das ist auch nicht verwunderlich; denn der elektrische Unterschied zwischen den aufgeladenen Wolken und der Erde muß sehr groß sein, um eine solche Entladungserscheinung hervorzurufen. Auch sie ist eine Lichtquelle, wenngleich sich die Farbe des Lichtes bedeutend von der des Sonnenlichtes unterscheidet. Am häufigsten können die Seefahrer davon berichten. Sie versäumen zwar nie, dabei eine gewaltige Geschichte zu erzählen, doch beruht der Inhalt zu meist auf einer wahren Begebenheit.

In den Jahren 1920 bis 1930 befuhren die deutschen Segelschiffe „Padua“ und „Pamir“ den Südatlantik. Das waren Segler mit stählernen Masten. An ihnen konnte das St. Eliasfeuer häufig beobachtet werden. Es erlischt in den meisten Fällen, wenn der Blitz für einen besseren Ausgleich der elektrischen Ladungen sorgt.

Leuchtzeit: $\frac{1}{1000}$ Sekunde

Wir wollen die einzelnen Erscheinungen nicht auf ihre Eignung für Beleuchtungszwecke hin untersuchen, sondern nur feststellen, welche Lichtquellen wir kennen. Also das St. Elmsfeuer ist die Begleiterscheinung



eines sehr starken Gewitters. Sein bläuliches oder rötliches Licht hängt von der Elektrizität ab.

Auch der Blitz, der vom Gewitter nicht zu trennen ist, zeigt je nach der Ladung der Wolke eine rötliche oder bläuliche Farbe. Er ist wohl die eindrucksvollste Lichtquelle, die wir uns vorstellen können. Auf Zeichnungen und Fotografien erscheint der Blitz meist als Zick-Zack-Linie. Unser Auge kann ihn in den wenigsten Fällen genau beobachten; denn sein Feuerzeichen steht nur $1/1000$ Sekunde am Himmel.

Manchmal schieben sich auch zwei Wolkenbänke übereinander, so daß es zu einer interessanten Lichterscheinung kommt. Flammt der Blitz in der obersten Wolkenschicht auf, so dringt der Lichtschein in und

durch die Wolken, so daß große Flächen wie Milchglasscheiben aufleuchten.

Die überraschendste Form des Blitzes ist jedoch der Kugelblitz. Über sein Entstehen und seine Eigenschaften wissen wir nur wenig, da er sehr selten auftritt. Doch ab und zu wird auch von ihm berichtet. So findet man in alten Kalendern manchmal phantastische Schilderungen über diesen seltenen Blitz, wie zum Beispiel diese hier:

„Bauer Gerber war beim Nahen des Gewitters zur Straße gefahren; denn er wollte mit seinen Pferden nicht auf dem freien Feld bleiben. Die Gegend war durch ihren hohen Grundwasserspiegel als ‚Blitznest‘ bekannt, da immer wieder Einschläge in demselben Revier vorkamen.

Dumpf grollte der Donner. Unruhig spielten die Ohren der Pferde. An der Straße zwischen zwei großen Linden stand ein alter Schuppen, der dem Landmann vor dem zu erwartenden Regen etwas Schutz bieten würde. Die Pferde am Halfter, er hatte sie vom Rechen abgeschirrt, ging Gerber zu dem Unterschlupf. Hier war es fast dunkel, das drohende Gewölk schien alle Helligkeit aufzusaugen. Ab und zu rauschten die Linden, und wie eine gewaltige Harfe sangen die Telegrafenerleitungen auf der anderen Straßenseite bei den plötzlichen Windstößen. Der Bauer hatte sich an das Tor gelehnt und schaute hin-

über zu seinem Feld. Nur Stoppeln waren weit und breit zu sehen, die Ernte lag bereits sicher geborgen in der Scheune.

Der Wind hatte sich gedreht und trieb Gerber Staub und lose Blätter ins Gesicht, so daß er vom Tor zurücktrat. Erschreckt fuhr er zusammen! In Sekundenschnelle sah er einen großen Feuerball erscheinen, der auf den Telegrafentelegraphenleitungen entlang rollte und wieder verschwand. Die Türöffnung gewährte nur ein kleines Blickfeld. Gerber sprang vor, um hinauszuschauen, als ein gewaltiger Schlag ertönte und sich die Pferde erschrocken aufbäumten. Der Bauer hatte Mühe, die unruhigen Tiere zu halten, denen die Angst aus den dunklen, großen Augen leuchtete. Von draußen hörte man das Rauschen des einsetzenden Regens.

Auf dem Asphalt der Straße waren kleine Wasserblasen zu sehen, während weiter entfernt stehende Bäume und Telegrafentelegraphen hinter einem grauen Schleier verschwanden. Wenn ich es nicht mit eigenen Augen gesehen hätte . . . man sollte es nicht für möglich halten.

Gerber hielt immer noch die Pferde am Halfter. Aber es kam kein zweiter Schlag.“

So ein Blitz ist unheimlich, wir wären ebenfalls erschrocken, wenn wir dieser Feuerkugel unverhofft gegenübergestanden hätten. Unsere Vorfahren mögen

angenommen haben, daß der Blitz ein Tier ist. Es springt vom Himmel und frißt einen Baum. Hält man ihm ein Reislein hin, so hockt es sich darauf und knabbert daran. So trägt man es in die Höhle. Füttert man es richtig, dann macht das Himmelstier aus Dankbarkeit die Höhle hell und warm. Gibt man nicht genügend acht, dann muß es sterben. Erst später werden die Menschen darauf gekommen sein, das Feuer selbst zu entfachen.

Der leuchtende Vorhang

Noch heute kommt es vor, daß viele Menschen bestimmte Erscheinungen, die sie sich nicht erklären können, als übernatürlich ansehen. So gab es ein großes Raten, als sich zum ersten Male ein Polarlicht, ein Nordlicht in unseren Breiten zeigte. Bestimmt war dieses Licht schon des öfteren aufgetreten, nur haben die Menschen erst später darauf geachtet. Die verschiedensten Vermutungen wurden aufgestellt. Die am häufigsten vertretene Meinung war die, es sei ein Kriegszeichen. Je stärker dieses geisterhafte Licht war, um so schlimmer sollte der kommende Krieg werden.

Wir wissen heute, daß das Polarlicht eine Naturerscheinung ist. Nordlichter werden uns von der

Sonne beschert. Auf ihr geht die Atomumwandlung nicht immer ganz ruhig vor sich. Oft haben die Forscher am Fernrohr gewaltige Ausbrüche von Gasen an der Sonnenoberfläche entdecken können. Teilweise fallen die emporgeschleuderten Substanzen wieder auf die Sonne zurück, andere Teilchen dagegen jagen mit großer Geschwindigkeit davon. Sie erreichen die Erde und werden von ihren magnetischen Polen angezogen. Unvorstellbar ist die Wucht, mit der diese Teilchen und die Luft zusammenprallen. Dabei leuchten die Luftmoleküle auf. Polarforscher wissen darüber zu berichten.

„Nun, meine Herrschaften, ich glaube, wir werden heute ein besonders starkes Polarlicht haben. Der Funker stellt starke Störungen beim Kurzwellenempfang fest, und auch die erdmagnetischen Berichte für diesen Monat weisen darauf hin.“ Der Erste Offizier der „Y“ will sich von seinen Tischgästen verabschieden; denn in wenigen Minuten beginnt sein Dienst. „Sagen Sie schnell noch eines“, hält ihn ein Fahrgast zurück, „Erdmagnetismus und Nordlicht?“ — „Ja, die Astronomen haben eine große Zahl von Sonnenflecken festgestellt. Dann entstehen auf der Sonne Gasausbrüche. Dabei abgeschossene Teilchen stören das magnetische Feld der Erde, den Funkverkehr und ... rufen das Nordlicht hervor. Schauen Sie es sich an!“ Alles drängt nach oben. „Es blitzt!“ — „Aber



nicht doch, es ist ja keine Wolkenwand zu sehen!“ Klar ist der Himmel, und die Küste liegt querab. Der Touristendampfer hat Kurs auf Hammerfest. Plötzlich erhellt sich voraus ganz leicht der Himmel.

Eine S-förmige Linie, deren südliches Ende sich langsam erweitert, zieht sich über den Himmel. Das bläuliche Licht wechselt langsam in ein zartes Grün hinüber, so daß die See wie ein Smaragd schimmert und die Schaumkronen der Wellen ein unwahrscheinliches Weiß aufweisen. Der ganze Himmel ist wundersam erleuchtet.

Die Helligkeit nimmt zu. Immer noch herrscht das Grün vor, bis ein Zittern durch den Lichtvorhang geht. Blitzschnell wechseln nun die Farben, während sich die große erleuchtete Fläche in opalisierende Streifen auflöst. Das Farbenspiel klingt ab, und der Himmel nimmt seine normale Farbe an. Doch schon springen neue Lichtkaskaden auf, zerfließen, bilden bizarre Formen und erleuchten die Umgebung. Die Konturen der näheren und ferneren Dinge erscheinen aber so verschwommen und verschleiert, als möchten sie nicht aus dem schützenden Dunkel der Nacht herausgehoben werden. So spielt das Nordlicht am Himmel und bietet einen wunderbaren Anblick. In seiner Kabine versucht der Funker vergebens, die Stationen aus dem prasselnden Störgeräusch herauszuhören.

Wer so ein Naturschauspiel gesehen hat, wird gern davon berichten und in seinen Zuhörern den Wunsch wecken, ebenfalls eine Reise zu unternehmen, auf der sie etwas Ungewöhnliches erleben. Dabei ist es gar nicht notwendig, so weit zu fahren, um nicht-alltägliche Dinge zu entdecken.

Das Licht im Moor

Wir verbringen vielleicht einige erholsame Tage in Chorin, dem kleinen, nicht weit von Berlin entfernten Ort in der Mark. Besonders interessiert uns das Naturschutzgebiet in der unmittelbaren Nähe Chorins, das Plage-Fenn. Herrliche Waldwege führen zu diesem Moor. Geknickte Bäume, riesige Färne, schwankender Boden und schwarze, glucksende Wasserflächen erwarten uns. Abends, wenn die Sonne gesunken ist, machen wir uns marschbereit. Jeder von uns nimmt einen Stab, und einige tragen außerdem eine Lampe. Ein Ortskundiger führt. Der Pfad windet sich am Rande des Fenns dahin. Nebelchwaden ziehen heran und hängen sich in den Binsen, Gräsern oder dem Geäst der Bäume fest. Erlen und Lärchen sind hier stark vertreten. Warm streicht die Luft der Sommernacht über uns hin. Dann sehen wir mit einem Male einen schwachen Schimmer vor

uns. Kein Lichtstrahl, es ist einfach hell. Die Taschenlampen flammen auf — doch die suchenden Augen finden nichts. Ein alter, vom Blitz gespaltener Baum neigt sich über den Pfad. Baumpilze haften an ihm, und an der Westseite ist er bemoost. Die Lampen verlöschen. Als sich unsere Augen wieder an die Dunkelheit gewöhnt haben, sehen wir wiederum den schwachen Schimmer. Sollte das von dem alten Baum herrühren? Es ist so. An verschiedenen Stellen fault sein Holz und erzeugt durch diesen chemischen Prozeß ein schwaches Glimmlicht. Wie bei dem Zifferblatt einer Armbanduhr. Das leuchtet aber nicht, weil dort etwas fault, sondern weil hier eine chemische Farbe aufgetragen ist, die im Dunkel der Nacht wie das moderne Holz fluoresziert.

Weiter geht die Nachtwanderung. Kommt uns da nicht eine Gruppe entgegen? Tanzende Lichter am Pfad. „Hallo!“ Keine Antwort. Jetzt sind sie fort. Nein, dort sind sie wieder! Hier aber auch! Was ist das? Nähern wir uns einem dieser Lichter, so sehen wir eine kleine bläuliche Flamme. Zitternd und zukend brennt sie dicht über einem Tümpel. Überall blitzen neue Flämmchen auf, um kurz danach wieder zu vergehen. Gas ist die Ursache. Das Holz entwurzelter Bäume, die im Moor versanken, zersetzt sich unter Luftabschluß und bildet ein Sumpfgas, Methan, das sich in Verbindung mit der Luft leicht entzündet.



Irrlichter, sagt der Volksmund zu den blauen Flammen, da sie nie einen festen Standpunkt haben, sondern scheinbar ziellos umherhüpfen. Da die Leute früher keine Erklärung dafür fanden, sprachen sie auch diesen Lichtlein eine überirdische Herkunft zu, wie folgende Geschichte beweist:

Da soll einmal im Oldenburgischen eine Magd gedient haben. Ihr Brotgeber beschuldigte sie eines Tages des Diebstahls. Die Magd ging fort und wurde nicht mehr gesehen. Bald stellte sich aber heraus, daß sie unschuldig war und mit dem Diebstahl nichts zu tun hatte. Der Bauer ließ sofort nach ihr forschen, doch niemand wußte zu sagen, wo sie geblieben war. Eines Nachts wurde er wach und schaute aus dem Fenster. Jagende Wolken verdeckten die Sterne, und hohl rauschte ein Wind im Heidekraut. Draußen im Moor flackerte ein Lichtlein, und dem Bauern wurde recht unheimlich zumute. Etwas zog ihn hinaus. Aber er hatte Angst, und so verkroch er sich unter die Bettdecke. In der folgenden Nacht fühlte er wieder diesen Zug, und als er sich zum Fenster wandte, sah er im Moor das Lichtlein. Wieder heulte der Wind. Dem Verleumder brach der Angstschweiß aus, und er versteckte sich abermals. Nun kam die dritte Nacht. Alles war ruhig draußen, kein Lüftchen bewegte sich. Mit einem Male sprang der Wind auf — und da riß es den Bauern aus dem Haus. Im Moor

brannte das Licht. Mit schlotternden Knien ging er darauf zu. Dann stand er an einem Tümpel, der ganz durchsichtig war, in ihm saß die Magd und schien um etwas zu bitten. Im gleichen Moment erlosch das Licht. In der Dunkelheit konnte der Bauer weder rückwärts noch vorwärts, er mußte warten, bis ihn die ersten Strahlen der aufgehenden Sonne erlösten. Er ließ den Tümpel mit langen Stangen absuchen. Man fand die Leiche der Magd und brachte sie zum Friedhof. In der folgenden Nacht war das Licht verschwunden. Leute erzählten, es sei die Seele der Verstorbenen gewesen.

Die Glühwürmchen-Zeltlaterne

So haben wir nun schon eine ganze Menge über den Ursprung des Lichtes zusammengetragen.

Zuerst beschäftigten wir uns mit der Sonne, dann mit dem St. Elmsfeuer und dem Blitz. Auch das Nordlicht und die Irrlichter haben wir unter die Lupe genommen. Hören wir noch, was Peter und Klaus auf ihrer Mecklenburgfahrt erlebten:

„In einer halben Stunde ist es dunkel!“ Die Reifen der Räder surren auf der Chaussee von Teterow nach Krakow.

„Noch zwanzig Kilometer, dann sind wir da.“

Unsere beiden Freunde wollen am Krakower See zelten. Alles Notwendige dazu haben sie auf den Gepäckständer geschnallt. Als es völlig dunkel wird, passieren sie gerade Charlottenthal. Und da ist schon die letzte Biegung vor der Stadt, wo sich auch ein Bahnübergang befindet. Schnell springen die beiden von den Rädern, schalten die Dynamos an und verschrauben.

„Hier ist vor kurzem einer langgegangen.“

„Wieso?“

„Da liegt ein Zigarettenstummel.“

„Da noch einer.“

„Tatsächlich, dort ... und dort.“

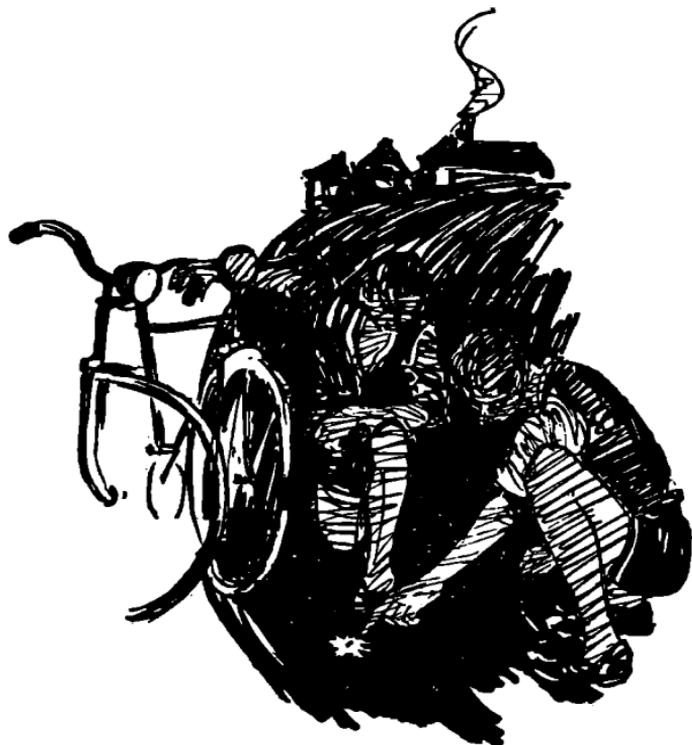
„Komm, halte mal, ich drehe das Vorderrad, damit wir Licht bekommen.“ Klaus dreht, und für einen Augenblick ist der Damm erleuchtet.

„Ich sehe keinen Stummel!“

„Jetzt ist er auch aus.“

„Sehen wir uns den dort an. In meiner linken Rucksacktasche habe ich eine Schachtel Streichhölzer.“

Beide hocken auf der dunklen Straße und betrachten aufmerksam einen hellen Fleck von zwei Zentimeter Durchmesser. Das Licht ist ziemlich stark. Man kann Sandkörner und kleine Holzstückchen deutlich erkennen. „Du, das ist ja ein Tier.“ Peter hat schon die Streichhölzer in der Hand. Die bekannteste, natürliche Lichtquelle, die Flamme, versagt auch hier nicht.

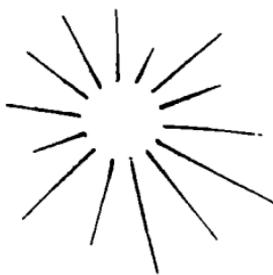


In ihrem Schein sehen die Jungen einen kleinen, fünf Millimeter großen Wurm.

Links und rechts am Leib hat er kleine Lichtpunkte. „Ein Glühwürmchen, Klaus!“ Peter wirft das abgebrannte Streichholz zur Seite. „Wir sperren den Wurm in eine Flasche — und schon haben wir eine prima Zeltlaterne.“ Sie lachen, besteigen beide ihre Räder und fahren nach Krakow hinein.

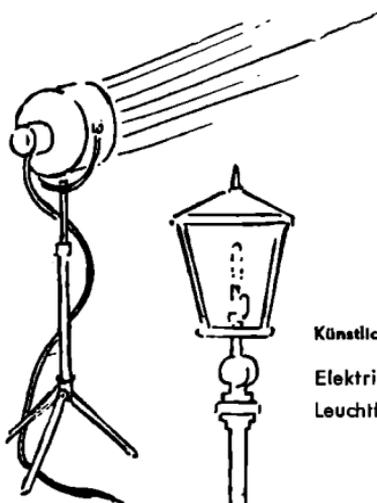
Die Glühwürmchen-Zeltlaterne hat schon viele Menschen beschäftigt. Auch dieses kleine Tierchen zählt zu den natürlichen Lichtquellen. Techniker und Ingenieure arbeiten angestrengt daran, mit Hilfe der Elektrizität bessere künstliche Lichtquellen zu schaffen. Wohl erstrahlen unsere Glühlampen schon sehr hell, doch fassen wir eine an, die gerade eingeschaltet ist, dann verbrennen wir uns ganz schön die Finger. Das ist der Grund, weshalb uns das Glühwürmchen so sehr interessiert. Es erzeugt kaltes Licht. Durch einen chemischen Prozeß ist es in der Lage zu leuchten, ohne dabei die Körpertemperatur ansteigen zu lassen. Wer also die Glühwürmchen-Laterne für unsere Zwecke erfindet und so weit entwickelt, daß sie gebrauchsfähig ist, der wird ein berühmter Mann.

So, nun schauen wir uns noch einmal an, was uns bei unserer Suche nach Lichtquellen aufgefallen ist.



Natürliche Lichtquellen

Sonne
Flamme (Feuer)
St. Elmsfeuer
Blitz
Nordlicht
Sumpfpflicht
Faulendes Holz
Glühwürmchen



Künstliche Lichtquellen

Elektrische Lichtanlagen
Leuchtfarben

Und der Mond?

Doch haben wir nicht eine ganz besondere Lichtquelle vergessen? Zu Anfang des Kapitels hörten wir vom Mond. Er leuchtet doch auch, und wie es auf ihm aussieht, weiß ja der Freiherr von Münchhausen zu berichten:

„Ich war Diener des Sultans und hatte auf seinen Garten aufzupassen. Eines Tages warf ich meine silberne Axt nach einem Tier. Zu meinem Schrecken stieg sie hoch empor und . . . blieb auf dem Mond liegen. Was tun? Schnell pflanzte ich eine Bohne, und da es im Türkenland sehr heiß ist, wuchs sie so schnell, daß es kaum mit den Augen zu verfolgen war. Bis zum Mond rankte sie empor und hielt sich an einem Horn fest. Ich kletterte hinauf. Meine Axt zu finden, war eine schwere Arbeit. Der Mond leuchtet doch silbern, und meine Axt ist auch aus Silber. Bestimmt war sie schwer zu finden. Doch der Mann im Mond half mir suchen . . .“

Ebenso war es mit einem kleinen Jungen, dem Häwermann. Der spannte sein Laken auf und segelte mit seinem Bettchen über den Nachthimmel. Dabei, so heißt es, fuhr er dem Mond über die Nase. Vor Schreck und Ärger ließ dieser es dunkel werden. „Leuchte, alter Mond, leuchte“, rief der Häwermann. Der Mond tat ihm den Gefallen.

In allen Geschichten wird davon gesprochen, daß der Mond leuchtet und Licht spendet. Doch wie ist es wirklich? Bald können wir es vielleicht selbst erkunden, wenn das erste Raumschiff startet.

Sechszwanzig Kilometer lang ist die Katapultbahn. Auf einem Spezialschlitten liegt das Raumschiff. „Fertig?“ — „Fertig!“ Die Bedienungsmannschaft geht in Deckung. Ein Lichtsignal, und der erste Raketensatz speit Rauch und Feuer. Der Schlitten rollt. In die Gleitbahn sind kleine Sender eingebaut, die jeweils entsprechende Raketensätze entzünden. Immer schneller wird die Fahrt. Jetzt kommt das Ende der Bahn.

Ein gewaltiges, elektrisches Wirbelstromfeld bremst den Schlitten, und das Raumschiff wird rund 2000 Meter hochgeschleudert. Nun können die Raketomotoren des Schiffes arbeiten. Wie ein Pfeil geht es hinauf. Jetzt eine Detonation, das Raumschiff hat die Schallbarriere bezwungen. Kurze Zeit darauf verläßt es auch das Schwerfeld der Erde. Die Motoren werden abgestellt, denn es sind kein Luftwiderstand und keine Schwerkraft vorhanden, die bremsen können. Mit gleichbleibender Geschwindigkeit stürmt das Schiff dem Mond entgegen.

Die Besatzung schnallt sich von den Plätzen los, der Chefpilot kontrolliert den Kurs. „Die Elektronik hat gut gearbeitet, Kurs liegt genau.“ Auf dem Radarschirm erscheint die Mondoberfläche, der Führer des

Schiffes schaut durch das Periskop (das Raumschiff besitzt aus Sicherheitsgründen keine Fenster).

„Na, von der Silberfarbe ist nicht viel übriggeblieben. Sieht sehr dunkel aus!“

Bald werden die Männer die Rückseite des Mondes zu sehen bekommen, die von der Erde aus nie zu beobachten ist.

Noch einige Korrekturen des Kurses durch den Steuerbordraketenatz. Der Mond wird größer . . .

Ja, so kann es sein — — und dann wird aus der Nähe bestätigt werden, was die Wissenschaftler durch Beobachtungen und Messungen festgestellt haben: Der Mond leuchtet nicht! Kalt und starr zeigt sich seine aus dunklem bimssteinartigem Gestein bestehende Oberfläche.

Und das Mondlicht, fragen wir uns, wo hat es seinen Ursprung? Auf der Sonne. Der gute Mond schmückt sich mit fremden Federn. Sieben Prozent des Lichtes, das ihm die Sonne spendet, spiegelt er zurück und erleuchtet damit unsere Nächte. Wir erfreuen uns an den Stimmungen, die er uns beim Zelten zaubert, an den Reflexen, die auf stillen Seen erscheinen, wenn die von ihm widergespiegelten Strahlen das Wasser treffen; doch als Ausgangspunkt eines Lichtstrahles kommt er nicht in Frage.

Wir brauchen also unsere Aufstellung nicht zu verändern.

Der unbekannte Rekordläufer

Der Schuß der Startpistole klingt scharf in das Stimmengewirr der Stadionbesucher. Sie werden unruhig; denn das war das Zeichen zur letzten Runde. Anfeuerungsrufe werden laut, während die Läufer in die Zielgerade einbiegen. Immer noch führt der Läufer des Sportklubs „Wissenschaft“ das Feld an. Doch in seinem Windschatten liegen der Vertreter der Sportvereinigung „Aufbau“ und der Läufer vom Sportklub „Turbine“, bereit, im Spurt die Führung an sich zu reißen.

„Das gibt einen Endkampf“, der Bildreporter hebt die Kamera. „Etwas zu dunkel, kommt denn die Sonne nicht bald zum Vorschein?“ Ein prüfender Blick zum Himmel, an dem sich die Wolkendecke langsam auflöst. Die Läufer sind noch 80 Meter entfernt. Im Wolkenfeld zeigt sich eine Lücke, die in wenigen Sekunden den Sonnenstrahlen den Weg freigeben wird.

Der Reporter stellt Blende und Zeit an seinem Apparat ein und wartet. Für ihn beginnt jetzt ein Rennen zwischen den Lichtstrahlen und den Sportlern. Werden die Lichtstrahlen zur rechten Zeit durch die Wolkendecke kommen? In diesem Falle kann er eine ausgezeichnete Aufnahme machen. Kommen die Sonnenstrahlen zu spät, so wird er von dem Endkampf der

Läufer keine oder nur eine mäßige Aufnahme bekommen, da er seine Kamera für die Helligkeit des Sonnenlichtes eingestellt hat.

Die Läufer sind jetzt auf 10 Meter heran. Links und rechts klicken die Verschlüsse der Fotoapparate — nur unser Reporter wartet noch. — Im Stadion sind die Menschen aufgesprungen und spornen die Läufer durch Zurufe an. Brust an Brust kämpfen die Sportler um die letzten Meter — ein toller Endspurt.



Jetzt löst sich der „Turbine“-Läufer, strebt dem Ziel zu — und — da strömt, alles vergoldend, das Licht der tief stehenden Sonne über das Stadion.

„Sieger im letzten Wettkampf des Tages, dem 1500-Meter-Lauf, wurde . . .“, weit trägt der Lautsprecher die Stimme des Ansagers. Unser Reporter aber ist schon auf dem Wege zur Bildredaktion, um seine Aufnahmen auszuwerten. Für ihn müßte die Meldung anders lauten. Vielleicht so: „Obwohl das Sonnenlicht 1000 Meter zurücklag, gelang es ihm, noch vor den Läufern das Ziel zu erreichen.“

Mit der Entfernung von 1000 Metern wollen wir den Weg der Lichtstrahlen benennen, den sie von der Wolkenlücke bis zur Erde zurücklegen mußten. Wie lange brauchten die Läufer für die letzten 10 Meter ihres Endsprints? Nun, es werden etwas mehr als zwei Sekunden gewesen sein. Wenn wir diese Entfernungen und Zeiten gegenüberstellen, kommen wir zu einer phantastischen Geschwindigkeit für die Lichtstrahlen.

$10 : 1000 = 1 : 100$. Also war das Licht ungefähr 100mal so schnell wie die Läufer. Doch haben wir uns vielleicht geirrt? Die Entfernung und die Zeit waren geschätzt.

Wie schnell sind die Lichtstrahlen?

Galileo Galilei, ein Physiker und Astronom, versuchte schon im 17. Jahrhundert diese Frage zu beantworten. Er ließ zwei Männer sich in einer genau bestimmten Entfernung aufstellen. Jeder von ihnen hatte eine Blendlaterne mitgebracht. Galilei stellte sich unmittelbar neben den einen und bedeutete ihm, seine Laterne zu öffnen. Flugs machte sich der Lichtstrahl zum anderen Helfer auf den Weg. Sobald dieser das Licht erblickte, öffnete er seinerseits die Laterne und sandte einen Lichtstrahl zurück. Den Zeitunterschied zwischen dem Eintreffen des ersten und des zweiten Lichtstrahles wollte Galilei messen. Die Entfernung war ihm ja bekannt, und so glaubte er, die Geschwindigkeit leicht feststellen zu können. Doch es war vergeblich; denn einmal vergaß der zweite, das Signal sofort zurückzugeben — oder der andere ließ den Lichtstrahl nicht sofort hinaus. Die Messungen waren so unterschiedlich, daß Galilei die Aussichtslosigkeit seines Experimentes erkannte.

Schauen wir im Lexikon nach, dort erfahren wir, daß die Lichtgeschwindigkeit 300 000 Kilometer in der Sekunde beträgt. Das bedeutet, daß ein Lichtstrahl in einer Sekunde am Äquator siebeneinhalbmal die Erde umkreist. Neben dieser Zahl — 300 000 Kilometer in der Sekunde — steht der Name Olaf Römer.

Man schrieb das Jahr 1669 — vor der Sternwarte zu Paris zügelt ein Kutscher die Pferde. Vorsichtig steigt der Fahrgast aus dem geschlossenen Wagen. Das Pflaster ist feucht, und von der Hutkrempe des Rosselenkers und von den Geschirren der Pferde lösen sich große Tropfen. Es ist ein feiner Sprühregen, der langsam, aber sicher alles durchdringt. Der Herr beeilt sich, um in das Gebäude zu kommen. Dumpf schlägt der Türklopfer an. „Directeur“ steht an der Tür, vor der unser Freund nun verhält. Die Pforte schwingt auf und verschluckt gleichsam den Besucher.

Directeur Domenico Cassini sieht von seiner Arbeit auf, als der Besucher sein Zimmer betritt. „Sie verzeihen, Monsieur Directeur, aber ich fand niemanden, der mich melden konnte. Römer ist mein Name — Olaf Römer.“

„Ah, Monsieur Römer, ich begrüße Sie.“

Olaf Römer tritt seinen Posten als Assistent des Direktors der Sternwarte zu Paris an. Nacht für Nacht richten sich die Fernrohre auf die Gestirne. Der Jupiter mit seinen Monden hat es Cassini besonders angetan. Er stellt seit Jahren eine Tabelle auf, in der er die wiederkehrenden Verdunkelungen der Jupiter-Monde registriert. Mit der Verdunkelung ist das Verschwinden der Jupitertrabanten hinter dem Stern gemeint, wenn sie ihn umkreisen. Römer hilft ihm bei dieser Arbeit.

„Sagen Sie, Herr Direktor, ist Ihnen nicht ebenfalls diese immer wiederkehrende Verspätung der Jupitermondverdunkelungen aufgefallen?“

„Aber sicher, mein Freund, das müssen Vorgänge im kosmischen Raum sein, die derartige Schwankungen hervorrufen.“

„Ich weiß nicht, mir ist das nicht einleuchtend, ich . . .“

„Aber, Kollege Römer, wir sind exakte Wissenschaftler, haben Sie eine Beobachtung gemacht, die einen Aufschluß gibt über den Grund der Verspätung?“

„Das nicht, Herr Direktor, aber ich glaube . . .“

„Lassen Sie nur, wir haben wichtigere Dinge zu tun.“ Römer schaut seinem Chef nach. Ihm ist da ein Gedanke gekommen — wenn er den beweisen kann . . .

Hastig nimmt er die Tabelle zur Hand und studiert sie. In regelmäßigen Zeitabständen verdunkelt sich der innere Mond des Jupiters. Doch halt, hier kam die Verdunkelung später, und zwar um 1000 Sekunden. Hier ebenfalls — und hier noch einmal. Der Bleistift, der geschäftig über die Zahlenkolonnen geeilt war, verhält zitternd über den letzten Eintragungen, während der junge Assistent den Kopf in die Hände stützt. Die Verspätung ist regelmäßig. Na und? Damit kann er weder Cassini noch andere Wissenschaftler überzeugen. Das genügt nicht. Römer tritt ans Fenster und öffnet es. Ein warmer Augusttag

geht zu Ende, und ganz von fern hört man das Brausen der Weltstadt Paris. Der blankgefegte Himmel verspricht für die Nacht gutes Beobachtungswetter.

„Sehen Sie, Römer, und dann fliegen die Glocken über das Land, und wenn sie zurückkommen, bringen sie den Kleinen etwas mit. So ist das hier. In manchen Ländern kommt der Osterhase. Bei uns nicht, da reisen die Glocken.“ Cassini nickt seinem Assistenten zu. „Das gefällt mir, bei uns in Dänemark ist das anders. Aber ich glaube, der Flug Ihrer Osterglocken hat mir Glück gebracht.“

Cassini und Römer sind auf dem Wege zur Sternwarte.

Man schreibt jetzt das Jahr 1675. „Die Verspätung bei der Verfinsterung der Jupitermonde...“ Cassini führt einen Schlag in die Luft: „Sie haben direkt eine fixe Idee, Herr Kollege.“

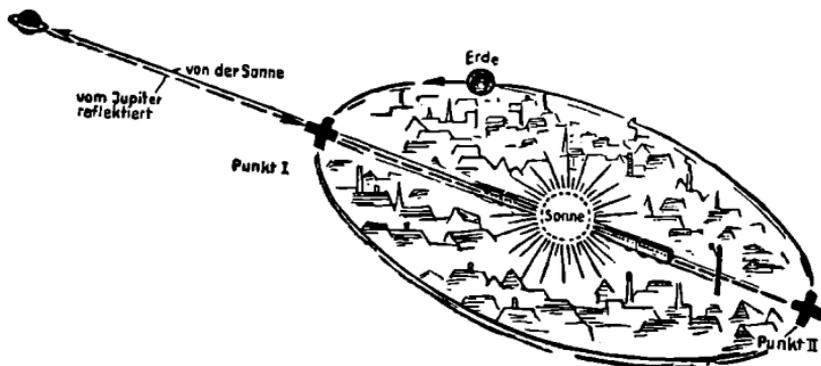
„Das nicht, ich habe jetzt vielmehr die Erklärung für die Erscheinung.“ Römer hat ein Stöckchen gegriffen und zeichnet im Sand des Weges. Halb hinter ihm steht Cassini und betrachtet uninteressiert die Bemühungen seines Assistenten.

Was hat Römer entdeckt? Verlassen wir die beiden Wissenschaftler und ihr Gespräch und machen wir uns an einem Beispiel klar, was Olaf Römer seinem Chef in viel komplizierterer Form darlegt.

Die Hauptstadt unseres Vaterlandes ist Berlin, und sie zeichnet sich durch eine Vielzahl von Verkehrsmitteln aus. Das Bedeutendste ist die Schnellbahn. Von Ost nach West und von Süd nach Nord durchheilt sie die Stadt und umfaßt sie noch durch eine Ringstrecke. Jeden Tag werden Tausende von Fahrgästen befördert. Doch was hat die S-Bahn mit der Lichtgeschwindigkeit zu tun? Nun, wir werden sehen.

Jemand fährt mit einem Zuge der Ringbahn. Er hat die Absicht, an einem Kreuzungspunkt umzusteigen und in Richtung Osten weiterzufahren. Ein Zug in Richtung Osten, von den westlichen Vororten kommend, berührt auf der Station Westkreuz das Stadtgebiet sowie die Ringbahn. Dann durchquert er das Häusermeer und verläßt es bei der Station Ostkreuz. Auch hier berührt er die Ringbahn, und hier ist es für Herrn X günstig umzusteigen, denn sein Ziel liegt zehn Fahrminuten von Ostkreuz entfernt auf der Strecke nach Erkner.

Also der Zug erreicht die Station Ostkreuz und hält. Herr X eilt zum Bahnsteig E hinunter. „Richtung Erkner bitte beim Umsteigen beeilen.“ Die Türen rollen zu, und der Zug rückt an. Rummelsburg und Karlshorst werden passiert, ehe die rotgelbe Schlange der Wagen auf dem Bahnhof Wuhlheide zur Ruhe kommt. „Zehn Minuten, das ging ja rasch.“ Herr X brummt zufrieden und geht durch die Sperre.



Am späten Abend fährt er wieder nach Hause. Draußen ist es bereits finster, und der aus den Wagen fallende Lichtschein läßt die Häuser und Bäume am Bahndamm in unheimlichen oder komischen Verzerrungen aus dem Dunkel hervortreten.

Herr X ist etwas müde, und so ist es nicht verwunderlich, wenn ihm die Augen zufallen. Er macht ein Nickerchen, sanft gewiegt vom federnden Wagen, dessen Radkränze rhythmisch über Weichen und Schienenstöße tacken. Jetzt schlagen die Bremsen an — ein Blick aus dem Fenster: Ostkreuz? Nein! Doch die Uhr zeigt an, daß die Fahrt schon zwanzig Minuten dauert. Wie ist das möglich? Wir können es uns schon denken. Herr X hat die Station Ostkreuz verschlafen und muß nun quer durch die Stadt, um auf dem Bahnhof Westkreuz die Ringbahn zu erreichen. Anstatt zehn Minuten Fahrzeit braucht er jetzt 44 Minuten.

Diese kleine Geschichte soll uns als Vergleich dienen. Die Stelle der Ringbahn nimmt die Erdbahn ein, auf der unsere Erde gleichsam als Ringbahnzug dahineilt. Die Stadt wäre der Raum innerhalb der Erdbahn. Doch wo ist jetzt Herr X? Herr X ist der Lichtstrahl, der vom Jupitermond zurückgeworfen wird. Er braust heran und trifft die Erdbahn, durchquert den Innenraum und trifft ein zweites Mal auf die Erdbahn. So haben wir erst einmal alles Notwendige erklärt. Jetzt verschwindet der Jupitermond hinter seinem Stern und kann daher kein Licht mehr zurückwerfen. Das letzte Stückchen Lichtstrahl eilt zur Erde. Diese steht am ersten Kreuzungspunkt, und der Beobachter registriert das Eintreffen des letzten Lichtstrahles. Diese Beobachtung wurde während vieler Jahre fortgesetzt, so daß man den Termin der nächsten Verfinsterung voraussagen konnte, bis auf die Verspätungen. Olaf Römer hatte nun aber festgestellt, daß bei den Verspätungen die Erde immer am zweiten Kreuzungspunkt stand. Der letzte Lichtstrahl mußte also erst den Innenraum durchqueren, bevor er beim Beobachter endete. Die Zeit, die er zum Durchqueren benötigt, ist die Verspätung. Dieses Erkenntnis teilt nun Römer Cassini mit. „Sehen Sie, Herr Direktor, der Durchmesser der Erdbahn beträgt 300 000 000 Kilometer. Befindet sich die Erde auf der gegenüberliegenden Seite, dann muß der Lichtstrahl

den Erdbahndurchmesser zusätzlich zurücklegen. Die Verspätung von 1000 Sekunden ist damit erklärt, und weiterhin haben wir eine zusätzliche Möglichkeit, die Lichtgeschwindigkeit einwandfrei festzulegen. Denn in 1000 Sekunden werden 300 000 000 Kilometer zurückgelegt und in einer Sekunde

$$\frac{300\,000\,000\text{ km}}{1\,000\text{ sek}} = 300\,000\text{ km/sek.}''$$

„Ihre Ansichten in allen Ehren, Herr Kollege, aber mich können Sie damit nicht überzeugen. Ihrer Meinung nach ist das Licht ja endlich. Das heißt, der Lichtstrahl hätte Anfang und Ende.“ Cassini steht mit den Füßen auf der Skizze im Sand. Er schüttelt den Kopf und geht dann schnellen Schrittes zum Hauptgebäude hinüber.

Am 22. November 1675 tritt Römer vor die Akademie zu Paris und teilt seine Beobachtungen mit. Doch auch die fähigsten Köpfe der Wissenschaftler werfen Römers Erkenntnis als nicht bewiesene Vermutung.

Wir wollen nicht den weiteren Weg des Assistenten Cassinis verfolgen, sondern uns wieder dem Lichtstrahl zuwenden. 300 000 Kilometer in der Sekunde! Wirklich, da kommen wir mit den Meßmethoden, die allgemein auf unserem Planeten Verwendung finden, nicht mit. Trotzdem sind Verfahren entwickelt worden, mit denen man die Geschwindigkeit des Lichtes auch hier messen kann.

Auf der Erde ist für unseren Rekordläufer Licht kein Gegner zu finden, und das wollen wir auch nicht. Wir überlegen vielmehr, wozu wir ihn benutzen können. Der Lichtstrahl kann uns die Entfernungen im Weltall erkunden und uns dessen Größe zeigen.

Von der Sonne bis zur Erde ist er genau acht Minuten und zwanzig Sekunden unterwegs; denn die Entfernung beträgt 150 Millionen Kilometer. Diese Strecke ist für ihn noch eine Sprint-, eine Kurzstrecke, und auch die nächste Nachbarsonne sendet einen Strahl in rund einer Viertelstunde zur Erde. Das wäre die nächste Nachbarschaft, die den Astronomen gut bekannt ist. Dagegen ist der Lichtstrahl unvorstellbar lange unterwegs, um von einem fernen Stern zu uns zu kommen. Die größte Entfernung legt unser Rekordläufer zurück, wenn er uns Geschehnisse vom Rande des Universums vermittelt. 500 Millionen Jahre muß das Licht von dort reisen, um uns zu erreichen.

Wie lang ist für uns ein Jahr! Es will oft gar kein Ende nehmen — und nun diese unvorstellbare Zeit! Wenn auf der fernen Welt etwas passiert, nehmen wir an, sie wird zerstört, dann können wir es nie erfahren. Erreicht der Lichtstrahl die Erde, dann bist du schon lange nicht mehr am Leben. Viele Generationen werden kommen und gehen, und während dieser Zeit stürmt das Licht mit 300000 Kilometer in der Sekunde durch das All. Stunde um Stunde, Tag um Tag, Jahr um Jahr.



Das Licht nimmt immer den kürzesten Weg. Schnurgerade ist seine Strecke. Stellt sich ein Hindernis in den Weg, so kann es nicht weiter, und dahinter ist dann . . . Schatten. So wie es bei der Sonnenfinsternis war. Der Mond stellte sich den Sonnenstrahlen in den Weg, ließ sie nicht passieren, und sein Schatten wanderte über die Erde.

Das getäuschte Auge

Jeder von uns hat schon einmal beobachtet, wie sich an den befestigten Ufern eines Flusses die Wellen brechen, die ein vorüberfahrender Dampfer aufwirft. Schräg von einer Seite laufen sie gegen die Ufer-

böschung, prallen dagegen und werden zur anderen Seite zurückgeworfen. Die Richtung der Wellen wird einfach umgebogen. Umbiegen? Ist dort nicht eine Verbindung mit dem Begriff reflektieren? Wörtlich übersetzt heißt das ebenfalls umbiegen. Reflexion hat aber auch einiges mit dem Licht zu tun. Hier ist etwas, das Wasserwellen und Lichtstrahlen gemeinsam haben. Auch der Lichtstrahl wird umgebogen, reflektiert. Das haben wir alle schon erlebt.



War es nicht an einem Sonntagmorgen? Ihr wart doch gerade beim Frühstück. Da zeigte Hans auf einen hellen, zitternden Lichtfleck an der Zimmerdecke: „Wo kommt das Licht her?“ Fast rund war er, und hin und wieder zitterte er hin und her. Alles wurde untersucht, doch es war keine Lichtquelle zu finden, bis . . . ja, bis IIschen ihren Kaffee trinken wollte und die Tasse in die Hand nahm. Das gab ein Geschrei: „Halt, laß doch mal stehen! Da, jetzt ist er weg.“ Verwundert habt ihr alle um die Tasse herumgestanden, die an denselben Ort zurückgestellt worden war. Ein Sonnenstrahl fiel auf den Inhalt, und der Kaffee bedankte sich für die verschwenderische Beleuchtung, indem er den Lichtfleck an die Decke malte. Stieß jemand an den Tisch, dann kam die Oberfläche in Bewegung, so daß an der Decke viele lustige kleine Kringel tanzten. Der Kaffee reflektierte die Sonnenstrahlen. Man kann den gleichen Effekt mit einem Glas Wasser erreichen.

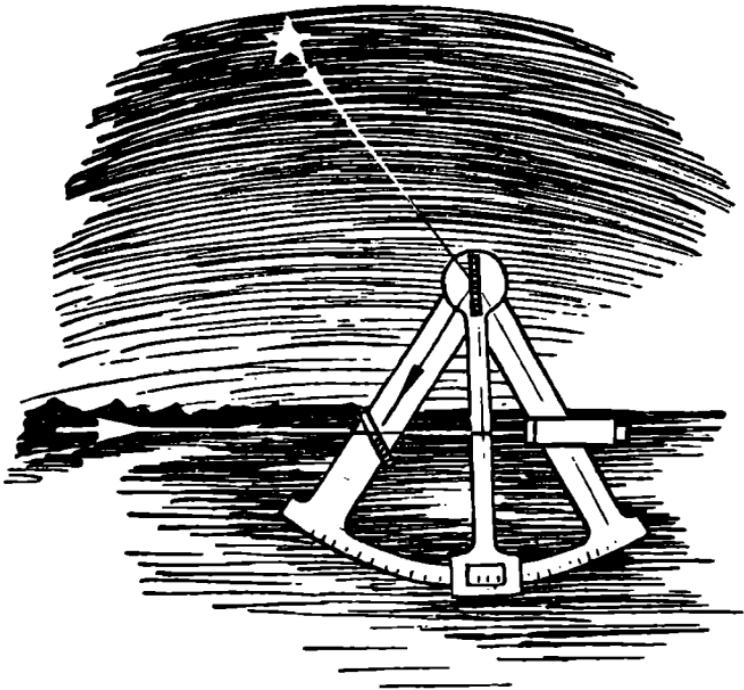
Die Prinzessin in dem Märchen „Der Froschkönig“ ging jeden Morgen zum Brunnen und schaute hinein, ob sie wohl noch schön sei. Sie benutzte das Wasser als ‚Spiegel‘.

Im Mittelalter war die Stadt Venedig durch ihre Spiegelmacher berühmt; denn nur in Venedig kannte man die Kunst, wie gute Spiegel angefertigt werden. Damit diese beherrschende Stellung erhalten blieb,

durfte kein Geselle bei Todesstrafe das Geheimnis der Zusammensetzung des Glases verraten. Aber alle Verbote sind zwecklos, wenn der arbeitende Mensch unterdrückt und ausgenutzt wird, da sich immer wieder jemand findet, der sich dagegen auflehnt und die Verbote mutig übertritt. Zwei venezianische Glasergesellen versprachen sich Reichtum und Glück, wenn sie mit ihren Kenntnissen im nahen Frankreich wirken könnten. Die Flucht gelang ihnen, und sie durften am französischen Hof in Paris ihre Kunst zeigen. Jedoch nur so lange, wie die Franzosen es nicht verstanden, selbst Spiegel von guter Qualität zu schaffen. Als ihnen das Geheimnis der Herstellung bekannt war, ergriffen sie die Venezianer und lieferten sie an den Stadtstaat Venedig aus.

Heute denkt man längst nicht mehr an diese Begebenheit, wenn man in den Spiegel schaut, um sich zu betrachten, oder einige Versuche mit ihm durchführt.

Mit einem Spiegel kann man einen Sonnenstrahl in jede gewünschte Richtung lenken. Seien wir ehrlich, bei dem Gedanken, einen Sonnenstrahl zu reflektieren, fallen uns unsere Spielereien mit dem Taschenspiegel ein, wobei wir den Leuten gegenüber ein paar leuchtende Punkte auf die Tapete gezaubert haben. Wer denkt schon daran, daß dieser Zeitvertreib die Grundlage für die Navigation an Bord

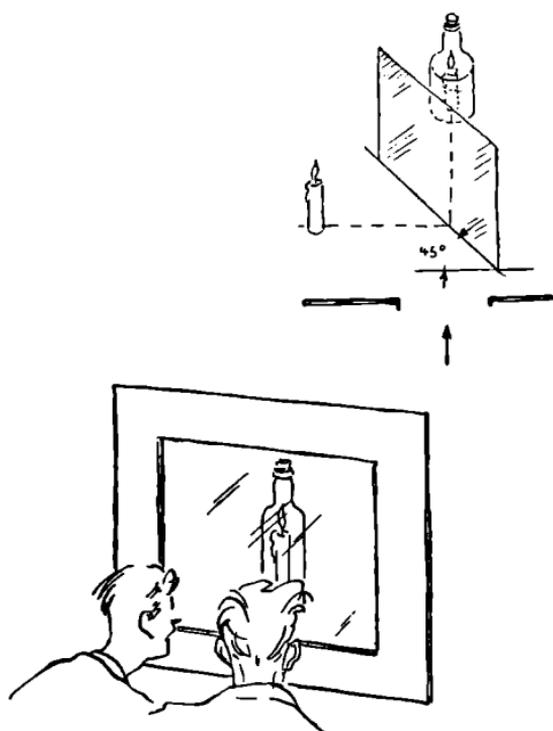


eines Schiffes ist. Navigation nennt man die Berechnung des Schiffskurses sowie das Ermitteln des Standortes auf hoher See. Sehen wir uns einmal die Beschreibung eines solchen Gerätes an: Ein wichtiges Gerät ist der Spiegelsextant, mit dem der Seemann den Standort seines Schiffes auf den Weltmeeren feststellen kann. Zwei Spiegel sind so geschickt angeordnet, daß sich, wenn sie parallel und mit den

spiegelnden Flächen zueinander gerichtet sind, der angepeilte Horizont dem Beobachter zweimal zeigt. Einmal sieht man ihn direkt, indem der Blick am unteren Spiegel vorbeistreift, und ein zweites Mal im Spiegel. Zwei Bilder auf einen Blick! Für das Bild im Spiegel sorgt der zweite, über ihm angebrachte, der beweglich ist. Durch diese Eigenschaft kann man zum Beispiel den Horizont direkt und die Sonne im Spiegel gleichzeitig anpeilen. Ein Zeiger, der am beweglichen Spiegel befestigt ist, ermöglicht es, den Erhebungswinkel der Sonne abzulesen, so daß der Seemann seinen Standort auf dem Meer berechnen kann.

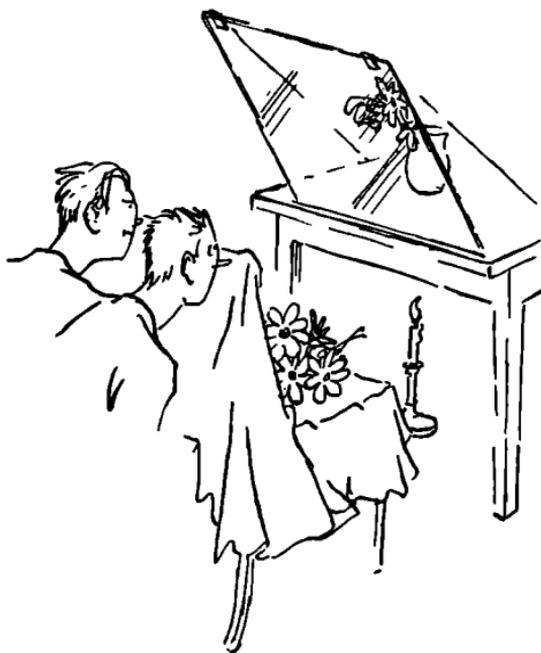
Spiegeltricks

Aber hat nicht Fritz oder Karl oder der Vater in der nächsten Woche Geburtstag? Wollen wir da die Gäste einmal überraschen? Mit reflektierten Lichtstrahlen lassen sich ganz tolle Effekte erzielen. Zum Beispiel: Die brennende Kerze in der Wasserflasche. Hinter einer möglichst dünnen Glasscheibe stellen wir eine Flasche mit Wasser so auf, daß das Spiegelbild einer Kerze im Wasser erscheint. Vor den Spiegel stellen wir eine Papptafel mit einem viereckigen Ausschnitt so, daß sie die Kerze und die Kanten der Glasscheibe verdeckt. Wenn wir nun den Versuch in einem



mäßig verdunkelten Zimmer ausführen und sich in der Nähe der Kerze keine anderen Gegenstände befinden, die von ihr angeleuchtet werden und sich mit ihr zugleich spiegeln, dann bemerken die Zuschauer die Glastafel gar nicht. Nun zünden wir die Kerze an. Bei den Zuschauern entsteht der Eindruck, als hätten wir die Kerze im Wasser angezündet.

Hat euch das gefallen? Nun, wir können noch mehr!
Wir stellen einen Stuhl so vor den Tisch, daß zwischen seiner Lehne und dem Tischrand noch ein Raum von einem dreiviertel Meter bleibt und seine Sitzfläche dem Tisch zugekehrt ist. Den Stuhl bedecken wir vollständig mit einem schwarzen Tuch und entziehen dadurch den Zuschauern den Einblick in die Vorgänge unter dem Tisch. Auf den Tisch stellen wir eine niedrige Blumenvase und vorn an den Rand des Tisches eine nicht zu kleine Glasscheibe. Durch Schnüre und Nägel geben wir ihr eine geringe Neigung nach vorn und verdecken ihre Ränder durch irgendeine Verklei-



dung. Auf den Stuhl legen wir unter bestimmter Neigung einen Blumenstrauß und beleuchten ihn mit der Kerze, die für den Betrachter nicht sichtbar unter dem Tisch entzündet wird. Durch die Glasscheibe sieht der Beschauer die Vase auf dem Tisch, zugleich aber auch darin durch Spiegelung den Strauß, der sich jetzt scheinbar in der Vase befindet. Nun blasen wir die Kerze aus. Die Blumen verschwinden aus der Vase. Sehr wirksam ist es auch, statt der Vase ein leeres Goldfischglas aufzustellen, die dazugehörigen Fische aus Goldpapier zu schneiden und auf den schwarzen Behang des Stuhles zu heften. Man kann sie ganz nach Belieben durch Beleuchtung und Verdunkelung in dem Glas erscheinen und wieder verschwinden lassen.

Die Glasscheiben vor dem dunklen Hintergrund wirken wie ein Spiegel.

Das Bild im Spiegel

Schauen wir in einen Spiegel hinein, so sehen wir uns selbst in voller Größe. Wenn nun aber der Spiegel nicht eben, sondern nach innen gewölbt ist, wie eine Kugelschale, was geschieht dann mit dem Lichtstrahl? Er wird auch reflektiert! Darin besteht kein Unterschied zum ebenen Spiegel. Dieser liegt vielmehr

darin, daß der Lichtstrahl mit vielen anderen auf einen Punkt, nämlich den Brennpunkt, konzentriert wird. Das heißt, dazu müssen die Strahlen annähernd parallel und senkrecht auf den Spiegel treffen. Dieser Vorgang läßt sich auch umkehren. Steht eine Lichtquelle im Brennpunkt des Hohlspiegels, so reflektiert er alle Strahlen parallel in eine Richtung. Diese Eigenschaft des Hohlspiegels wird oft nicht beachtet. Besonders für Kraftfahrzeuge ist das sehr wichtig. Fährt ein Wagen auf der Landstraße mit Scheinwerfern und kommt ihm ein anderes Fahrzeug entgegen, dann hat der Schofför die Möglichkeit, die Blendwirkung der parallel vom Scheinwerferspiegel reflektierten Lichtstrahlen abzuschirmen. Die Reflektion erfolgt nämlich in einem ganz bestimmten Winkel. Befindet sich die Lichtquelle im Brennpunkt, so verläßt das Licht den Autoscheinwerfer in parallelen Strahlen und blendet. Es wird jedoch schräg gegen die Fahrbahn gerichtet, wenn die Lichtquelle außerhalb des Brennpunktes steht — und zwar in Richtung vom Spiegel weg. Die Lampe im Scheinwerfer hat deshalb zwei Glühfäden. Der eine liegt im Brennpunkt, der andere davor. Beide können wahlweise eingeschaltet werden.

Spieglein, Spieglein an der Wand

Ist es nun auch möglich, sich in einem Hohlspiegel zu betrachten? Freilich, nur darf eine bestimmte Entfernung nicht überschritten werden. Halten wir das ein, dann sehen wir uns aufrecht und vergrößert in dem Spiegel. Wozu kann diese Vergrößerung benutzt werden? Ja, richtig, Vaters Rasierspiegel ist genauso. Sind wir mit dem Gesicht nahe genug an dem Glas, können wir durch die Vergrößerung jedes schüchtern sprossende Härchen auf unseren Wangen erkennen. Die Hohlspiegelbilder sind also in ihrer Größe und in ihrer Lage von der Entfernung des gespiegelten Gegenstandes abhängig.

Na, da sind wir aber neugierig, wie die Bilder aussehen mögen, die ein gewölbter Spiegel erzeugt.

Gehen wir in der gleichen Weise vor wie beim ebenen Spiegel. Ein Lichtstrahl trifft auf die reflektierende Fläche und wird abgelenkt. Bei der nach innen gewölbten Fläche werden alle Strahlen im Brennpunkt konzentriert. Wir vermuten daher, daß eine nach außen gewölbte Spiegelscheibe die Lichtstrahlen zerstreugend reflektiert. Ein Versuch bestätigt das. Ihr braucht nur den Kegel einer Taschenlampe auf das Lampengehäuse an eurem Fahrrad zu richten, um den Beweis zu erbringen. Wohlgermerkt, das Gehäuse muß möglichst verchromt sein, damit es Ähn-

lichkeit mit dem Spiegel hat. Das Lichtbündel der Taschenlampe wird völlig aufgelöst, es wird also von den gewölbten Flächen nach allen Seiten geworfen. Diese Tatsache zu verstehen, ist nicht besonders schwer. Schwieriger ist die Entstehung des Bildes im erhabenen Spiegel zu begreifen. Hier kehren wir wiederum den Lichtweg um und lassen die von einem Gegenstand ausgehenden Lichtstrahlen auf einen erhabenen Spiegel fallen, der sie annähernd parallel in unser Auge gelangen läßt. Die Bilder erscheinen alle verkleinert. Daher kann auch der Kraftfahrer die Straße hinter sich übersehen, denn er hat an seinem Wagen so einen Spiegel. Schau ihn dir einmal an.

Nicht wahr, es ist erstaunlich, was sich mit einem Stückchen geraden oder gebogenen, belegten Glases erreichen läßt. Der ebene Spiegel reflektiert die Lichtstrahlen und erzeugt Bilder in Originalgröße. Der Hohlspiegel (kugelförmig, sphärisch oder konkav genannt) sammelt die Lichtstrahlen und zeigt vergrößerte Bilder. Dabei dürfen wir nicht vergessen, daß eine bestimmte Entfernung nicht überschritten werden darf, wenn wir im Spiegel Abbildungen erhalten wollen.

Das Bild in der Luft

„Guten Tag, Frau Wedekind, ist der Klaus daheim?“

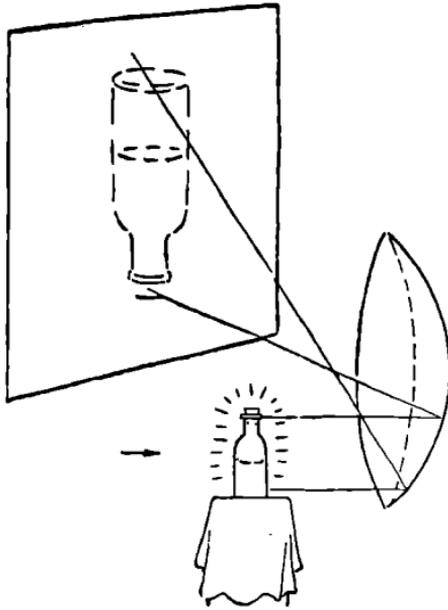
„Ja, in seinem Zimmer, geh mal nach hinten!“ Günter öffnet die Tür und schaut in ein völlig verdunkeltes Zimmer. „Komm herein und mach die Tür zu!“ Günter tritt an den Tisch. Klaus hat einen Hohlspiegel aufgebaut und eine Flasche, die halb mit Wasser gefüllt ist. Sie steht auf einem Podest, das mit einem dunklen Tuch verkleidet ist. Den Spiegel hat Klaus etwas höher angeordnet. Eine Lampe ist so eingestellt, daß nur die Flasche von einem Lichtbündel getroffen wird.

„Was probierst du denn aus?“

Klaus nimmt einen weißen Bogen zur Hand. „Gestern in der Physikstunde hat doch Herr Berger gesagt, daß man mit einem Hohlspiegel Bilder erzeugen kann, die irgendwo in der Luft stehen. Ich probiere schon eine ganze Zeit, aber es will nicht gehen.“

Damit schiebt Klaus die weiße Fläche wiederum dicht hinter die Flasche und führt sie leicht hin und her. Es sind helle Reflexe auf dem Schirm zu erkennen, doch von einer scharfen Abbildung ist nun wirklich nichts zu sehen.

„Ich glaube, du bist zu dicht am Gegenstand, Klaus. Wenn ich mich recht erinnere, so sagte Herr Berger, außerhalb der doppelten Brennweite liegt das Bild. Zeig doch einmal her!“ Günter führt den weißen



Schirm und sucht mit ihm den Raum hinter der Flasche ab. Er hält ihn dabei oberhalb der optischen Achse.

„Da ist es!“

„Tatsächlich, Mann, das ist eine Sache.“

Die Jungen verändern den Abstand der Flasche vom Spiegel, suchen das Bild, verändern wieder, suchen abermals. „Das müssen wir morgen den anderen vorführen.“

„Hm, da schreiben wir uns mal auf, was wir entdeckt haben, damit wir sofort Bescheid wissen.“

„Gut, aber wie wollen wir die Bilder nennen?“

„Wieso nennen?“

„Na, einmal sehen wir Bilder im Spiegel, und einmal fangen wir sie draußen ein.“

„Ach so, vielleicht Spiegel- und Luftbilder.“

„Unsinn, wo sind denn Bilder aus Luft? Das geht nicht. Ich meine vielmehr, wir sagen zum Bild im Spiegel ‚scheinbares Bild‘; denn der Spiegel lenkt nur die Richtung des Lichtstrahles um, eben durch seine Reflexion. Steht man ungünstig, dann ist kein bißchen von dem abgebildeten Gegenstand zu sehen. Aber auf dem Papier, das ist wirklich ein Bild, und es ist von fast allen Punkten des Raumes zu erkennen.

Wir nennen die Spiegelbilder scheinbare (virtuelle) Bilder — und die aufgefangenen wirkliche (reelle) Bilder.“

Beide setzten sich an den Tisch und stellten bei Lampenlicht folgende Tabelle auf:

Entfernung des Gegenstandes vom Spiegel	Entfernung des Bildes vom Spiegel	Art des Bildes
0 - f (f = Brennweite)	hinter dem Spiegel	scheinbar, vergrößert, aufrecht
f	unendlich	kein Bild
f - 2f	2 f bis unendlich	wirklich, vergrößert, umgekehrt
2 f	2 f	wirklich, gleichgroß, umgekehrt
2 f bis unendlich	f - 2 f	wirklich, verkleinert, umgekehrt
unendlich	f	unendlich klein (Brennpunkt)

Bei einem erhabenen Spiegel entsteht vom Gegenstand stets ein virtuelles aufrechtes und verkleinertes Bild, das hinter dem Spiegel zu liegen scheint.

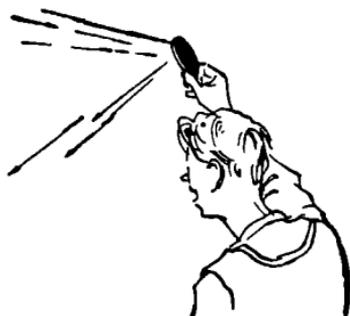
Da wissen wir jetzt Bescheid. Günter und Klaus haben sich sogar die Mühe gemacht, die Bildentstehung tabellenmäßig festzuhalten.

Das ist gut, doch wäre es nicht einfacher gewesen, wenn sie sich die Lichtstrahlen genau angesehen hätten? Bestimmt wäre der Schnittpunkt zu sehen gewesen, und dann brauchten sie nur das Papier dort hinzuhalten und . . . Einen Moment! Die Lichtstrahlen sind zu sehen? Das stimmt ja gar nicht! Die Sonne zum Beispiel leuchtet ohne Unterbrechung und sendet Lichtstrahlen aus. Warum sehen wir sie nicht in der Nacht? Nun, man braucht über diese Frage gar nicht so spöttisch das Gesicht zu verziehen. Zu uns kommen die Lichtstrahlen nur, wenn sich nichts zwischen der Sonne und unserem Standort befindet, also wir nicht im Schatten liegen. Aber die Strahlen, die an der Erde vorbeigehen und den Mond erleuchten, die müßten wir doch sehen.

Richten wir unser Auge auf die Sterne, so haben wir doch gleichzeitig den von Sonnenstrahlen erfüllten Raum vor uns und sehen . . . nichts!

Demzufolge ist das Licht unsichtbar!

Das ist ja nicht möglich. Eben^s wurde doch berichtet, daß die Scheinwerfer eines entgegenkommenden



Fahrzeuges blenden. Da lasen wir vorhin, daß die Sonne uns Licht spendet, unsere Tage erhellt, und nun wird behauptet, das Licht sei unsichtbar?

Probiere es doch selbst. Nimm einen Taschenspiegel und leite das Sonnenlicht ins Zimmer, so wie es hier schon erwähnt wurde. Hell leuchten die Punkte auf der Tapete, aber der zeichnende Lichtstrahl ist nicht zu entdecken.

Untersuchen wir jetzt einmal andere Dinge, die damit in Verbindung gebracht werden können.

Der Scheinwerfer des Kraftwagens

Der starke Lichtstrom aus dem Hohlspiegel des Scheinwerfers trifft auf Häuser, Bäume und Zäune und läßt sie sichtbar werden. Genauso verhält es sich mit der Straße. Erst wenn die Lichtstrahlen das Pflaster

treffen, ist es zu erkennen. Oftmals sind entgegen allen Erklärungen die Lichtstrahlen doch zu sehen, und zwar besonders an Herbstabenden, wenn sich leichte Dunstschleier bilden. Sie sind es, die dann den Lichtkegel hervortreten lassen.

Oder ein wolkenverhangener Himmel spannt sich über das Land. Wie durch einen Türspalt dringt plötzlich ein Sonnenstrahl aus dem Gewölk, und der Dunst zwischen der Wolkenbank und der Heide leuchtet in einem schmalen Band auf. Oft haben die Maler diese Effekte für ihre Bildkompositionen ausgeschöpft.

Merken wir uns:

Erst wenn die Lichtstrahlen auf einen Körper treffen und reflektiert werden, so daß auch Strahlen in unser Auge gelangen, dann können wir Licht erkennen und damit auch den Körper. Eine Ausnahme besteht dann, wenn das Licht von der Quelle direkt auf die Netzhaut gelangt.

Das reflektierte Licht

„Gib doch den Schraubenschlüssel, ja, den sechzehner.“ Gerd schiebt mit der Fußspitze den Schlüssel unter den Wagen, während er die Hände an einem Putzlappen abwischt. Scharf steht der Schatten des Dreitonners an den Wänden und der Decke; denn

unter dem Fahrzeug strahlt eine Handlampe, um dem arbeitenden Alfred die Reparatur zu erleichtern. „Na, fertig?“

„Ja.“ Alfred schiebt sich vorsichtig unter dem Trittbrett vor.

„Sag mal, wollen wir uns nicht noch ein wenig Berlin anschauen?“

Bald darauf betreten Alfred und Gerd das Casino und suchen sich einen Tisch an der Tanzfläche. Neben Alfred sitzt ein älterer Herr gedankenverloren vor seinem Weinglas. Unsere Freunde bewundern unterdessen die Beleuchtung des Raumes. „Ich sehe keine Lampe, du?“

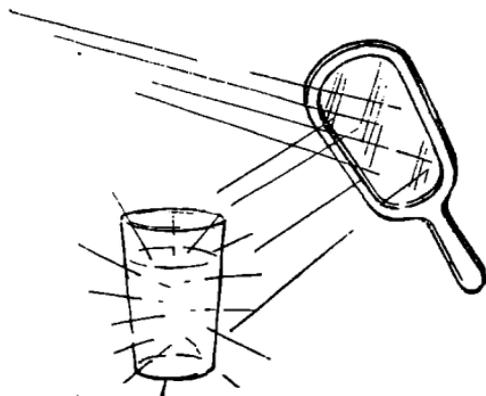
„Nein, aber sieh mal, das Licht scheint vom Mittelpfeiler zu kommen.“

„Ganz recht“, mischt sich der ältere Herr in das Gespräch. „Ich freue mich auch immer wieder, wenn ich diesen Raum betrete. Sehen Sie, ein paar Lampen und dann Spiegel an den Wänden, das ist so die Standardeinrichtung der meisten Tanzlokale, das Licht wird regelmäßig zurückgeworfen und blendet oft. Aber diese Lampen hier sind verdeckt. Die Strahlen, die sie aussenden, treffen zum Beispiel dort auf die mikroskopisch kleinen Unregelmäßigkeiten des Pfeilers, so daß sie nach allen möglichen Richtungen abgelenkt, zerstreut werden. Diese unregelmäßige Reflexion erreicht, daß der Raum so gemütlich ist.“

Lassen wir die drei allein und denken einmal nach, wie wir uns selbst so eine Lichtzerstreuung vorführen können.

Die Milchlampe

Wir füllen ein Glas mit Wasser und lassen das von einem Handspiegel zurückgeworfene Lichtbündel darauffallen. Das Wasser wird so erleuchtet, daß man das Glas im Dunkeln deutlich sieht. Nun fügen wir einen Teelöffel voll Milch zum Wasser und rühren beides durcheinander. Das Lichtbündel lassen wir wieder darauffallen. Der Becher voll Milchwasser leuchtet wie eine Lampe und erhellt das Zimmer so, daß man bei seinem Licht lesen kann. Drehen wir



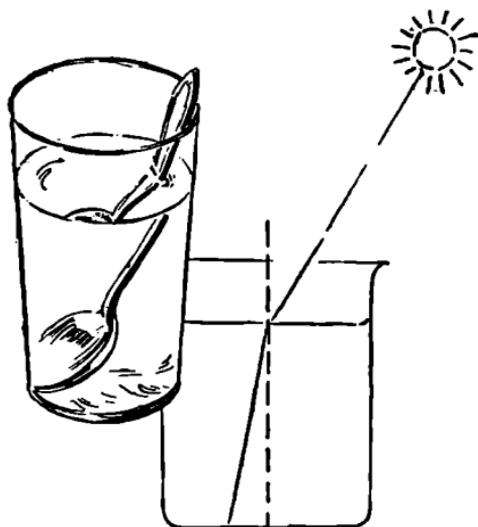
den Spiegel und werfen das Licht seitwärts vom Becher, wird das Zimmer dunkel. Richten wir das Lichtbündel in die frühere Stellung zurück, leuchtet der Becher sofort wieder auf. Wenn man anstatt des Bechers ein Einmacheglas benutzt, nimmt man zwei Teelöffel voll Milch.

Noch ein kleiner Versuch. Wir füllen das Glas wiederum mit klarem Wasser und schicken von oben einen feinen Lichtstrahl hinein. Ganz deutlich sehen wir den Strahl in der Flüssigkeit. Ein wenig Puder, der in der Luft zerstäubt wird, macht es möglich, den Lichtstrahl auch von der Lampe bis zur Wasseroberfläche zu verfolgen. An der Oberfläche des Wassers bildet sich ein Knick zwischen dem Strahl in der Luft und dem im Wasser.

Woran liegt das?

Mit großer Geschwindigkeit flitzt der Lichtstrahl durch die Luft heran. Plötzlich trifft er auf einen Stoff, der viel dichter in der Anordnung der Moleküle ist. Im gleichen Augenblick, da er in diesen Stoff eindringt, verringert sich seine Geschwindigkeit, und er knickt ein. Nach welcher Richtung läuft der geknickte, gebrochene Strahl weiter?

Um eine Flüssigkeitsmenge bei verringerter Geschwindigkeit in gleicher Zeit wie eine Luftschicht entsprechender Stärke zu durchdringen, muß der Lichtstrahl in der Flüssigkeit einen kürzeren Weg wählen.



Umgekehrt ist es, wenn das Licht aus einem dichten Stoff in einen dünnen übertritt, dann wird die Richtung flach. Damit es leichter zu merken ist, hat man am Knickpunkt ein Lot errichtet und mißt die Winkel.

Dünnere Stoff (Medium)

Einfallswinkel groß

Dichtere Stoff (Medium)

Einfallswinkel klein

Dichtere Stoff (Medium)

Brechungswinkel klein

Dünnere Stoff (Medium)

Brechungswinkel groß

Die Fata Morgana

Im Juni ging folgende Nachricht durch die Presse: „Drei Touristen sind mit ihrem Wagen in der Wüste Sahara vom Wege abgekommen und verdurstet. Eine Kamelreiterstreife kam einige Stunden zu spät.“

Wie mag es den Menschen ergangen sein? Vielleicht hat ihnen eine Fata Morgana, jene eigenartige Luftspiegelung, etwas vorgegaukelt. Dabei lenken einzelne Luftschichten von verschiedener Dichte den Lichtstrahl ab, brechen ihn, so daß eine Ortschaft oder Oase, die noch weit hinter dem Horizont liegt, plötzlich greifbar nahe erscheint. Kommt man aber näher heran, zerfließt sie in ein Nichts.

Diese Luftspiegelungen gibt es nicht nur in Afrika, sondern auch in Deutschland, im Mittelgebirgsraum. Die Strahlen werden durch verschiedene Luftschichten so gebrochen, daß die Gipfel und Kämme des Gebirges doppelt erscheinen. Die einzelnen Schichten sind darauf zurückzuführen, daß in den Tälern warme Luftmassen lagern, die sich in den Morgenstunden mit anderen, kühleren Luftmassen mischen.

Auch die Astronomen haben mit der atmosphärischen Strahlenbrechung zu tun, wenn sie den Sternenhimmel beobachten. Die Sterne erscheinen immer höher, als ihr wirklicher Standort ist. Und zu guter



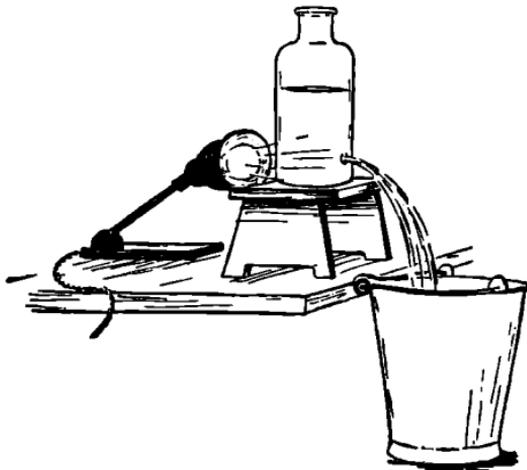
Letzt werden auch wir genarrt. Wenn die Sonne mit dem unteren Rand den Horizont berührt, schickt sie uns ihre letzten Strahlen. Eigentlich ist sie dann aber schon längst hinter ihm verschwunden. Gilt nun eigentlich noch der Ausspruch: „Ich glaube nur das, was ich sehe“ — oder können wir unseren Augen nicht mehr trauen? Nun, wir werden sehen. Noch sind viele Dinge auf der Spur des Lichtes zu betrachten.

Fällt der Lichtstrahl zum Beispiel unter einem ganz flachen Winkel auf die Wasseroberfläche, dann kann er nicht gebrochen werden, sondern wird total reflektiert, wie an einem Spiegel. Dazu gibt es einen interessanten Versuch, den ich beschreiben will.

Der Lichtbrunnen

Mit einer Messingröhre von sechs Millimeter Durchmesser, bei der man in das eine Ende mehrere Kerben mit einer Dreikantfeile eingeschnitten hat, bohren wir ein Loch in die Wandung eines Meßglases. Dabei legen wir einen Holzblock mit einem sechs Millimeter weiten Loch gegen die Flasche, setzen dann die Messingröhre, die mit Schmirgel und Wasser gut versorgt wird, in das Loch in dem Block ein, drehen die Röhre zwischen den Fingern und boh-

ren so ein Loch in das Glas. Die durchbohrte Flasche stellen wir vor die Lampe, so daß das Loch nach vorn zeigt, und davor auf den Boden einen Eimer. Wir halten einen Finger auf das Loch in der Wand des Glases und füllen es mit Wasser. Das Lichtbündel der Lampe muß an der Stelle der Wand eintreten, die der Seitenöffnung gegenüberliegt, und die Spitze des Lichtkegels, der im Wasser entsteht, auf den Finger an der Wandöffnung fallen. Wir verdunkeln das Zimmer so gut wie möglich, entfernen den Finger und lassen das Wasser in einem Strahl in den Eimer auf dem Boden strömen. Der Wasserstrahl leuchtet hell wie geschmolzenes Eisen. Die Stelle, wo er auftrifft, sprüht wie Feuer. Wenn wir jetzt den Finger in den Wasserstrahl halten, wird er glänzend erleuchtet.



Der Maler mit den schönsten Farben

Ganz am Ende des Aussichtspunktes steht eine Staffelei. Ein Naturfreund hat sich hier niedergelassen, um mit Pinsel und Palette dieses Schauspiel einzufangen. Versunken betrachtet er sein Werk auf der Staffelei. Da legt er die Geräte beiseite, sein Können reicht nicht aus, die Farben erblassen gegen den Glanz und die Verschwendung der Natur.

Auch uns ist es bestimmt schon oft so ergangen, daß wir etwas gesehen haben, was uns so gut gefiel, und wir hätten es zu gern festgehalten, den anderen gezeigt, um sie an dem schönen Erlebnis teilhaben zu lassen.

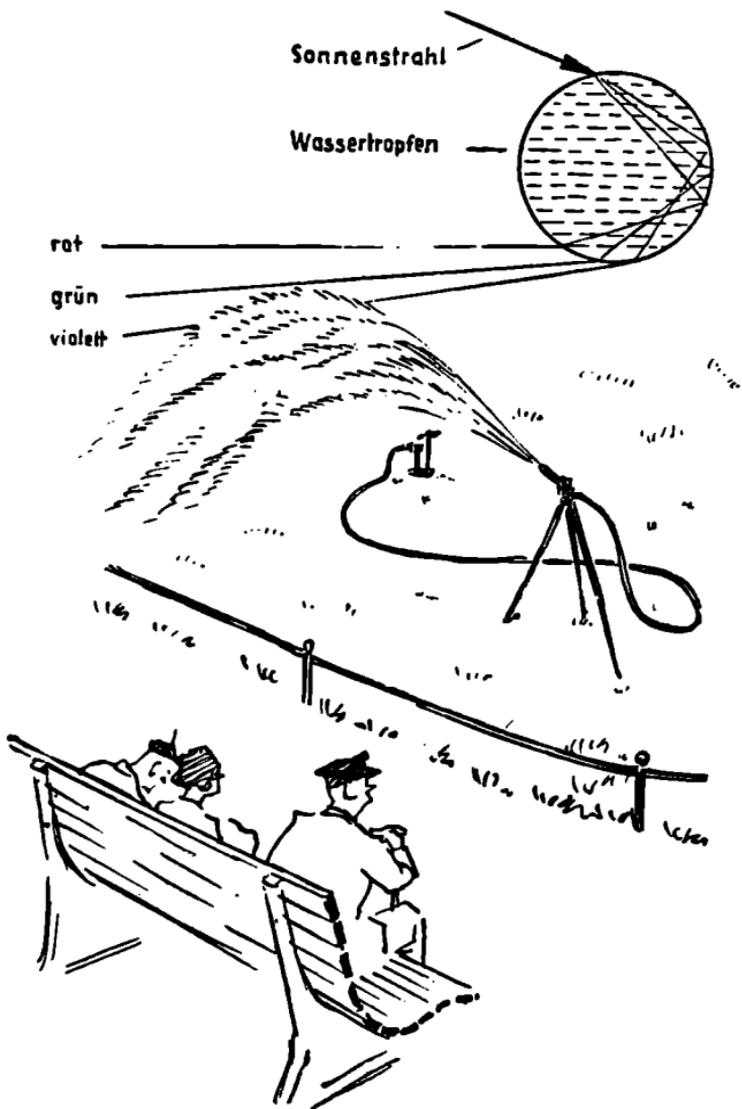
Wer ist der Künstler, der unserem Auge diese Schönheiten beschert, es begeistert? Es ist der Lichtstrahl, der uns auch hier wieder begegnet. Für gewöhnlich bezeichnen wir die Farbe des Lichtes als weiß. Da das Licht aber die Farben der Häuser, das Grün der Bäume sowie den blauen Schimmer des tiefen Waldsees hervorruft, kann das nicht ganz stimmen.

Würden wir besser beobachten, was um uns herum vorgeht, wäre es überflüssig, so zu fragen. Dort drüben stellt man neue Bänke auf, und hier sind Gärtner damit beschäftigt, eine neue Grünfläche anzulegen. Ein Rasensprenger hat seine Tätigkeit aufgenommen. Der Wasserstrahl faucht gegen ein

Rädchen, um somit die Spritzdüse im Kreise zu bewegen. Funkelnd fallen die Tropfen auf das frische Grün. Aber was war das eben? Für Bruchteile von Sekunden stand ein buntschillernder Vorhang im Sonnenlicht, um gleich darauf wieder zu verschwinden. Eben dreht sich der Sprenger wieder herum. Einzelne Wassertröpfchen fallen auf unseren Schatten, der sich vor uns auf dem Wege abzeichnet. Wir haben die Sonne im Rücken — und da ist die Erscheinung wieder. Wie kommt sie zustande?

Der Lichtstrahl erreicht den Rand eines Wassertröpfchens und dringt in dasselbe ein. Dabei ändert er, wie wir schon erfahren haben, seine Richtung. Nachdem er quer durch den Wassertropfen hindurchgegangen ist, stößt er auf den gegenüberliegenden Rand. Es gelingt ihm meistens nicht, schon hier das Tröpfchen zu verlassen, da der Winkel des auftreffenden Lichtstrahles das nicht zuläßt. Vollkommen reflektiert durchheilt er nochmals den Tropfen, um aus ihm herauszutreten. Diese zweimalige Ablenkung ruft das Farbenspiel hervor. Jeder hat es schon gesehen, wenn auch nicht beim Rasensprenger, so doch beim Regenbogen.

Wir haben darauf geachtet, und da es uns interessiert, zaubern wir uns selbst einen Regenbogen, von dem die Germanen sagten, er wäre die Brücke zum Reich der Götter.



Wir stellen vor das offene Fenster einen Blumentopf mit Erde und stecken einen Stab hinein, der oben einen schräg abgeschnittenen großen Kork mit einem aufgeklebten Spiegel trägt. Die Sonne muß möglichst hoch am Himmel stehen. Mit dem Spiegel werfen wir das Sonnenlicht in waagerechter Richtung nach einem dunklen Hinterzimmer, dessen Tür wir so weit geschlossen haben, daß das Licht nur durch eine schmale Ritze fällt, die wir von oben und unten durch vorgehängte Tücher bis auf 10 Zentimeter begrenzen. So sind in wenigen Minuten der waagerechte Lichtstrahl, der Spalt, dessen Breite sogar verstellbar ist, und der dunkle Raum für den Versuch geschaffen. Das durch ein schräg gestelltes Aquarium entworfene Spektrum genügt für unsere Zwecke. Von Zeit zu Zeit ist es allerdings nötig, den Lichtstrahl wieder auf die Türritze zu richten, was durch Drehen und Verrücken des Stabes im Blumentopf ohne jede Schwierigkeit gelingt. Rot, Orange, Gelb, Grün, Blau und Violett sind die Hauptfarben des Spektrums. Die Übergänge zeigen daneben noch eine Vielzahl von nicht aufgeführten Farbtönungen. Damit die Farben von uns empfunden werden können, ist ein Körperteil, nämlich das Auge, dafür von der Natur mit den notwendigen Eigenschaften ausgestattet worden. Sehen wir uns an, wie diese Eigenschaften wirken:

Früh am Morgen, kurz vor Sonnenaufgang, erscheint uns draußen in der Natur alles grau in grau. Wir sehen doch sonst das Grün der Bäume und die anderen Farben! Ist der Wald in der Nacht, am Morgen oder am Abend nicht mehr grün?

Die Farben ändern sich nicht, nur kann unser Auge in einem geringeren Maße Farben als Helligkeit wahrnehmen. Im Innern unseres Auges befindet sich die Netzhaut. Auf ihr sitzen Stäbchen und Zäpfchen, worin der Sehnerv endet. Kommt der neue Tag heraufgezogen, reagieren die Stäbchen nur auf die Helligkeitswerte und sind nicht in der Lage, Farbunterschiede festzustellen. Dazu sind die Zäpfchen vorhanden, deren Funktion erst einsetzt, wenn das Licht stärker wird. Demzufolge wären die Stäbchen die besseren von beiden? Wir wollen uns davor hüten, eine solche Meinung laut werden zu lassen. Die Leistung der Zäpfchen ist beinahe unfaßbar! Erreicht die Helligkeit den Wert ihres Funktionsbeginns, so sind sie fähig, 5 000 000 Farbnuancen zu unterscheiden, die sich durch Mischungen und Licht- und Schattenabstufungen bilden.

Mit einem Prisma können wir ebenfalls ein Spektrum herstellen, indem wir einen Lichtstrahl durch den Glaskörper hindurchschicken. Auf einem Bildschirm erscheinen dann die einzelnen Farben nebeneinander in einem Band. Wie geht das vor sich?

Schwingende Farben

Sehen wir uns die Wirkung des elektrischen Stromes auf einen Draht an, der in einem luftleeren Glaskolben angeordnet ist. Nachdem der Strom eingeschaltet wurde, zeigt sich ein heller Schimmer um den Draht. Die Molekularbewegung des Stoffes durch die Erwärmung ist so groß geworden, daß sie Lichteffekte hervorruft. Jetzt glüht der Draht hellrot auf, wird heller und heller, um dann grellweiß zu strahlen. Die Schwingungen der Moleküle sind also noch schneller geworden.

Analysieren wir diese Tatsache, dann kommen wir zu der Erkenntnis, daß die Häufigkeit der Schwingungen im Stoff die Ursache für die verschiedenen Farbtönungen ist. Demnach müssen die Farben, die bei der Zerlegung des Lichtes der Sonne oder einer weißleuchtenden elektrischen Lampe auftreten, ebenfalls verschiedene Schwingungsgeschwindigkeiten haben.

Das weiße Licht wird durch ein Prisma zerlegt, weil es aus einzelnen Farben besteht, die verschieden schnelle Schwingungen ausführen.

Bei rotem Licht schwingen die Moleküle der Lichtquelle schwach. Bei violettem Licht schwingen die Moleküle der Lichtquelle stark. Rotes Licht wird im Prisma nur leicht abgelenkt. Violette Licht dagegen



stark. Wir können die Farben mit Skispringern auf der Sprungschanze vergleichen.

Es ist eine ganze Gruppe von Männern, die sich zum Ablauf fertigmachen. Dieser und jener springt gut, andere schlechter. Es haben sich zwei hervor getan, von denen einer eine violette Startnummer trägt. Seine Sprünge sind kraftvoll und weit. Der Starter mit der roten Nummer gibt sich viel Mühe, doch kommt

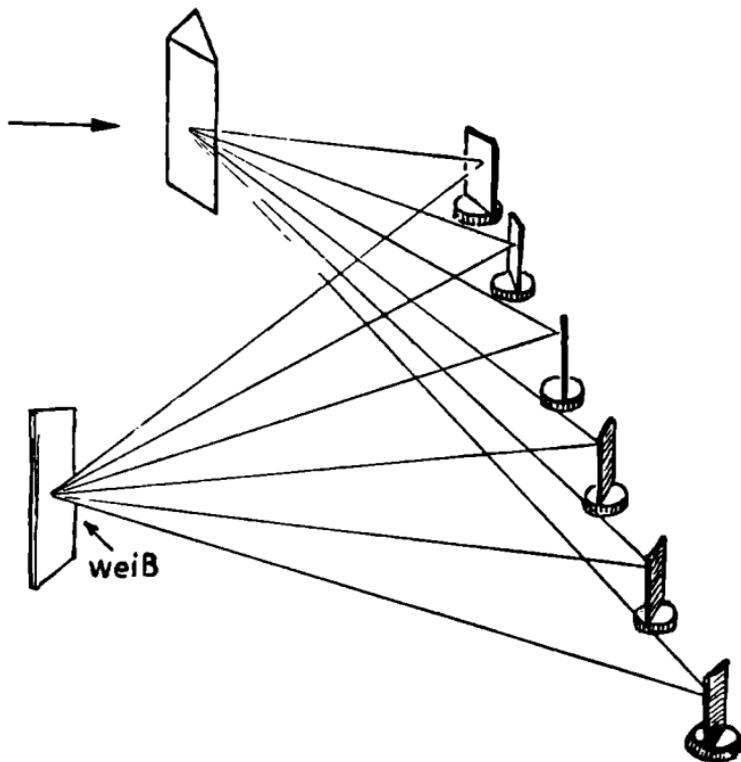
er nicht gut vom Schanzentisch weg und erreicht keine großen Weiten.

In dem Sonnenlicht, das wir mit unserem Prisma zerlegen, ist auch eine Farbe dabei, die gleichfalls dauernd schlecht gewacht zu haben scheint, nämlich das Rot. So wie der Springer durch die geringe Geschwindigkeit nicht in der Lage war, nach dem Absprung hoch hinauszugehen, so ist es der roten Farbe versagt, durch ein Prisma stark abgelenkt zu werden. Anders das Violett — hier ist die Ablenkung besonders groß.

Das Farbband des Spektrums hat immer die gleiche Farbenfolge. Von der roten schwachen Ablenkung zur starken violetten.

Da es uns gelungen ist, dieses Farbband aus dem weißen Licht zu erhalten, müßte es auch möglich sein, die einzelnen Farben zu weißem Licht zusammenzusetzen.

Nehmen wir einen Korken und schneiden davon sieben Scheiben von etwa einem Zentimeter Dicke ab. Dann fertigen wir sieben Spiegelstreifen an, die eine Länge von 5 Zentimetern und eine Breite von 1,8 Zentimetern haben sollen. Die Spiegel befestigen wir mit Wachs lotrecht auf den Korkscheiben. Ein schwarzes Brett legen wir auf einen Stapel Bücher und stellen die Spiegel darauf. Die Spiegelreihe ordnen wir so an, daß ein daraufgeworfenes Spektrum



gerade die ganze Reihe bedeckt. Nun nehmen wir alle Spiegel weg, bis auf einen, der an dem einen Ende der Reihe steht. Wir drehen ihn so, daß er seine Farbe auf die Mitte eines weißen Schirmes wirft. Einen zweiten Spiegel stellen wir auf und drehen ihn so, daß er das Licht auf dieselbe Stelle des Schirmes lenkt. Mit dem dritten und den übrigen Spiegeln verfahren wir ebenso.

Spiegelchen für Spiegelchen lassen wir so in Aktion treten und stellen fest, daß tatsächlich Weiß entsteht, wenn alle einzelnen Farben auf einen Punkt eines Schirmes zusammentreffen.

Was kann ein Maler mit seiner Palette schaffen im Gegensatz zu uns. Die reinsten Farben haben wir zur Verfügung. Nehmen wir mit Hilfe einer Blende das rote Farbband heraus, so ergeben die restlichen Farben grün. Sie haben sich gemischt. Das gleiche macht auch der Maler auf der Palette mit den Ölfarben. Die Farben ergänzen sich. Man nennt sie daher Komplementärfarben.

Was sind sie denn eigentlich, die Farben, die uns so oft in ihren Bann schlagen. Besonders bei einer schönen Theateraufführung, wo mit dem Licht der Scheinwerfer wunderbare effektvolle Farben hervorgezaubert werden.

Gebannt folgen wir dem Geschehen auf der Bühne. Der Chor, in farbenreichen Gewändern, ist aufgetreten, und vor ihm bewegt sich die Hauptdarstellerin, singt ihre Arie, vom Chor untermalt. Sie trägt ein Gewand von leuchtend roter Farbe. Plötzlich verblassen alle anderen Gewänder, nehmen eine dunkle, undefinierbare Tönung an. Nur ein Kleid macht eine Ausnahme, das rote Gewand. Es scheint zu glühen und hebt seine Trägerin direkt hervor. Ein ganz großartiger bühnentechnischer Effekt. Wir sind

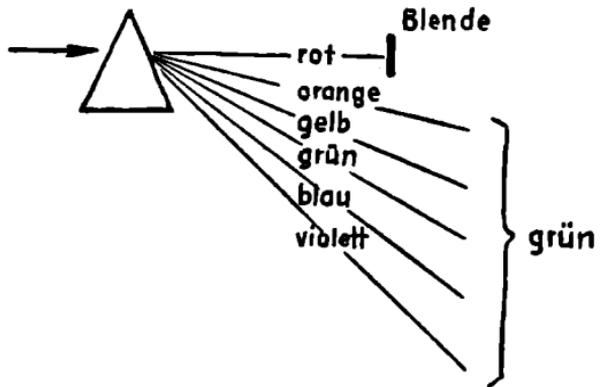
überrascht. Von der Beleuchterbrücke wird hauptsächlich rotes Licht auf die Bühne gestrahlt.

Wie das vor sich geht? Nun, wir können es selbst einmal ausprobieren.

Befestige einen kleinen Taschenspiegel an einem Stab und stelle ihn so, daß das Sonnenlicht darauf fällt. Den reflektierten Strahl richtest du auf das Schlüsselloch einer Zimmertür, so daß in das dahinterliegende Zimmer nur ein ganz kleiner Strahl fällt. In diesen Lichtstrahl hältst du ein Prisma, so daß wieder das bunte Farbenband des Spektrums entsteht. Fangen wir das Band jetzt nicht auf einem weißen Schirm, sondern auf einem roten Kleid oder einer roten Jacke auf, erscheint das Spektrum völlig schwarz, nur eine Stelle leuchtet rot auf.

Auf den Stoff und das Licht muß man auch achten, wenn man sich ein Kleidungsstück kauft.

„Eine wunderschöne Farbe, mein Herr.“ Wir schauen an uns herunter, um zu sehen, wie der braune Anzug sitzt, und gehen dann zum Spiegel. Der Stoff hat ein dezentes Braun. „Treten Sie bitte an das Fenster, dann können Sie den Stoff auch bei Tageslicht betrachten.“ Ja, richtig, bisher standen wir unter den großen Kugelleuchten. Ob da ein Unterschied besteht? Der Stoff verändert sich doch nicht! — Aber das Licht ist ein anderes, und so ist der Unterschied wirklich beträchtlich.



Beim roten Kleid wehrt sich der Stoff gegen das Rot. Diese Farbe des Spektrums wird zurückgeworfen und reizt das Auge. Alle anderen Farben läßt der Stoff in sich verschwinden. Er verschluckt sie.

Würde er alle Farben des Spektrums verschlucken (absorbieren), dann erscheint dem Auge ihr Gegenstand als schwarz. Oftmals werden auch zwei Farbwerte nicht aufgenommen, zum Beispiel gelb und blau. Diese mischen sich dann und ergeben grün. Der Pullover, der Zaun, das Gras erscheinen grün. Aus diesem letzten Beispiel können wir einen Merksatz ableiten:

Jede Farbe kann einmal aus dem Spektrum ausgeblendet werden; dann ist es eine Grundfarbe. Jede

Farbe kann durch Mischung gewonnen werden;
dann ist es eine Mischfarbe.

Nehmen wir Rot heraus, so ergeben Rot und Grün = Weiß	Orange	}	Grün
	Gelb		
	Grün		
	Blau		
	Violett		

Nehmen wir Orange her- aus, so ergeben Orange und Violett = Weiß	Rot	}	Violett
	Gelb		
	Grün		
	Blau		
	Violett		

Nehmen wir Gelb heraus, so ergeben Gelb und Blau = Weiß	Rot	}	Blau
	Orange		
	Grün		
	Blau		
	Violett		

Nehmen wir Grün heraus, so ergeben Grün und Rot = Weiß	Rot	}	Rot
	Orange		
	Gelb		
	Blau		
	Violett		

Nehmen wir Blau heraus, so ergeben Blau und Gelb = Weiß	Rot	}	Gelb
	Orange		
	Gelb		
	Grün		
	Violett		

Nehmen wir Violett heraus, so ergeben Violett und Orange = Weiß	Rot	}	Orange
	Orange		
	Gelb		
	Grün		
	Blau		

Der Vollständigkeit halber stellen wir fest, daß ein Körper, der das gesamte Farbband zurückwirft, im Auge einen weißen Eindruck erzeugt.

Die Farben wirken jedoch nicht allein auf unser Auge, sie haben noch weitere, uns oft nicht bekannte Wirkungen. An die rote Farbe schließt sich der Bereich der Wärmestrahlung an, während neben dem violetten Band die ultravioletten und die Röntgenstrahlen beginnen.

Rot ist daher eine warme und Violett eine kalte Farbe. Nun, das können wir bestätigen. Ein rot bezogener Sessel macht auf uns einen molligen Eindruck, weil eben im roten Strahl auch noch Wärmestraahlen enthalten sind, die wir fühlen. Dafür hat

Violett die stärkste Wirkung auf fotografische Platten. Fast schwarz werden violette Kleidungsstücke auf Fotografien, während die roten Kleidungsstücke sehr hell erscheinen. Das stärkste Leuchten besitzen dagegen die gelben Strahlen.

Neben dem sichtbaren Spektrum gibt es also auch noch Strahlen, die sogar mit dem Licht verwandt sind. Es wird sich bestimmt lohnen, wenn wir dort ein wenig nachforschen.

Die unsichtbaren Brüder

Die ultravioletten Strahlen sind für das menschliche Auge unsichtbar. Wir können sie nur mit Hilfe der fotografischen Platte nachweisen, da wir wissen, daß diese Strahlen fotografisch sehr wirksam sind. Das ist wie bei den Heinzelmännchen zu Köln, die ebenfalls unsichtbar wirkten. Wenn es in Köln dunkel wurde und die Nacht heraufzog, dann begann ein geheimnisvolles Leben in den Bürgerhäusern. Diese Hausfrau hatte die Geschirrwäsche nicht geschafft, jene war mit der Wäsche nicht fertig geworden und hatte müde das Schlafgemach aufgesucht. Aber während sie schliefen, eilten die Heinzelmännchen herbei und griffen zum Geschirrtuch und zum Waschlöffel. Hurtig ging ihnen alles von der Hand, so daß die

Frauen am nächsten Morgen nur noch feststellen konnten: „Alles fertig.“ Sie bedankten sich bei den freundlichen Wichten, indem sie kleine Schälchen mit Milch und Eßwaren bereitstellten. — Wie dieses Märchen durch die Schuld einer Neugierigen zu Ende ging, wissen wir. Es war eben ein Märchen. Heute gibt es so etwas nicht mehr. Oder doch?

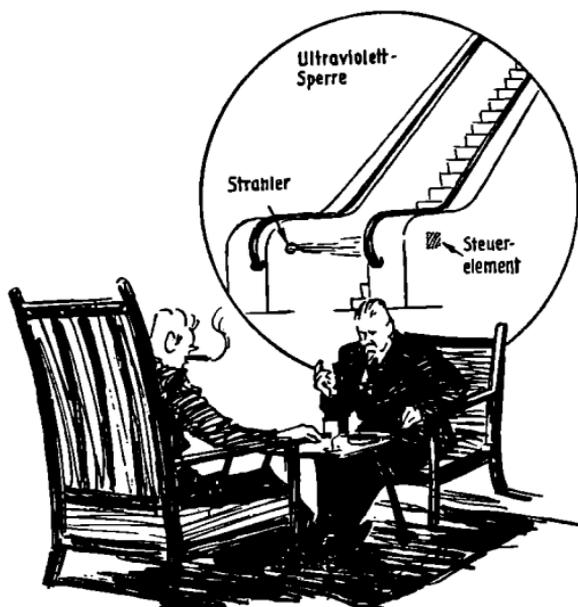
Heinzelmännchen der Technik

Herr Meyer ist auf dem Heimweg. Die Sitzung war lang und anstrengend. Kein Wunder, daß er immer noch in Gedanken dabei ist. So kommt er auf den Bahnhof der Schnellbahn. „Natürlich, immer wenn ich komme, ist die Rolltreppe außer Betrieb“, schimpft er vor sich hin, als er die stehenden Stufen sieht. Na gut, dann laufe ich eben über die Rolltreppe, denkt er. Doch ehe er die erste Stufe erreicht, ruckt die Treppe an. Die Stufen steigen empor, und lautlos windet sich die Gummischlange des Geländers an den Seiten dahin. „Hallo, ist da jemand?“ Herr Meyer schaut sich um, kann aber niemanden entdecken. Wer hat bloß die Treppe in Bewegung gesetzt? Zu dieser Stunde ist die Station kaum belebt. Die Rolltreppe hat Herrn Meyer nach oben auf den Bahnsteig getragen. Er macht einen Schritt vorwärts

und verläßt sie. Da reißt es ihn herum, das Geräusch des Mechanismus ist hinter ihm verstummt. Unbeweglich verharren die Stufen, als hätten sie sich nie bewegt. Noch im Zug überlegt er, wie das möglich ist. Eine Rolltreppe beginnt zu laufen, wenn sie betreten wird, und hält wieder an, wenn man die letzte Stufe verläßt. Das kann sich Herr Meyer nicht erklären. Nur gut, daß er daheim seinen Schwager trifft, den er danach fragen kann. „Was treibst du denn jetzt?“ — „Du wirst lachen, ich studiere Straßenbeleuchtungen.“ — Herr Meyer schaut erstaunt drein. „Straßenbeleuchtungen? Gibt es etwas Neues auf diesem Gebiet? Übrigens, ich habe heute auch etwas erlebt, was mich an meinem klaren Verstand hat zweifeln lassen. Aber bitte.“ — „Dir ist doch bekannt, daß unsere Glühlampen, wenn sie 100 Watt verbrauchen, davon nur ungefähr 30 bis 40 Prozent in Licht, den Rest aber in Wärme umwandeln. Darum nehmen wir jetzt die Leuchtstoffröhren. Sie enthalten ein Quecksilberkügelchen, das am Boden der mit einem Edelgas gefüllten Röhre liegt. Zwei Glühelktroden senden Elektronen aus. Diese Elektronen prallen auf die Gasmoleküle und bringen sie zum Leuchten. Dabei entsteht Wärme, und das Quecksilber verdampft. Die Elektronen stoßen nun ebenfalls auf Quecksilberdampfmoeküle, und diese senden ultraviolette Strahlen aus, unsichtbare Strahlen.“ —

„Na höre mal, was soll denn das? Unsichtbare Strahlen, da sieht man ja nichts. Dafür wendet man Zeit und Geld auf?“ — „Ich bin doch noch nicht fertig, warte erst einmal ab. Diese ultravioletten Strahlen braucht man ja gerade. Die Glaswand der Röhre ist nämlich mit einer Schicht bestrichen, die durch die ultraviolette Bestrahlung blauweiß aufleuchtet. Die Lichtausbeute übertrifft die der Glühlampen bei weitem. Meine Aufgabe besteht nun darin, zu erforschen, wie diese Leuchtstoffröhren für die Straßenbeleuchtung eingesetzt werden können. Wirklich, eine interessante Aufgabe.“ — „Ist die Funktion der Röhren nicht sehr kompliziert?“ — „Das schon, aber immer noch wirtschaftlicher als unsere alten Glühlampen.“

Nun berichtet Herr Meyer sein Erlebnis mit der Rolltreppe. „Was sagst du dazu?“ Kurt steht auf: „Komm, begleite mich!“ Im Hausflur bleiben beide vor einem kleinen Kasten stehen. „Da hast du dir einen Helligkeitsschalter angeschafft, ein ganz modernes Gerät, und läßt dich von der Rolltreppe verblüffen?“ — „Das stimmt nicht. Hier habe ich eine Fozelle, die auf die Helligkeit reagiert. Wird es draußen dunkel, so nehmen die Lichtstrahlen ab und können in der Fozelle keinen Strom mehr erzeugen. Ein Relaischalter fällt, und die Flurbeleuchtung geht an. Morgens ist der Vorgang umgekehrt. Die Lichtstrahlen rufen in der Fozelle einen Strom hervor, der das



Relais veranlaßt, den Schalter anzuziehen. Damit wird die Lichtleitung unterbrochen, und die Flurbeleuchtung erlischt.“ — „Na also, bei der Rolltreppe ist das genauso. Nur hat man hier ultraviolette Strahlen genommen, da sie fotografisch am wirksamsten sind. Du bist durch einen ultravioletten Strahl hindurchgegangen. Durch die Unterbrechung sprang die Treppe an. Am Ende der Treppe ist genau das gleiche, nur wurde sie jetzt abgeschaltet.“ — „Hm, das ist ja ganz einfach. Doch du mußt zugeben, wenn

einem das so unverhofft begegnet, kann man schon überrascht sein.“

Ja, Herr Meyer, das wollen wir gern glauben.

Können aber die Strahlen noch mehr als Licht erzeugen und Geräte einschalten? Natürlich. Sie sind ganz ausgezeichnete Detektive. Wie oft ist es früher vorgekommen, daß Kunstliebhaber wertvolle Gemälde übermalen ließen. So konnten sie bei einem Grenzübertritt einfache, wertlose Öl- oder Aquarellbilder vorweisen, unter denen sich aber ein großer Meister verbarg. Damit umgingen sie die hohen Zollgebühren, die bei Ein- oder Ausfuhr eines solchen wertvollen Kunstwerkes erhoben werden. Eine Zeitlang standen die Zollbehörden diesem Treiben machtlos gegenüber. Wer sollte es verantworten, wenn auf einen Verdacht hin ein Bild zerstört würde und sich die Annahme als gegenstandslos erwies. Nein, da war kaum etwas zu machen. Doch dann nahm man die ultravioletten Strahlen zu Hilfe. Sie wurden gefiltert und auf das zu prüfende Bild gerichtet. Manch ein gerissener Schmuggler wird spöttisch gelächelt haben, wenn er den Zollbeamten zusah, wie sie sein Bild unter die Speziallampe legten. Doch sein Lächeln erstarb ihm auf den Lippen, als er sah, daß die ultraviolette Bestrahlung die übergemalte Schicht durch dunkle Fleckenbildung verrät. — Verspielt. Das sagt nicht nur der Schieber,

sondern auch der Fälscher. Unter besonderen Voraussetzungen verraten die unsichtbaren Strahlen auch die Bilderfälschungen, indem sie dem Fachmann ermöglichen, die Art der Pinselführung und damit die Eigenart des Malers zu prüfen, zu vergleichen.

Die Heinzelmännchen zu Köln konnten allerhand, doch unsere technischen Heinzelmännchen sind ihnen bei weitem überlegen. In großem Maße arbeiten sie für uns. Chemische Reaktionen verlaufen unter ihrem Einfluß, und Fluoreszenzerscheinungen (Lichterscheinungen, die nur so lange andauern, wie die Bestrahlung anhält) werden durch sie hervorgerufen.

Im Haushalt der Natur haben sie weitere Aufgaben.

Bräunende Strahlen

Das Sonnenlicht enthält viele ultraviolette Strahlen verschiedener Stärke. Wie schon erwähnt, sind sie die Voraussetzung für die Assimilation im Pflanzenreich. Wir selbst wissen die Strahlen auch zu schätzen, da sie uns an der See und im Hochgebirge die begehrte Bräune schenken. Aber Vorsicht! So wertvoll ihre heilende Wirkung ist, allzuviel schadet. Benutzt man die künstliche Höhensonne, die fast ausschließlich ultraviolette Strahlen abgibt, muß man zum Schutz der Augen unbedingt eine Brille aufsetzen. Liegen wir

zu lange im Schein der Höhensonne, leidet auch das Gewebe der Haut, und es gibt einen „Sonnenbrand“. Am gefährlichsten aber ist die Strahlung für unsere Augen, da sie die Netzhaut beschädigt. Darum schützen wir, auch bei grellem Sonnenschein im Sommer, unsere Augen durch Sonnenbrillen, wenngleich der Einfluß bei uns nicht so groß ist, da die verunreinigte Luft (Staubteilchen) einen Teil der schädlichen Strahlen verschluckt.

Schon viel früher als wir benutzten die Eskimos Sonnenschutzbrillen, die sie aus Fischbein oder Knochen herstellten. Ein passender Knochen erhielt Sehnen- oder Fellschnüre zum Festbinden und wurde mit einem schmalen Schlitz versehen, so daß gerade genügend Raum zum Durchgucken vorhanden war. Angeben konnte man mit diesen Brillen nicht, aber sie erfüllten ihren Zweck, denn gerade große Schneefelder reflektieren das Sonnenlicht mit seiner verwandten Strahlung sehr stark. Die Eskimos wurden oft schneebblind, wenn sie ohne Schutz in das grelle Licht hinausgingen.

Wir haben ja heute Sonnenbrillen mit allen Vorzügen und auch mit allen Nachteilen. Um der Mode zu entsprechen, kaufen sich viele eine Sonnenbrille mit schönen Verzierungen, ohne darauf zu achten, ob diese Brille wirklich schützt. Ein minderwertiges Erzeugnis kann sehr großes Unheil stiften.

Angenommen, wir liegen auf der Terrasse eines schönen Erholungsheimes und genießen den Sonnenschein. Ab und zu blinzelt man nach der Sonne und probiert, mit dem getönten Glas in sie hineinzusehen. Hält die Brille die ultravioletten Strahlen nicht zurück, dann geschieht folgendes: Die Helligkeitswerte werden durch das dunkle Glas herabgesetzt, die Pupille öffnet sich, damit noch genügend Licht (im Verhältnis) auf die Netzhaut fällt, und erleichtert so den UV-Strahlen das Eindringen.

Die Biene sieht mehr

Bisher interessierte uns nur die Einwirkung der ultravioletten Strahlen auf das menschliche Auge. Hat der Mensch aber auch das höchstentwickelte Auge, oder gibt es bei den Tieren Arten, die uns in dieser Hinsicht überlegen sind? Wir müssen letzteres bejahen. Gerade was die UV-Strahlen anbelangt, können die Bienen mehr. Aus einigen Experimenten mit Bienen hat man diese Erkenntnis gewonnen. Lesen wir einige Auszüge aus den Aufzeichnungen von Dr. Hans Joachim Müller.

„Wenn wir auf diese Weise nun auch alle anderen Farben durchprobieren, indem wir statt des blauen ein gelbes, rotes, grünes Papier als Dressurfarbe

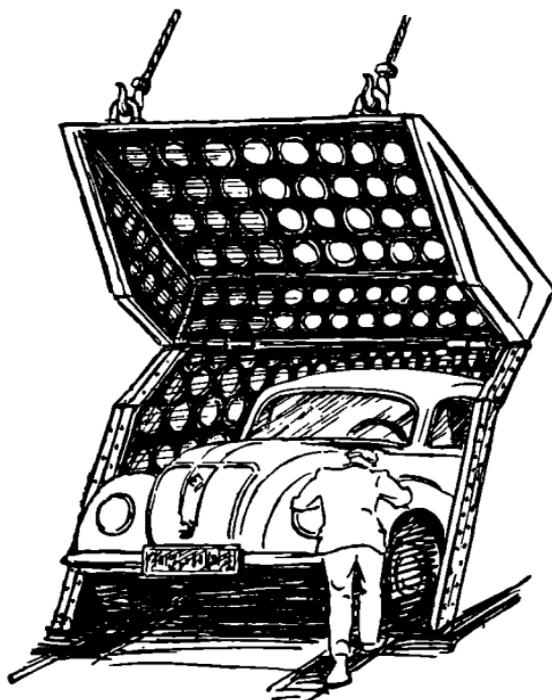
wählen, so können wir feststellen, daß die Bienen auch andere Farben wahrnehmen können. Nur beim Rot erleben wir eine Überraschung: Sie fliegen außer auf das rote auch auf die tief dunkelgrauen und fast schwarzen Papiere; sie empfinden das Rot nicht als solches, sondern als ein sehr dunkles Grau. Bienen sind also rotblind. Die einzige reinrote Blüte unserer Heimat, die wider Erwarten lebhaft von Bienen besucht wird, ist der Mohn. Das Rätsel wurde aber auf eine überraschende Weise gelöst. Diesmal sind wir Menschen farbenblind. Wir vermögen ja bekanntlich diejenigen Lichtwellen, die noch kürzer sind als die violetten und die man deshalb als ultraviolett bezeichnet, nicht zu sehen. Wir sind ultraviolettblind, während die Bienen rotblind sind. Mit Hilfe von ultraviolett empfindlichen fotografischen Platten kann man aber leicht nachweisen, daß der Mohn außer dem für uns sichtbaren Rot auch die ultravioletten Strahlen des Lichtes zurückwirft. Man kann die Bienen auf ultraviolette Strahlen dressieren, die man zum Beispiel mit einem Prisma erzeugt. Hieraus und aus ihrer Rotblindheit kann man schließen, daß die Mohnblüten der Biene nicht rot, sondern ultraviolett erscheinen, eine Farbe, die wir uns nicht vorstellen können. Die blühende Wiese ist also für die Bienen anders bunt als für unser Auge, aber bunt ist sie auch.“

Das sind die Strahlen, die sich auf der einen Seite an den Bereich des sichtbaren Lichtes anschließen. Auf der anderen Seite entdecken wir die infraroten Strahlen. Infrarot oder ultrarot lauten die Bezeichnungen, die aber den gleichen Gegenstand meinen. Nur daß infra = unter und ultra = jenseits bedeutet. Also ultrarote Strahlen = Strahlen jenseits des roten Lichtes, infrarote Strahlen unter dem roten Licht.

Ultra- und infrarote Strahlen

Im Jahre 1800 gelang es zum ersten Male nachzuweisen, daß neben der roten Farbe weitere Strahlen existieren. Mit einem Bolometer, einem Instrument, das geringste Temperaturen mißt, kann diese Strahlung erkannt werden. Sie bildet die Brücke zwischen den Wärme- und Lichtstrahlen. Ein Zimmer, in das kein Lichtstrahl eindringt, bleibt für den Beschauer dunkel und uninteressant. Aber nicht für die fotografische Platte, die natürlich besonders vorbereitet wird, um die unsichtbaren Strahlen aufzufangen. Steht nämlich in dem dunklen Zimmer ein geheizter Ofen, so sendet er Wärme- und Infrarotstrahlen aus. Letztere lassen auf der Platte das Bild des Ofens entstehen. Da wären wir schon bei der Entstehung der Infrarotstrahlen. Wärme ist das Stichwort. Im vorigen Kapitel

sprachen wir davon, wie der Strom einen Draht zum Glühen, zum Leuchten brachte, indem die Moleküle des Metalles eine immer größere Schwingungsgeschwindigkeit annahmen. Bevor er aber sichtbare Strahlen schickt, erscheinen Wärme- und Infrarotstrahlen. Sie sind für die Technik außerordentlich wichtig. Mit ihnen kann die molekulare Zusammensetzung chemischer Verbindungen geprüft werden, und ebenso läßt sich die Veränderung eines Stoffes verfolgen. Sie sind in dieser Funktion mit den Röntgenstrahlen zu vergleichen. Dabei erhält man mit den Infrarot- oder Ultrarotstrahlen klare, einwandfreie Bilder, wo die normale Fototechnik infolge von Nebel oder Dunst schon versagt. Der Kreis der Anwendungsgebiete für Ultrarotstrahlen ist sehr groß. Einige davon wollen wir noch besonders erwähnen. In unseren volkseigenen Fahrzeugwerken finden wir große Kammern, in denen, wie in einer Garage, ein ganzes Auto Platz hat. In so einer Kammer wird der Lack der frisch gespritzten neuen Fahrzeuge mit Infrarotstrahlen getrocknet. Die ganze Kammer ist mit großen Lampen besetzt. Sie sind alle halb verspiegelt, erzeugen aber für ihre Größe wenig Licht. In kurzer Zeit wird hier der Lack eines Fahrzeugs getrocknet. Früher hatte man Stunden, wenn nicht gar Tage dazu gebraucht, und dann war der Lack wohl oben, nicht aber in der Tiefe trocken. Die infraroten



Strahlen dagegen dringen, das ist ihre Eigenart, in den Lack ein und trocknen ihn in allen Schichten gleichzeitig. Durch die Intensität der Strahlung wird der Prozeß stark beschleunigt.

Genauso arbeitet die Großbäckerei „Gnom“ in Berlin. Zwar ist der Sprung vom Kraftwagen zur Keksfabrik gewaltig, doch zeigt er die vielfältigen Verwendungsmöglichkeiten der Infrarotstrahlen. Auch

im Backofen befinden sich die verspiegelten Lampen, unter denen auf einem Fließband die Backwaren langsam vorbeiziehen. Hier gibt es keinen angebrannten Kuchen, gleichmäßig durchgebacken verlassen die Erzeugnisse den Ofen. Und die Backdauer? Sie beträgt Minuten!

Ist es auch möglich, unsere Wohnung zu heizen, indem wir Infrarotlampen (Strahler) verwenden? Sicher, Beispiele gibt es genug. — Bei winterlichen Temperaturen sitzen wir ohne Mantel in einem Kaffeehausgarten. Zwei Meter von uns entfernt eilen die Menschen fröstelnd vorbei. Uns ist warm, denn wir haben unter einem Infrarotstrahler Platz genommen. Die Strahlen wärmen uns direkt, wie die Sonnenstrahlen. Das bedeutet, wenn ein Zimmer mit solchen Strahlen ausgerüstet ist, genügt ein Griff zum Schalter, um sofort eine angenehme Wärme hervorzurufen. Wie anders ist es dagegen mit dem Ofen. Bei ihm werden erst die Kacheln erwärmt, die dann die Luft heizen, die ihrerseits wieder die Wärme an uns abgibt. Bei den Infrarotstrahlen wird unser Körper immer direkt erwärmt, so daß wir eigentlich der Ofen selbst sind. Wenn wir keine Kohlekraftwerke mehr haben, sondern der Strom aus den Atomkraftwerken in das Netz fließt, wird diese Art der Heizung gebräuchlich sein. Was wir heute schon im Heim benutzen, das ist der Infrarotstrahler, der die Heizsonne ersetzt.

Die Visitenkarte der Stoffe

Ultraviolette und ultrarote Strahlen setzen das Farbband nach beiden Seiten hin fort. Jenes Band, das wir bei Zerlegung des Lichtstrahles mit einem Prisma erhielten. Kontinuierlich, fortlaufend gehen die Farben ineinander über. Man spricht daher von einem „kontinuierlichen Spektrum“. Ehe wir uns den Anwendungsgebieten der Spektren zuwenden, sehen wir uns schnell die anderen Arten an, und zwar das Linien- und Absorptionsspektrum, um bei den wichtigsten zu bleiben.

Betrachtet man das Licht eines leuchtenden Gases, zum Beispiel Natriumgas, dann wird man vergeblich nach einem Band suchen, das ineinander übergehende Farben zeigt. Nur eine (einzelne) gelbe Linie wird zu sehen sein, daher der Name Linienspektrum. Alle Gase besitzen ein derartiges Linienspektrum.

Muß der weiße Lichtstrahl ein leuchtendes Gas durch-eilen, nehmen wir Natrium, da uns die Farbe bekannt ist, und liegt die Temperatur des leuchtenden Gases unter der des Ausgangspunktes des weißen Lichtes, ist im Farbband wiederum etwas Neues zu entdecken. Das Gas hatte gelbe Linien. Sie verstärken jetzt nicht etwa das Gelb des weißen Lichtstrahls, sondern erzeugen eine schmale schwarze Linie. Ein

Teil der Farbe Gelb wurde verschluckt, wurde absorbiert, daher Absorptionsspektrum.

Wozu dienen nun diese Kenntnisse von den Farblinien und Farbbändern, wer benutzt die Spektroskopie? Seitdem der Mensch dem Boden nicht nur die Früchte abringt, sondern sich auch für die Schätze in der Tiefe interessiert, seit dieser Zeit ist er bemüht, möglichst reine Stoffe herzustellen. So zum Beispiel reines Eisen, das in der Industrie in den verschiedensten Formen und strukturellen Abwandlungen gebraucht wird. Hören wir einmal, wie das in einem Eisenhüttenwerk zugeht.

Im Hüttenwerk

„Meister Melzer zum technischen Direktor!“ Melzer greift zu einem Putzlappen und säubert seine Hände. Dann verläßt er die Ofenbühne und begibt sich zum Verwaltungsgebäude. Er weiß, seine Männer werden am Ofen auch für einen Moment ohne ihn auskommen.

„Da sind Sie ja, Melzer“, der technische Direktor des Stahlwerkes begrüßt den Meister. „Sie waren ja beim ersten Abstich dabei. Wie sind Sie mit dem Hochtemperatur-Braunkohlenkoks aus Lauchhammer zufrieden? Ist die Qualität der Schmelze gut?“ — „Hm,

das kann man schlecht sagen, meine Erfahrungen sind groß, doch Versuche dieser Art..." — „Der Meinung bin ich auch, ich habe mich daher entschlossen, Ingenieur Grosser und Sie ins Labor zu schicken, damit Sie eine Probe unseres Erzeugnisses quantitativ und qualitativ prüfen lassen. Sie sollen unsere Arbeit nicht immer aus der Perspektive des Arbeitenden vor dem Ofen betrachten.“ — „Ich? So etwas habe ich noch nie gemacht. Ich habe keinerlei Erfahrung auf diesem Gebiet und weiß gar nicht, wie ich mich dort verhalten soll.“ — „Na, dann wird es ja Zeit, daß Sie derartige Dinge einmal kennenlernen.“

Grosser und Melzer haben die Pfortnerloge passiert, ein junges Mädchen führt sie durch lange Korridore. „Labor II Assistent Dr. E. Herholz“ steht an der Tür, vor der ihre Begleiterin den Schritt verhält. Dann stehen beide dem Assistenten gegenüber. „Herholz“, stellt sich jener vor. Der Raum, in dem sie sich befinden, ist nicht besonders groß. Die Fenster sind verhangen. Links befindet sich ein Schreibtisch, bedeckt mit Diagrammen und Formelblättern. Rechts stehen zwei aneinandergeschobene Tische. Auf ihnen ist ein Gerät angeordnet, das Ähnlichkeit mit einem Gasometer hat, zu dem kurze dicke Rohrenden führen. Davor eine Anordnung von Linsen, wie bei einer optischen Bank. „Zeigen Sie doch Ihre Materialproben einmal her.“ Die Proben läßt Herholz zu

Elektroden bestimmten Aussehens formen und tritt dann zum Tisch. „Nehmen Sie Platz, es dauert ein wenig.“

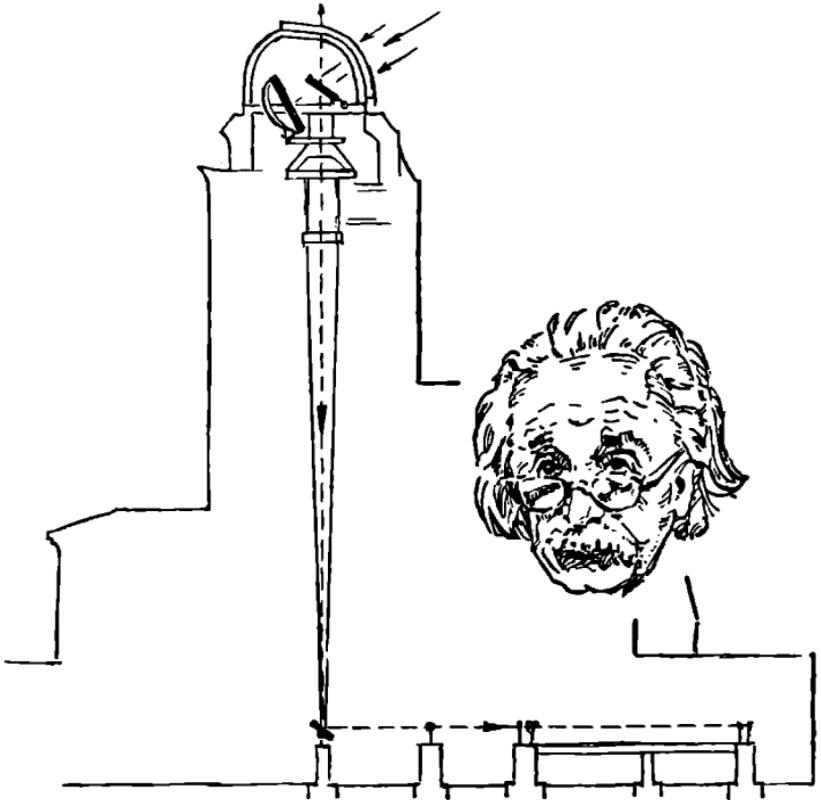
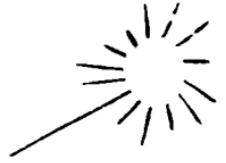
Die Elektroden sind eingespannt und werden zusammengebracht. Im gleichen Moment beginnt der Strom zu fließen. Langsam gehen die Elektroden auseinander, und zwischen ihren glühenden Spitzen entsteht ein leuchtender Bogen. Herholz hat an dem einen Ende des „Gasometers“, es ist ein Spektrograph, eine fotografische Platte eingebracht. Nach kurzer Zeit wird sie herausgenommen und entwickelt. Herholz wendet sich nun wieder seinen Besuchern zu: „Wir wollen erst die qualitative Analyse beenden, ehe wir weitergehen. Warten wir etwas. Ich hätte außerdem auch gern gewußt, wie die Produktion draußen läuft.“ —

„Die Platte, Kollege Herholz.“ Die Laborantin legt das Negativ auf den Tisch. „Na, da wollen wir mal sehen.“ Das Negativ wird in einen Vergrößerungsapparat gebracht und das Abbild studiert. „Ja, die Aufnahme ist zu gebrauchen“, damit nimmt der Assistent ein Vergleichsblatt aus dem Schreibtisch und überdeckt das vergrößerte Bild. „Sehen Sie, hier habe ich die Aufnahme reiner Elektroden aus gleichem Material. Nun wollen wir mal sehen, was in Ihrem Eisen noch enthalten ist. Das sieht nicht schlecht aus. Etwas Calcium und auch Spuren von Chrom sind

da. — Das Eisen ist gut, eine quantitative Überprüfung, indem wir das Material in einem Funken bei 12 000 Volt aufglühen lassen und dann nochmals eine Vergleichsaufnahme machen, ist nicht nötig. Zumal wir mit dem Abfunken nur Beimengungen bis zu 15 Prozent feststellen. Aber die qualitative Bestimmung erleichtert uns außerordentlich die Arbeit. Vor wenigen Jahren beschränkte sich dieses Gebiet auf eine Grundlagenforschung, während es heute aus der Analysetechnik nicht mehr wegzudenken ist. Ein Händedruck, und Ingenieur und Meister gehen an ihren Arbeitsplatz zurück.

Das Spektrum der Sonne

Verlassen wir das Stahlwerk und fahren südlich um Berlin herum, dann erreichen wir Potsdam mit dem Gelände der Observatorien. Hier finden wir ein durch seine äußere Form auffallendes Gebäude, den Einsteinturm. Für uns, die wir dem Licht nachspüren, sind die Einrichtungen des Turmes von besonderer Bedeutung. Der Turm wurde 1921 errichtet, weil man in fast allen Teilen der Welt der Sonnenbeobachtung größtes Interesse entgegenbrachte. Albert Einstein hatte durch seine Relativitäts- und Gravitationstheorie der Forschung neue Aufgaben gezeigt. In Deutschland



war es der junge Astronom Erwin Finlay Freundlich der damaligen Sternwarte Berlin, der sich Einsteins Problemen verschrieben hatte und dafür sorgte, daß ein gutes Instrument für die Sonnenbeobachtung geschaffen wurde. Die beste Art schien das Turmfernrohr zu sein. Es hatte sich auf der Mount-Wilson-Sternwarte bewährt, und so baute man in Potsdam auf dem Gelände der Observatorien den Einsteinturm.

Aus der Zusammenarbeit von Wissenschaftlern und Künstlern ist das Gebäude in seiner originellen Form entstanden, die teils Widerspruch und Ablehnung, teils Zustimmung und Anerkennung hervorrief. Den inneren Aufbau des Instrumentes, das von der Firma Carl Zeiß konstruiert und gebaut wurde, ersehen wir am besten aus der Schnittzeichnung. Unter der drehbaren und mit breitem Spalt versehenen Kuppel befinden sich zwei ebene Spiegel von 85 Zentimeter Durchmesser. Sie sind so eingerichtet, daß zu jeder Tages- und Jahreszeit das Licht der Sonne nach Reflexion an den beiden Spiegeln senkrecht nach unten umgelenkt werden kann. Einige Meter darunter befindet sich die Linse des senkrecht stehenden Fernrohres von 60 Zentimeter Durchmesser und einer Brennweite von 14 Metern, was etwa der Höhe des Turmes entspricht. Diese Linse entwirft im Keller des Turmes ein Bild der Sonne von etwa 14 Zentimeter Durchmesser; aber ehe dieses Bild entsteht, wird der

Lichtkegel durch einen unter 45° gegen die Senkrechte geneigten ebenen Spiegel in die waagerechte Richtung umgelenkt, so daß dieses Sonnenbild auf einer senkrechten Wand entsteht. In dieser Wand ist ein feiner Präzisionsspalt angebracht, durch den das Licht in einen waagerechten, kastenförmigen Raum eintritt, in dem zwei große Spektralapparate untergebracht sind. Der eine ist ein aus drei großen Glasblöcken bestehender Prismenspektralapparat. Im Hintergrund der Dunkelkammer steht ein optisches Gitter. Das ist eine Metallplatte, auf der mit einer besonderen Teilmaschine und einem Diamanten etwa 100 000 feine Rillen so eingeritzt sind, daß 600 auf einen Millimeter entfallen. Das auf ein solches Gitter auffallende Licht wird in ein Spektrum zerlegt. Das spektral zerlegte Licht kehrt zur Spaltwand zurück und kann dort mit einer in eine Kassette eingelegten fotografischen Platte aufgenommen werden. Alle Einstellungen der Spektralapparate lassen sich von der Außenseite der Spaltwand her durch Drucktasten oder Kurbeln vornehmen, so daß während der Beobachtung der Spektralraum nicht betreten zu werden braucht. Das ist wegen der gleichbleibenden Temperatur ein wichtiges Erfordernis, dem auch die kastenförmige Anordnung des Spektralraumes und der über seinem rückwärtigen Teil aufgeschüttete Erdwall von zwei Meter Dicke dient.

Im Keller des Turmes befinden sich Spektrographen, Geräte, wie sie auch der Assistent im Stahlwerk aufzuweisen hat, nur daß sich ihr Aufbau voneinander unterscheidet.

Im Stahlwerk verriet uns das Licht des Materials, aus welchen Elementen es besteht, und hier beim Observatorium melden sich die Stoffe wieder, nur befinden sich die Elemente auf anderen Gestirnen. Nehmen wir ein Prisma zur Hand und lassen das Sonnenlicht durch einen schmalen Spalt auf diesen Glaskörper fallen, dann ist es uns möglich, wie schon erwähnt, das Spektrum auf einem Schirm aufzufangen. Rot, Orange, Gelb, Grün, Blau und Violett, das sind die Farben. Fällt uns etwas auf? Nein, kontinuierlich gehen sie ineinander über. Doch wir wollen uns einmal mit hineinstehlen in den Keller des Einsteinturmes und dort den Wissenschaftlern mal über die Schulter sehen. Eine Spektralaufnahme wird gerade ausgewertet. Davon verstehen wir nicht viel, denn dazu fehlen uns die Kenntnisse. Wir wollen ja auch nur einen Blick auf das Spektrum werfen und sehen, ob es genauso aussieht wie das unseres Prismas. Aha, da sind die Farben. Wie bei uns, doch dort und dort und auch hier schmale, scharfe schwarze Streifen. Die haben wir in unserem Spektrum nicht bemerkt. Es war wohl zu klein. Die Aufnahme wird jetzt registriert, und für uns gibt es nichts mehr zu sehen.

Wenn diese schwarzen Linien auftreten, dann haben wir ein Absorptionsspektrum vor uns. Also hat die Sonne einen leuchtenden Kern, und die Strahlen dieses Kernes müssen durch eine leuchtende Gasschicht, deren Temperatur niedriger ist als die des Kernes. Das hatten wir bei der Erklärung des Absorptionsspektrums gelesen. Daß die Sonne wirklich einen Kranz leuchtender Gase besitzt, beweisen die Aufnahmen von totalen Sonnenfinsternissen. Nur die „Korona“, die leuchtende Gasschicht, ist zu sehen.

Lichtstrahlen verraten Elemente

Wir haben einen Zug bestiegen und kommen gerade noch zurecht, um uns im physikalischen Hörsaal der Universität leise auf die letzte Bank zu setzen.

„Joseph von Fraunhofer war einer der bedeutendsten Forscher“, so hören wir. „Er starb im Alter von 39 Jahren. Die letzten drei Jahre wirkte er als Professor an der Universität München. Sein Verdienst ist die Vorbereitung der Spektralanalyse und das Durchforschen der Spektren von Planeten und Fixsternen, wobei er die nach ihm benannten Linien im Sonnenspektrum fand.“ Die schwarzen Linien heißen also Fraunhofersche Linien. Gut, doch was haben sie für eine Bedeutung? Hören wir weiter zu.

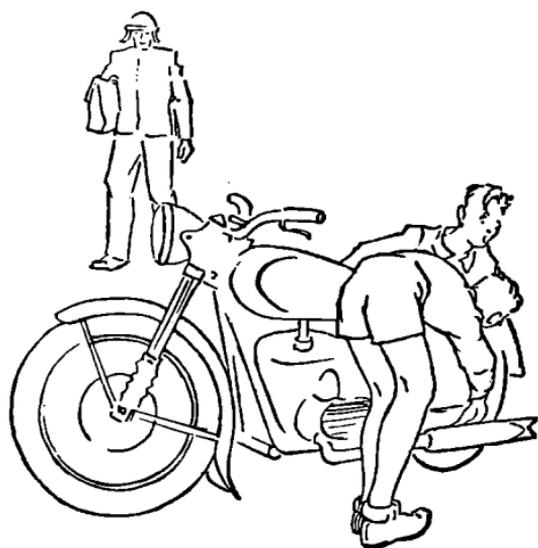
„Prüft man das Auftreten der Fraunhoferschen Linien in den einzelnen Farbbereichen, so können Schlüsse gezogen werden, welche Elemente im Ausgangspunkt der Lichtstrahlen vorhanden sind. Beim Sonnenspektrum war es möglich, 22 000 Linien aufzunehmen. Aber nur 57 Prozent konnten entziffert werden. Das ist scheinbar wenig, doch wie viele langwierige und mühsame Beobachtungen waren notwendig, um diese Linien eindeutig festzulegen. Von 92 Elementen, die letzten Ergebnisse konnten noch nicht berücksichtigt werden, sind 58 mit Sicherheit auf der Sonne nachzuweisen. Aus dem Spektrum der Sonne haben die Wissenschaftler die Zusammensetzung unseres Zentralgestirns festgestellt.“

Wir haben genug gehört und verlassen den Hörsaal. Man soll gar nicht meinen, daß ein Lichtstrahl so viele Neuigkeiten mitbringt, wo wir ihn doch eigentlich gedankenlos als etwas Alltägliches ansehen. Aber das ist noch nicht alles. Wenn wir geschickt sind, können wir vom Licht noch viel mehr erfahren.

Auf der Straße treffen wir einige Jungen. Gegenstand ihres Interesses ist eine chromblitzende 350er Jawa, ein Motorrad. „Sieht gut aus, nur die Auspuffrohre sind so verfärbt, dort, wo sie in den Zylinder eintreten.“ — „Na Mann, die Abgase sind doch nicht lauwarm. Da läuft das Rohr eben an, ist doch bei

jeder Maschine so. Wird Metall sehr stark erhitzt, so ändert es seine Farbe und damit auch seine Beschaffenheit.“ — „Woher willst du denn das wissen?“ „Ich bin schließlich Lehrling im Bremsenwerk. Bei uns in der Härtereij, da kannst du Farben sehen. Jede Farbe, die das Werkstück annimmt, bedeutet eine bestimmte Temperatur.“ — „Das stimmt, mein Onkel hat mir erzählt, wenn man Temperaturen im Hochofen messen will, dann schaut man durch ein Rohr und vergleicht da Farben. Ich glaube, Ditometer hieß das Ding.“

Ah, Pyrometer meint er. Wo ist das Lexikon? Wir wollen mal sehen, was da steht.



„Als Vergleichslicht dient hier eine kleine Glühlampe mit bügelförmigem Glühfaden, der sich im Innern eines Fernrohres befindet. Durch besondere Vorrichtungen entsteht von der zu messenden Fläche im Ofen ein Bild auf der Höhe des Glühfadens. Man reguliert nun die Helligkeit des Fadens durch Änderung der Stromstärke so lange, bis Faden und Fläche die gleiche Helligkeit besitzen. Dann wird die Temperatur an einer Skala abgelesen.

Aus der Farbe der Schmelze erkennt der Fachmann die Temperatur. Also kann die Farbe des von den Sternen ankommenden Lichtes auch mitteilen, wie hoch die Temperatur am Ausgangspunkt ist. Sind die blauviolettten Farben im Spektrum sehr stark, dann ist es ein heißer junger Stern, herrschen dagegen die roten Farbtöne vor, so ist der Stern alt und hat nur noch eine geringe Wärme. Die Temperaturen der meisten Sterne liegen zwischen 3000° und 30000° . Nur wenige Ausnahmen unter- oder überschreiten diese Werte.

Zu guter Letzt kann das Licht auch sagen, in welcher Richtung sich ein Stern bewegt. Tritt eine seitwärtige Veränderung ein, dann ist die Feststellung einfach. Doch bewegt sich der Himmelskörper auf uns zu oder von uns weg, was können wir dann beobachten? Dann zeigt sich eine Verschiebung der Fraunhofer-schen Linien.

Verschieben sie sich in Richtung auf Rot, eilt der Stern fort. Verschieben sie sich in Richtung auf Violett, kommt der Stern auf uns zu.

Das alles kann ein Lichtstrahl verraten, doch er gibt nur dem Auskunft, der es versteht, ihn richtig zu befragen.

Das künstliche Auge

Die Zeitung raschelt, als sie der alte Mann zusammenlegt. „Ja, die Augen wollen nicht mehr.“ — „Kannst du nun nichts mehr sehen?“ fragt der kleine Enkel. Er schaut aufmerksam den Opa an und sieht ihm in die Augen, die vom vielen Sehen schon glanzlos geworden sind. „Doch, aber die Zeitungen sind heutzutage so klein gedruckt. Ich weiß nicht, früher war das anders.“ — „Du solltest lieber zum Optiker gehen, Opa“, meint die Mutter. „Dein Kneifer ist ja museumsreif. Mit einer guten Brille würdest du auch wieder Zeitung lesen können.“ Opa brummt. Am nächsten Tag geht er aber doch zum Optiker, denn die interessante Geschichte in der Zeitung möchte er gern weiterlesen.

„So'n Klügelkram, nun wissen Sie, was ich für ein Augenglas brauche?“ — „Sicher, mein Herr, eine kleine Weile Geduld, Sie können Ihre Brille sofort

mitnehmen.“ Schon ist er verschwunden. Opa ist noch ganz beeindruckt von der Untersuchung seiner Augen. Da sieht er den Lehrling. „He, Sie, kommen Sie doch einmal her!“ Günther tritt näher, was mag wohl der Herr wollen. Ungefähr 60 Jahre ist er alt und sieht aus wie ein ehemaliger Seemann. „Willst du auch so ein Augengucker werden?“ — „Sicher, Herr“, schmunzelt Günther, und bald sind beide in ein Ge-



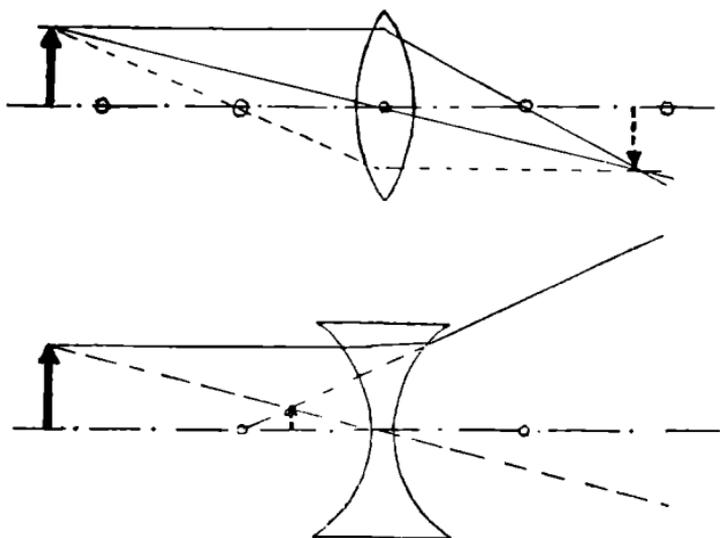
sprach vertieft, in dem Günther dem alten Herrn das zu erklären versucht, was dieser dort erlebt hat.

Das menschliche Auge besitzt hinter der Iris ein Gebilde, das optisch Linse genannt wird. Durch Muskelkraft kann diese Linse abgeplattet oder gewölbt werden, damit wir scharf und deutlich sehen können. Doch erst einmal, was sind Linsen? Wir unterscheiden zwei Hauptgruppen, wie bei den Spiegeln.

Die konvexe Linse. Sie ist eine Sammellinse, die in der Mitte dicker ist als am Rand. Die Skizzen zeigen uns die Bildentstehung bei einer Konvexlinse.

Die konkave Linse. Sie ist eine Zerstreuungslinse, bei der die Mitte dünner ist als der Rand. An ihr entstehen nur virtuelle Bilder, die auf derselben Seite liegen wie der Gegenstand. Sie sind verkleinert und stehen aufrecht. Wenn wir noch einmal beim Spiegel nachlesen, fällt uns sofort die Ähnlichkeit mit den konkaven und konvexen Spiegeln auf.

Opas Augen waren altersschwach. Die Linsen in seinen Augen konnten von dem Muskel nicht mehr genügend gekrümmt werden, und so hatte er nie ein scharfes Bild auf der Netzhaut. Der Optiker fertigt ihm jetzt eine Brille an. Sie wird Sammellinsen (konvexe Linsen) enthalten und seine Augen korrigieren. Wäre Opa kurzsichtig gewesen, dann hätte er eine Brille mit Zerstreuungslinsen bekommen.



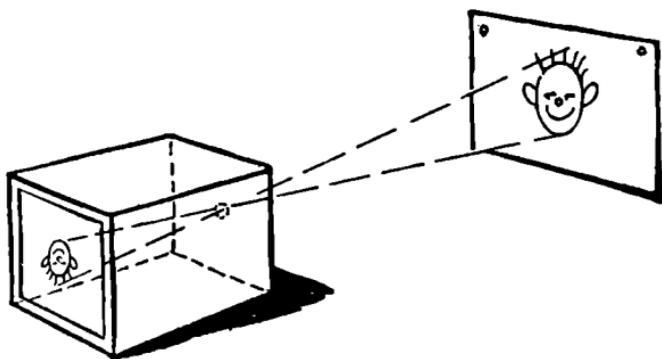
„So, da ist Ihre Brille“, mit gewinnendem Lächeln erhält Opa sein Glas, und Günther reicht ihm ein Zeitungsblatt zur Kontrolle. Opa liest: „Tatsächlich, die Buchstaben sind wie früher.“

Das Auge ist für uns unendlich wertvoll, und viele Menschen sind tagtäglich damit beschäftigt, für seinen Schutz und seine Schonung zu sorgen. Mit der Kenntnis von der Funktion des menschlichen Auges gab man sich nicht zufrieden, man wollte mehr. Es wurde probiert und versucht, und mit einem Male gelang es.

Wie das Bild entsteht

Wir wollen einmal auf den ersten Spuren des künstlichen Auges wandeln. Dazu nehmen wir einen rechteckigen Kasten und bringen an der Stirnwand eine kleine Öffnung an. Sie soll ungefähr zwei Millimeter im Durchmesser betragen. Auf der Rückseite setzen wir eine Mattscheibe ein. Richten wir den Kasten jetzt gegen das Fenster, dann zeigt sich auf der Mattscheibe ein Bild. Das Fensterkreuz sowie das Fensterbrett sind deutlich zu erkennen. Zwar ist das Bild nur sehr dunkel und steht auf dem Kopf. Es wird etwas heller, wenn man die Öffnung auf 3 oder 4 Millimeter erweitert. Dabei wird wohl das Bild heller, doch verringert sich gleichzeitig seine Deutlichkeit. Es wird „unscharf“.

Beim Auge ist das genauso. Wir erinnern uns, wie wir oft die Augenlider zusammenkneifen, um einen



entfernt liegenden Gegenstand gut zu sehen. Damit unterstützen wir das Auge, indem wir uns nicht auf die Pupille verlassen, sondern mit den Lidern ebenfalls unerwünschtes Licht fernhalten. Die Lochkamera ist ein primitiv nachgebautes Auge. Natürlich darf man nicht die Formen und das Aussehen vergleichen, sondern muß sich auf die Funktion beschränken.

Eine einfache Lochkamera können wir uns selbst bauen. An Stelle der Mattscheibe, die vorhin erwähnt wurde, kann man eine fotografische Platte setzen und dann fotografieren. Wir brauchen dazu keine komplizierte Einrichtung, sondern nur den selbstgebaute Kasten. Natürlich können wir mit ihm keine großartigen, künstlerisch wertvollen Bilder machen, doch immerhin, es sind Fotografien. Aber, wenn wir nicht zufrieden sind, dann wird unsere Kamera eben verbessert.

Da gibt es doch Linsen, welche die Lichtstrahlen sammeln oder zerstreuen, die können uns helfen. Auf der Stirnseite, wo wir bei unserer Kamera das Loch für den Eintritt der Lichtstrahlen anordneten, setzen wir jetzt eine Sammellinse ein. Die Aufnahme oder das Bild auf der Mattscheibe wird besser, aber immer noch gefällt es uns nicht. Wohl sind einige Gegenstände gut zu unterscheiden, dafür haben andere ganz verwischte Konturen. Woran liegt das nun wieder? Bei der Lochkamera hatten wir, um die Bilder

heller zu machen, die Öffnung vergrößert. Dabei war die Abbildung unscharf geworden. Man müßte versuchen, vor die Linse eine Blende zu setzen, um nur eine gewisse Lichtmenge hindurchzulassen. Führen wir diese Überlegung aus, dann haben wir die einfache Box-Kamera. Nur liegt da die Blende hinter der Linse. Damit sind wir schon bei den Fotoapparaten.

Warum so viele Typen?

Schauen wir in die Auslagen eines Fotofachgeschäfts, so entdecken wir viele verschiedene Kameras, und es taucht die Frage auf: Warum so viele Typen? Ist der dort schlechter, jener besser, welche Maßstäbe legt man hier an? Gehen wir am besten einmal hinein und lassen uns die wichtigsten Punkte von einem Fachmann erklären.

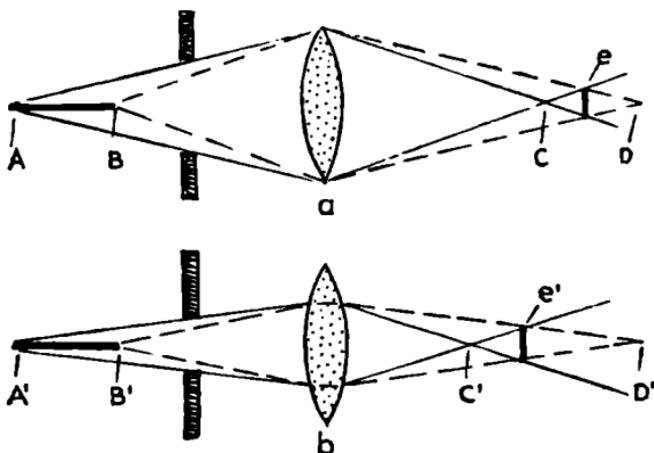
„Nun, so viele Typen sind es gar nicht, wenn auch das Angebot im Schaufenster meine Worte Lügen zu strafen scheint“, sagt uns der Verkäufer. „Es sind nur drei große Gruppen. Die erste umfaßt die Kasten- oder Boxkameras. Sie sind für die breite Masse der Bevölkerung gedacht, die eben mal hin und wieder eine Aufnahme machen möchte. Für diese Menschen muß der Apparat einfach und unkompliziert sein, so



daß kein Bedienungsfehler gemacht werden kann. Die zweite Gruppe umfaßt die Balgenkameras. Bei diesen Apparaten sind schon einige Kenntnisse erforderlich, um gute Aufnahmen zu erhalten. Dann wären noch die Spiegelreflexkameras zu erwähnen. Bevor ich Ihnen aber die Besonderheiten erläutere, muß ich einige Begriffe klären, die optischer Natur sind.“

Der Lichtstrahl als Zeichner

Ja, das ist gut, wir wollen doch erfahren, wie der Lichtstrahl zur Arbeit herangezogen wird, wie er das Bild auf den Film zeichnet. „Die drei Dinge, mit denen Sie sich vertraut machen müssen, sind: Blende, Tiefenschärfe und Belichtungszeit. Ich nenne Ihnen zuerst die Aufgabe der Blende. Haben wir einen klaren Sommertag oder eine Schneelandschaft, dann ist die Helligkeit sehr groß. Wir können selbst schlecht sehen, weil unser Auge diese Lichtfülle nicht aufnehmen kann. Die Netzhaut ist nicht dazu in der Lage. Was für das Auge die Netzhaut darstellt, ist der Film für die Kamera. Die Lichtstrahlen treten durch die Linse des Objektivs in die Kamera ein und würden den Film stark überbelichten. Um das zu vermeiden, hat man eine Blende eingebaut. Sie ist der Regenbogenhaut, der Iris, nachgebildet. Diese Haut verengt bei grellem Licht die Pupille. Genauso arbeitet die Blende. Je nach der Stärke des Lichtes kann man stark oder schwach abblenden. Dabei wird dem aufmerksamen Beobachter nicht entgehen, wenn er einige Probeaufnahmen gemacht hat, daß die Bilder Unterschiede aufweisen. Hat jemand zum Beispiel mit weit geöffneter Blende gearbeitet, so stellt er fest, daß nur eine kleine Zone scharf ist, während davor oder dahinter die ‚Schärfe‘ abnimmt.



Ein anderer hat bei guten Lichtverhältnissen abgebildet. Bei ihm wird dieser Fehler nicht auftauchen. Sogar Gegenstände, die weiter zurückstanden, sind scharf aufgenommen. Die ‚Tiefenschärfe‘ wird größer, je stärker man abblendet. Nehmen wir an, hier ist das Objektiv. In der Abbildung a sehen Sie, da der Gegenstand eine räumliche Ausdehnung hat ($AB = \text{Gegenstand}$), daß auch das Bild räumlich ist (CD). Der Film wird jetzt nicht in C oder D eingelegt, sondern in e, weil dort der Mittelpunkt des abgebildeten Gegenstandes liegt. (Sein Strahlengang ist nicht eingezeichnet.) Verschiebt man den Film nach C, so wird der Unschärfenkreis vom Punkt A kleiner und in C schließlich zum scharfen Punkt. Wird der Film nach D verschoben, erscheint der Vordergrund

deutlicher. Beispiel b zeigt eine stark abgeblendete Linse. Der Gegenstand ist A' B', während das Bild zwischen C' und D' liegt. Der Film steht wieder im Mittelpunkt des Gegenstandsbildes (e'). Die Unschärfenkreise der Punkte A' und B' sind hier wesentlich kleiner. Eine Verschiebung des Films nach C' und D' ergibt keine großen Veränderungen der Bildschärfe.

Etwas müssen Sie noch über den Verschuß hören, bevor wir nun einige Modelle betrachten.

Die gebräuchlichsten sind der Zentralverschuß, der gleich am Objektiv befestigt ist und aus gegeneinander schwingenden Lamellen besteht, und der Schlitzverschuß. Der letztere ist dicht vor dem Film angebracht, an dem er vorbeiläuft, und besteht aus Tüchern, die zwischen sich einen verstellbaren Schlitz frei lassen. So, nun wollen wir uns einmal die Geräte ansehen. Hier haben wir eine Box- oder Kastenkamera. Es ist ein Schönwetter-Apparat, denn er ist vom Werk her so stark abgeblendet, daß für jede Aufnahme viel Licht erforderlich ist. Das starke Abblenden hat einen Vorteil. Die Box reicht mit ihrer Tiefenschärfe von ein bis zwei Meter Entfernung bis nach Unendlich. Man kann mit diesem Apparat kaum einen Fehler machen, denn auch die Öffnungsdauer für den Verschuß ist auf einen bestimmten Wert, meist $\frac{1}{25}$ Sekunde fest eingestellt.



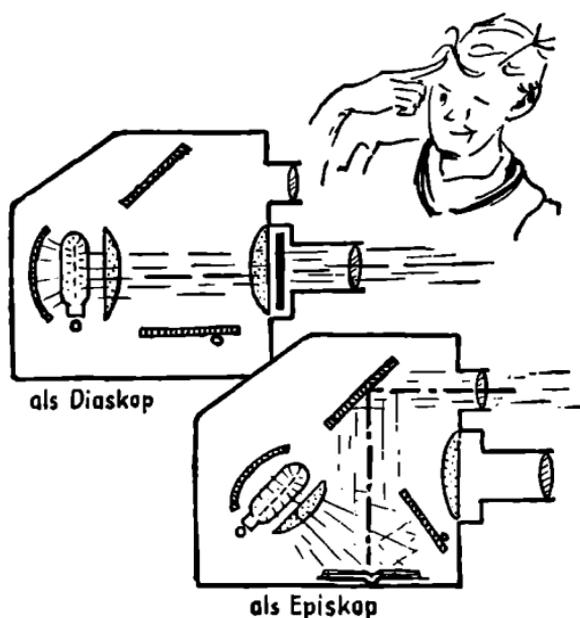
Und nun die Balgenkameras. Sie sind flach gearbeitet und daher sehr handlich. Das Objektiv ist auf einer ‚Standarte‘ angeordnet. Der Deckel wird aufgeklappt, wobei die Standarte herausgleitet, und der Apparat ist einsatzfähig. Bei ihm ist die Blende und die Tiefenschärfe schon einzustellen, und auch die Öffnungszeiten des Verschlusses können geändert werden.

Die dritte Art war die Spiegelreflexkamera. Hier gestattet ein um 45° geneigter Spiegel oder ein Prisma einen Blick durch die Optik auf das aufzunehmende Objekt, so daß sich das Bild auf einer Mattscheibe genau kontrollieren und scharfstellen läßt. Im Moment der Aufnahme klappt dann der Spiegel hoch und gibt den Lichtstrahlen den Weg zum Film frei. Die letzte Konstruktion wird gern als Kleinbildkamera gebaut, wobei das Objektiv gegen andere auszuwechseln ist, so wie zum Beispiel hier bei der ‚Praktika‘.

Da die Linsen ähnlich wirken wie ein Prisma, treten auch unerwünschte Farbspiele auf, doch sind die Objektive so gut korrigiert, daß auch hier keine Gefahr mehr besteht.“

Unterdessen ist es dunkel geworden, und durch die Schaufensterscheiben geistern die Lichtkegel von Scheinwerfern der vorbeifahrenden Autos. Wir wollen uns gerade verabschieden, als uns unser freundlicher Ratgeber zurückhält. „Sie waren so lange hier und haben sich beraten lassen, da kommt es auf eine halbe Stunde mehr oder weniger auch nicht an. Gleich beginnt in unseren Nebenräumen ein Lichtbildervortrag über die Sächsische Schweiz. Da können Sie gute Aufnahmen sehen.“ Wir überlegen schnell. Bisher haben wir uns nur die Geräte betrachtet, mit denen es möglich war, ein Abbild der

Natur entstehen zu lassen. Bei dem Lichtbildervortrag haben wir die Gelegenheit, einen Apparat zu sehen, der beinahe umgekehrt arbeitet. Darum sagen wir zu. Im Nebenraum steht ein Epidiaskop. Das Licht der Lampe fällt durch den Kondensator und wird vom Objektiv an die Leinwand gestrahlt. Vor dem Kondensator stehen die Diapositive. Das sind Filmbilder, die sich zwischen zwei Glasplatten befinden. So arbeitet das Gerät im Augenblick. Doch im Verlauf des Vortrags will der Veranstalter auch ein paar Fotos aus einem Buch zeigen. Durch einen Handgriff erhält der Spiegel eine andere Stellung, es entsteht aus dem Diaskop ein Episkop. Das Licht der Lampe wird durch die beiden Spiegel auf das Foto konzentriert. Von dort werden die Strahlen nach allen Seiten zerstreut, und nur ein geringer Teil gelangt über den oberen Spiegel zum Objektiv. Dadurch ist diese Art der Projektion sehr lichtschwach. Doch aufgepaßt, der Vortrag beginnt. Wunderschöne Bilder bekommen wir zu sehen, und man träumt von der Urlaubs- und Ferienzeit. Leider ist der Genuß nicht vollständig, denn in dem Vorführgerät läuft ein kleiner Motor. Das Geräusch ist nicht übermäßig laut, aber doch zu bemerken. Am Schluß der Vorführung richten wir schnell noch eine diesbezügliche Frage an unsern Freund. „Ja, das war ein kleiner Ventilator. Bei einem großen Epidiaskop ist das notwendig, weil



das Gehäuse fast völlig geschlossen ist und im Innern eine sehr starke Lampe brennt. Diese Lampe muß sein, um genügend Helligkeit zu erhalten. Wie Sie wissen, breitet sich das Licht geradlinig aus. Bestrahlt das Licht durch das Objektiv eine Fläche von einem Quadratmeter in einem Meter Entfernung, so erleuchtet die gleiche Lichtmenge, der gleiche Lichtstrom in zwei Meter Entfernung vier Quadratmeter Fläche. Damit nimmt aber die Helligkeit ab, man spricht von der Beleuchtungsstärke. Also muß die

Lampe schon stark sein, wenn auch die auftretenden Temperaturen groß sind. Um wenigstens etwas abzukühlen, ist der Ventilator eingebaut.“ Damit schütteln wir uns verabschiedend die Hände und verlassen unseren freundlichen Berater.

Der Schnellseher und das tönende Licht

Im eleganten Bogen kommt der Doppelstock-Bus an die Bordschwelle heran und hält. Menschen drängen sich beim Ein- und Aussteigen. „Warten Sie doch, ich komme ja nicht mit!“ Die junge Frau trägt ein Netz, in dem allerlei Lebensmittel Platz gefunden haben. Ein salopp gekleideter Herr dreht sich um. „Soll ich Ihnen etwas tragen helfen? Ihr Heinz könnte sich ruhig ein wenig mehr um Sie kümmern. Na, geben Sie schon her!“

„Einen Augenblick mal, Herr X. Das kommt viel zu langsam und zaghaft. Sie sind ein junger Mann, der gerade von der Arbeit kommt, man hört Sie ja kaum.“ Er hat hier offenbar etwas zu sagen, der Mann mit der Baskenmütze. „Also, rein in den Bus und noch einmal. Alles fertig?“ Ein Blick in die Runde. „Abfahren!“ Der Bus ist zurückgerollt und schiebt sich wieder an den Gehsteig heran. Die gleiche Szene wie vorhin.



Die DEFA dreht Teilszenen zu einem Spielfilm. Links und rechts neben der Omnibushaltestelle sind große Holzgerüste aufgebaut, auf denen starke Scheinwerfer stehen. Daneben, dahinter und auf der anderen Straßenseite Menschen über Menschen, die gespannt dem Geschehen folgen. Schon zum sechsten Male wird die Szene wiederholt, aber es will und will nicht klappen. Der Regisseur läßt abbrechen: „Kleine Pause, Herrschaften.“ Zischend verlöschen die Scheinwerfer, und bald ist der Ort nur von den üblichen Lichtern erhellt. Der Kameramann ist hinter

dem Gerät hervorgekommen und schaut sich suchend um. Dann geht er mit schnellen Schritten über die Straße. Auf der anderen Seite befindet sich eine kleine Erfrischungshalle.

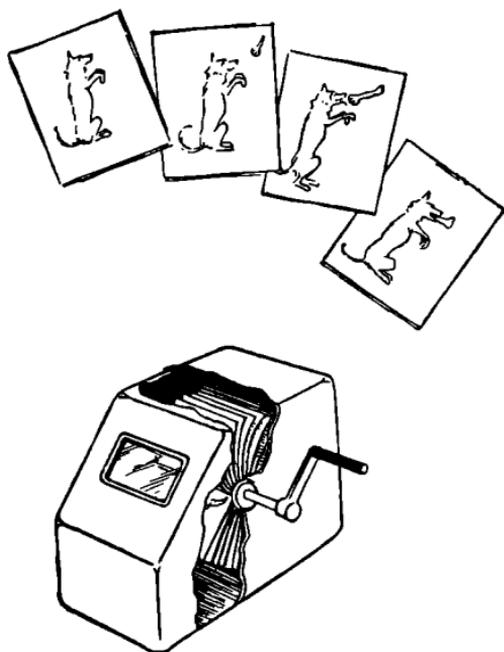
Dicht neben den Gerüsten der Scheinwerfer steht ein Mädchen. Sie ist ungefähr fünfzehn Jahre alt und trägt, was heute direkt auffällt, Zöpfe. Kaum hat sie gesehen, daß der Kameramann über die Straße geht, eilt sie ihm nach. „Ein Bier, bitte“, hört sie ihn sagen. Jetzt tritt ein Zuschauer hinzu und spricht ihn an.

„Ich habe 'ne ganze Weile zugesehen. Hätte niemals gedacht, daß eine Szene soviel Arbeit erfordert.“

„Ja, das ist auch kein Wunder. Die Leute werden immer kritischer und wollen alles echt haben. Da hatten es die Gebrüder Skladanowski einfacher. Als sie am 2. November 1895 ihre ersten beweglichen Bilder im Wintergarten vorführten, war alles begeistert, und keiner achtete auf besondere Feinheiten. Nun, es war nicht gerade schön und mußte noch bedeutend verbessert werden, aber so anspruchsvoll wie heute waren die Menschen noch nicht. Aber wenn dann ein Film fertig ist und Anklang findet, dann freut es einen doch. Na ja.

Die Gebrüder Skladanowski hatten ihren Vorführapparat selbst gebaut. Man hat mir vieles davon erzählt. Ausgegangen sind sie vom ‚Schnellseher‘. So

ein Ding haben wir uns als Schuljungen gebaut. Auf zwei Blätter werden genau an der gleichen Stelle zwei Figuren gezeichnet, die sich nur um ein geringes unterscheiden. Das Deckblatt wird hochgerollt und mit einem Bleistift bewegt. Bei einer sehr schnellen Bewegung sah man das Männchen springen und hüpfen. Auf den Jahrmärkten gab es früher direkt Apparate für bewegliche Bilder. Darin waren viele Fotografien von einer oder mehreren Personen fächerartig auf einer Walze befestigt. Der Betrachter, der durch ein



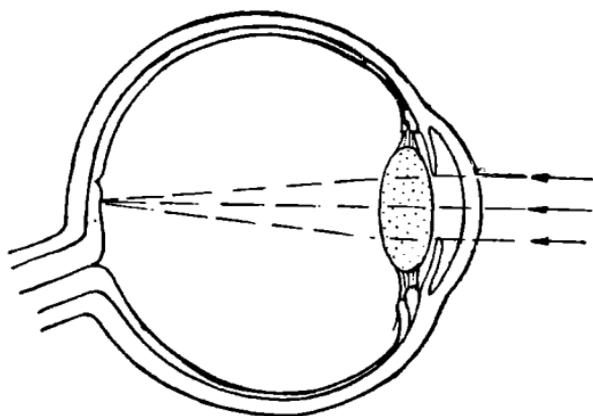
Fenster oder eine Linse in den Apparat schaute, drehte mit einer Kurbel die Walze. Dadurch folgten die Bilder so schnell aufeinander, daß eine Bewegung der Person vorgetäuscht wurde. Ein gewisser Anschütz hatte ein derartiges Gerät im großen Stil konstruiert, aber richtig kam die Geschichte erst in Gang, als die Gebrüder Lumière einen Apparat zur Aufnahme, zum Kopieren und zur Wiedergabe schufen. Ich habe den Stummfilm noch erlebt.“

Unsere Freundin steht etwas abseits und gibt acht, daß ihr kein Wort verlorenght. Sie hat nämlich den Wunsch, zum Film zu gehen. Nein, ein Star möchte sie nicht werden, aber Regie führen, einen Film entstehen lassen, das ist ihr Traum.

Heute ist das ganz anders. Die Technik ist ja auch viel weiter fortgeschritten. Die Scheinwerfer leuchten auf, und im eleganten Bogen rauscht der Bus an die Haltestelle.

Unsere Freundin, nennen wir sie Ursula, ist auf dem Heimweg. Ganz mechanisch läuft sie, denn die Gedanken sind noch beim Film. Sie träumt davon, auch einmal Regie zu führen und einen Film zu drehen. Ehe es aber soweit sein kann, hat sie noch viel zu lernen, denn auch der Regisseur muß ein wenig von der Technik verstehen.

Der normale Kinofilm ist ein 35 Millimeter breites und 0,175 Millimeter starkes Band aus Zelluloid oder



Zellen. An den Rändern sind in bestimmten Abständen Löcher eingestanz. Diese Perforation gestattet dem Greifer, den Film ruckweise weiterzuschieben. Im Augenblick der Aufnahme steht der Film, dann deckt ihn eine Blende ab, und er rückt weiter. Steht er wieder, gibt ihn die Blende abermals frei. Das geschieht 24 mal in der Sekunde.

Davon hatte auch Ursula gehört. Warum, so fragte sie sich, merkt man aber nichts vom ruckweisen Transport des Films?

Nun, diese Tatsache verdanken wir der Trägheit unseres Auges. Die äußere Hülle des Augapfels ist die weiße Lederhaut (Sclera), die sehr fest und derb ist und das Auge vor Verletzungen schützt. Sie ist in ihrem vorderen Teil durchsichtig und nennt sich hier Hornhaut (Cornea). Im Innern ist sie mit der

dunkel gefärbten Aderhaut (Chorioidea) ausgekleidet, die gleichzeitig die das Auge ernährenden Blutgefäße und die das Augeninnere vor zerstreutem Licht schützende dunkle Pigmentschicht enthält. Die Aderhaut geht in ihrem vorderen Teil in die mit einem Loch (Pupille) versehene Regenbogenhaut (Iris) über. An die Aderhaut schließt sich nach innen die rosa gefärbte Netzhaut (Retina) an. Betrachten wir bei schwacher Beleuchtung die Netzhaut eines längere Zeit dem Dunklen ausgesetzten Auges mit dem Augenspiegel, so können wir feststellen, daß sie purpurrot gefärbt ist. Die rote Farbe kommt vom Sehpurpur (Rhodopsin). Durch das Licht wird der Purpur je nach Stärke des Reizes mehr oder minder ausgebleicht.

Die Lichtempfindung verschwindet nicht sofort, nachdem der Lichtreiz aufgehört hat einzuwirken, sondern sie dauert noch eine endliche Zeit nach. Aus diesem Grund kommen uns die Bilder bei einem raschen Wechsel nicht mehr getrennt zum Bewußtsein, sondern das eine verschwimmt mit dem nächsten. Eine im Kreis geschwungene leuchtende Taschenlampe erscheint unserem Auge nicht mehr punktförmig, sondern als eine Lichtlinie, bei rascher Bewegung wird sie zu einem vollständigen Lichtkreis auseinandergezogen.

Von dieser Tatsache wird beim Film Gebrauch gemacht. Man führt dem Auge in einer gewissen Zeit-

folge getrennte Bilder desselben Bewegungsvorganges vor (mindestens 16 Bilder in einer Sekunde), die infolge der Nachbilder zu einer ununterbrochenen Empfindung des ganzen Bewegungsvorganges verschmelzen. Die Zeitfolge ist so bemessen, daß ein Nachbild noch nicht vollständig verschwunden ist, wenn das Auge das nächste sieht.

16 Bilder in der Sekunde? Hatte der Kameramann nicht von 24 Bildwechseln gesprochen?

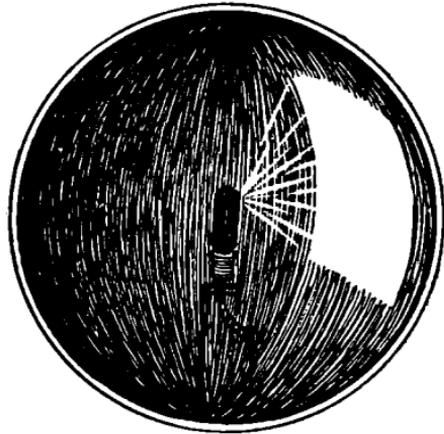
Was stimmt denn nun?

Das ist so. Je geringer die Bildwechsel sind, desto eckiger werden die Bewegungen durch das ruckweise Weitergehen des Films. So wurde eine Norm geschaffen. Sie beträgt 24 Bilder in der Sekunde und berücksichtigt zugleich den Tonstreifen. Wir haben nämlich zwei Kameras bei der Aufnahme. Die eine dient zur Bildaufnahme. Daneben ist noch ein Gerät vorhanden, das den Ton filmt. Ja, wirklich den Ton filmt. Ein Mikrophon fängt Sprache und Geräusche ein. Mit Hilfe von Elektronenröhren werden die Stromschwankungen des Mikrophons verstärkt. Sie eilen dann durch einen Draht, der sich zwischen den Polen eines Magneten befindet und ein kleines Spiegelchen trägt. Ein Lichtstrahl trifft darauf und erreicht von dort einen Film. Die Stromschwankungen bewirken, daß sich der Draht und damit auch der Spiegel dreht, so daß der Lichtstrahl durch das

mitschwingende Spiegelchen hin und her bewegt wird und eine Spur auf den Film zeichnet, ihn beleuchtet. Beide Filme, Bild und Ton, werden zusammengestellt, wobei der Ton durch besondere, notwendige Geräusche ergänzt wird. Danach werden Bild und Ton auf einen Film kopiert. Bei der Vorführung durchläuft der Film im Projektionsapparat erst die Bild- und dann die Tonwiedergabe. Das ist notwendig, da einmal der Film ruckweise bewegt wird und hinterher dann gleichmäßig an der Tonlampe (Fotozelle) vorbeilaufen muß. Darum werden der Ton und das Bild nicht genau nebeneinander angebracht, sondern um 20 Wechsel verschoben. Um das zu erreichen, hat man 24 Wechsel angesetzt. 24 zu 20 ergibt das richtige Verhältnis.

Ja, das war also der Kameramann, der die einzelnen Szenen dreht. Sehr wichtig sind aber auch die Männer, die das Licht machen, die Beleuchter, die die großen Scheinwerfer bedienen. Sie denken und handeln nur nach Lumen und Lux. Sicher kannst du damit nichts anfangen, ich will es dir daher erklären.

Diejenige Lichtmenge, die eine Lichtquelle durch eine einen Meter entfernte bestimmte Fläche sendet, heißt Lichtstrom und wird in Lumen gemessen. Zu diesem Zweck wird eine spezielle Lampe genommen, die nach genau vorgeschriebenen Werten gebaut ist. Das ist die Meßleuchte. Eine zwei Zentimeter



dicke Stearinkerze, bei der die Flamme fünf Zentimeter groß ist, hat ungefähr die Helligkeit dieser Lampe. Es wird eine Kugel mit der Lichtquelle als Mittelpunkt aufgebaut. Ihr Radius beträgt einen Meter. Auf der Oberfläche befindet sich ein abgestecktes Feld von einem Quadratmeter. Der Lichtstrom, der auf diese Fläche fällt, wird gemessen. Davon leitet man dann die Beleuchtungsstärke ab, indem man sagt: Der Lichtstrom 1 Lumen beleuchtet das einen Quadratmeter große Stück der Kugeloberfläche. Diese Fläche wird somit zum Meßstück für die Stärke der Beleuchtung. Sie ist 1 Lux. Ein Lumen pro Quadratmeter Fläche in 1 m Entfernung von der Lichtquelle ergibt ein Lux (Beleuchtungsstärke). Ein Lux ist gleich ein Lumen pro Quadratmeter, zwei Lux

gleich zwei Lumen pro Quadratmeter oder ein Lumen auf einen halben Quadratmeter.

Der Lichttechniker hat mit diesen Größen zu tun, wenn er eine Szene „ausleuchtet“. Bei einer schlechten Beleuchtung kann die Aufnahme „flach“ wirken. Sie ist dann nicht kontrastreich genug.

Das scharfe Auge des weißen Mannes

„Nanu, Gerd? Was führt dich denn zu mir?“ Meister Bartnick schaut über die Brillengläser. „Ich habe Vaters Uhr fallen lassen, und da ist das Glas entzweigegangen. Vater soll aber nichts merken, wenn er kommt, und so bin ich schnell zu Ihnen gelaufen.“

„Hm, da wollen wir mal sehen, was mit der Uhr geschehen ist. Komm, schau es dir mit an.“ Überall in der Werkstatt hängen Uhren, und ein geschäftiges Ticken erfüllt den Raum. Der Meister hat sich an seinen Arbeitsplatz gesetzt und die Lupe ins Auge geklemmt. Verwundert schaut Gerd, denn wie ein schwarzes Horn sticht das Lupengehäuse aus der Augenhöhle. Das Uhrengehäuse ist geöffnet und liegt vor dem prüfenden Blick des Uhrmachers. Jetzt pustet er ein wenig und wendet sich dann zu Gerd: „Da hast du aber wirklich Glück gehabt, denn außer dem Glas ist an der Uhr nichts beschädigt.“

„Ich möchte auch einmal hineinsehen“, bittet Gerd. Meister Bartnick legt die geöffnete Uhr auf den Tisch. „Kann ich auch das schwarze Rohr benutzen?“

„Natürlich, bitte!“

Gerd beugt sich über die Uhr, und durch die Lupe erscheint das feine Räderwerk ins Gigantische gewachsen zu sein. Wie ist das möglich?

Nun, wenn wir den Strahlengang verfolgen, dann stellen wir fest, daß es sich bei einer Lupe um eine Bikonvexlinse handelt. Beim „Bild in der Luft“ hatten



wir in einer Tabelle die Bildentstehung an den Linsen kennengelernt. Der Gegenstand befindet sich innerhalb der einfachen Brennweite, und die Linse zeigt ein virtuelles Bild, das aufrecht und vergrößert ist.

„Das ist eine feine Sache, nicht wahr, besonders wenn man bedenkt, daß eine einfache Glaskugel die Vorläuferin der Linsen war. Die Schuster hatten solche Kugeln, um das Licht auf ihren Arbeitsplatz zu richten. Aber das ist schon lange her. Heute gibt es sehr viele Geräte, die sich der Linse bedienen.

Als ich ein so junger Bursche war wie du, da habe ich davon geträumt, ein großer Erfinder zu werden. Darum sammelte ich alle Schriftstücke und Nachrichten, die von Entdeckern und großen bedeutenden Leuten handelten. Besonders das 17. Jahrhundert hatte es mir angetan. Zu der Zeit war in Holland die Zunft der Brillenmacher berühmt. Ihnen gelang auch eine ganz großartige Entdeckung. Der eine, Zacharias Jansen, soll 1604 ein Fernrohr erfunden haben. Doch 1608 suchte ein anderer Brillenmacher, Franz Lippershey aus Middelburg, um einen niederländischen Schutzbrief für seine Erfindung nach. Er hatte ebenfalls ein Fernrohr konstruiert. So ist man sich heute nicht sicher, wer von beiden Anspruch auf die Erfindung des Gerätes hat. Ich las also nur vom Holländischen Fernrohr.“ Der Meister wendet sich um und sucht etwas in einer Schatulle. „Hier habe ich noch

die Skizzen des holländischen Fernrohres. Eine Sammellinse (Konvexlinse) vereinigt die Strahlen in einem Brennpunkt. In diese Strahlenbahn bringt man eine Konkavlinse, deren Zerstreuungspunkt mit dem Brennpunkt der Konvexlinse zusammenfällt. Dadurch werden die Strahlen vor dem Erreichen des Brennpunktes wieder zerstreut und treten parallel in die Pupille des Beobachters ein. Von diesem Fernrohr hörte der große italienische Naturforscher Galileo Galilei und baute sich nach der Beschreibung ein derartiges Instrument. Das war 1609. Er machte damit aufsehenerregende Beobachtungen. Kopernikus hatte 70 Jahre vorher behauptet, daß die Sonne der Mittelpunkt unserer Welt sei und nicht die Erde. Kaum war das Instrument fertig, da durchforschte Galilei den Raum, um Aufschluß zu erhalten. Ihm war es vergönnt, die vier Jupitermonde auszumachen. Er beobachtete Sonnenflecken und erkannte die Berge auf dem Mond. Auch die Venus konnte er erkennen und bewies an den Lichterscheinungen dieses Sternes, daß die Sonne der Mittelpunkt unserer Welt ist und die Planeten um die Sonne kreisen, so wie es dem Kopernikus klargeworden war. Doch er wurde nicht froh über seine Entdeckung. Die Kirche war damals der Meinung, der Mensch sei das höchste und daher auch der Wohnsitz der Menschen der Mittelpunkt der Welt. Kopernikus wurde als Verleumder und

Ketzer hingestellt. Auch vor dem Professor Galilei, der an den Universitäten von Pisa und Padua lehrte, machte der Zorn der Kirche nicht halt. Da Galilei mit dem ‚teuflichen‘ Gerät die Lehre des Kopernikus bestätigte, lästerte er gegen die ‚Göttliche Ordnung‘ und kam in den Kerker. Einflußreichen Freunden gelang es, ihm wieder zur Freiheit zu verhelfen, doch er mußte abschwören, und seine Bücher, die sich mit dem Weltbild des Kopernikus befaßten, wurden verbrannt. Unter Hausarrest lebte er in der Villa Arcetri bei Florenz und war nur für seine treuesten Freunde zu sprechen. Fast blind starb er hier am 8. Januar 1642. Er hatte es schwer mit dem Unverstand und dem Aberglauben der Menschen.

Zur gleichen Zeit, als die Holländer durch Zufall auf das Fernrohr kamen, hat ein anderer rein überlegungsmäßig ein Fernrohr beschrieben. Das war Johannes Kepler, seines Zeichens Hofastronom in Prag. Das heißt, eigentlich war er Professor der Mathematik zu Graz. Er stellte drei wichtige astronomische Gesetze auf und verfaßte außerdem einen Aufsatz in einer Schrift über Optik, die 1611 erschien. Darin beschrieb er ein Fernrohr, das er nie selbst gebaut hat. Aber es war gut und zur Beobachtung vorzüglich geeignet.“

„Woher wußte man denn das, wenn Kepler sein Fernrohr nie gebaut hat?“

„Ein anderer hat es 1615 ausprobiert, ein Jesuitenpater, Christian Schreiner hieß er. Das Fernrohr besteht aus zwei Konvexlinsen. Die Objektivlinse erzeugt ein reelles Bild. Hier steht es dann, und mit dem Okular wird es wie mit einer Lupe betrachtet. Betrachtetest du ein Bild auf der Mattscheibe eines Fotoapparates mit einer Lupe, so entspricht diese Verbindung des Fotoobjektivs und des Vergrößerungsglases einem Keplerschen Fernrohr.

So, jetzt ist das Glas wieder fest.“ — „Fein, schönen Dank. Herr Bartnick, auf den beiden Skizzen von den Fernrohren, da steht ja immer alles verkehrt.“ — „Ja, da hast du genau aufgepaßt, das stimmt. Dieser Jesuitenpater hat das auch bemerkt, als er mit seinem Fernrohr Dinge auf der Erde betrachten wollte. Er fand auch gleich einen Ausweg, indem er eine dritte Konvexlinse einbaute. Diese Linse sorgte nur für die Bildumkehr. Für astronomische Zwecke ist sie nicht notwendig.

Na, für heute Schluß. Hier hast du die Uhr. Das Geld für das Glas bringst du mir ein anderes Mal. Dann zeige ich dir auch mein Mikroskop.“

„Schönen Dank und auf Wiedersehen!“ Meister Bartnick schließt die Ladentür ab. Es ist Feierabend. Als der Vater nach Hause kommt, liegt die Uhr bereits wieder an ihrem Platz, als wäre sie nie fortgenommen worden. Draußen ist es schon dunkel, und

alle Auslagen der Geschäfte sind erleuchtet. Vom Wohnzimmer kann man das Schaufenster eines Optikgeschäftes sehen. „Ich gehe schnell einen Brief einstecken“, sagt Gerd und eilt zum Postkasten. Auf dem Rückweg bleibt er vor dem Schaufenster des Optikers stehen. Da hängt nämlich in der Auslage die Schnittzeichnung von einem modernen Fernglas. Prismenglas steht da. Hier ist keine dritte Linse zur Umkehr der Lichtstrahlen enthalten. Das heißt, das Okular weist mehrere Linsen auf, doch die gehören scheinbar zusammen. Aber da sind zwei Prismen.



Daher wohl der Name. Ja — wenn man die beiden eingezeichneten Strahlen verfolgt, dann sieht man auch, wie hier die Lichtstrahlen umgekehrt werden. Prisma 1 vertauscht oben und unten, Prisma 2 rechts und links.

„Guten Tag, Herr Bartnick. Störe ich?“ — „Nur herein. Willst du wieder mit mir plaudern?“ — „Ja, gestern habe ich mir bei Wegen-Optik das Bild vom Prismenfernrohr angesehen. Das ist prima. Viel besser als das Rohr, was Sie mir gestern erklärten. Na ja, die Technik ist auch schon weiter.“

„Nun mal langsam, junger Mann. 1893 hat Ernst Abbé, der die Zeiß-Stiftung gründete, ein Patent anmelden wollen, eben auf jene Prismenumkehrung. Doch wie erstaunt war er, als ihm das damalige Patentamt mitteilte, daß der in Paris lebende italienische Ingenieur Ignazio Porro dieses Verfahren bereits 1850 entdeckt und angemeldet hatte. Es konnte nur nicht ausgewertet werden, da das Schmelzen des Glases mangelhaft war und auch der Schliff zu große Ungenauigkeiten hatte.“

„Dann sind unsere Fernrohre im Prinzip uralte?“

„Sicher. Nur die Verbesserungen der Linsensysteme und die Korrektur der Fehler können wir dem 18. und 19. Jahrhundert zuschreiben. Verzerrungen mußten ausgeschaltet werden sowie die Erscheinung, daß die Gegenstände durch die Brechung farbige Ränder

erhielten. Aber ich habe hier noch eine wichtige Arbeit zu erledigen. Blättere doch solange in diesem Heftchen. Anschließend zeige ich dir dann, wie versprochen, mein Mikroskop.“

Auf dem Umschlag stehen die Worte: Wie werden Fernrohre in der Astronomie angewandt? Strahlenverlauf in den einzelnen Fernrohren, wie sie ihm Meister Bartnick gezeigt hat. Doch hier, das ist interessant: Um auch weit entfernte Sterne noch gut beobachten zu können, verwendet man auf den Sternwarten Fernrohre mit Objektiven von sehr großen Durchmessern. Damit die am Rande des Objektivs eintretenden Lichtstrahlen keine zu große Ablenkung gegenüber den Mittelstrahlen aufweisen, darf das Objektiv nicht zu stark gekrümmt sein. Es muß also eine große Brennweite haben. Beide Gründe sind auch die Ursachen für die großen Abmessungen der Fernrohre neuzeitlicher Sternwarten. Die vier größten Objektive haben die Fernrohre des Yerkes-Observatoriums USA,

Brennweite 19 m, Durchmesser 102 cm;

der Lick-Sternwarte auf dem Mount Hamilton,

Brennweite 18 m, Durchmesser 91 cm;

der Sternwarte von Meudon bei Paris,

Brennweite 16 m, Durchmesser 83 cm;

des Astrophysikalischen Observatoriums in Paris,

Brennweite 12 m, Durchmesser 80 cm.

Stärkere Vergrößerungen lassen sich kaum ausnutzen. Der Grund liegt in der Unruhe der Luft, in der ungleichmäßigen Durchmischung warmer und kalter Strömungen, wodurch der Luftstrahl unregelmäßig abgelenkt wird. Daher stellt man die größten Fernrohre auf Bergen in waldiger Umgebung auf. Die Vergrößerung der Fernrohre läßt sich wegen auftretender Fehler nicht über einen gewissen Wert steigern, der etwa bei tausendfacher Vergrößerung liegt.

„So, nun komm einmal her, Gerd.“ Der Meister war mit seiner Arbeit fertig. Auf dem Tisch stand das Mikroskop. Es war keines von den modernen Geräten. Dennoch erschien Gerd dieses Mikroskop als Krönung aller vergrößernden Apparate. Herr Bartnick putzte noch ein wenig daran herum, drehte hier am Okulartubus und dort an der Blendenschraube.

„Ich erzählte dir von den beiden Brillenmachern, die man für fähig hielt, ein Fernrohr erfunden zu haben. Lippershey hatte ja einen Patentantrag eingebracht. Und Jansen, nun, sein Werk steht vor dir. 1590 schuf er ein Mikroskop, das aus zwei Linsen bestand. Der Grundgedanke ist auch heute noch erhalten, wenn auch aus den beiden Linsen korrigierte Linsensysteme geworden sind.

Das Objektiv ist ein Linsensystem mit kleiner Brennweite, das als Sammellinse wirkt. Sie erzeugt ein reelles vergrößertes Bild des Gegenstandes innerhalb

der einfachen Brennweite des Linsensystems, das als Okular wirkt und die Funktion einer Lupe hat, mit der das entstandene Bild noch einmal betrachtet wird. Der zu betrachtende Gegenstand muß ganz dicht an das Objektiv herangebracht werden, weil die Brennweite sehr gering ist. Das hat aber den Vorteil, daß alle vom Gegenstand, vom Objekt, ausgehenden Strahlen in das Objektiv gelangen. Dadurch ist das Bild recht lichtstark.“

„Nun müssen die Linsen, also das Okular auf der Augenseite und das Objektiv auf der Gegenstandsseite, dauernd verstellt werden?“

„Nein, der Abstand zwischen Okular und Objektiv bleibt immer gleich, da beide in einem Tubus fest angebracht sind. Zur Scharfeinstellung wird der Tubus verschoben.“

Beide beugen sich über das Gerät.

„Legen wir einmal ein Haar unter.“

Bartnick stellt das Mikroskop genau ein und läßt dann seinen Besucher hindurchschauen.

„Das ist ein Haar? Das sieht ja aus wie ein Baumstamm.“

Ja, ein Mikroskop gestattet einen Blick in die Wunderwelt des Kleinen. Gerd wird aus dem Staunen nicht herauskommen. Das Gerät des Uhrmachers ist für seine Zwecke gut. Die Entwicklung in der Technik ist aber schon bedeutend weiter. 1903 wurde von

Zsigmondy und V. Siedentopf ein sogenanntes Ultramikroskop geschaffen. Teilchen von sechs Millionstel Millimeter konnten damit bemerkt werden. Man bekam zwar keine reellen Bilder mehr, doch konnte der Forschung damit bedeutend weitergeholfen werden.

Diese Geräte bilden heute eine besondere Gruppe. Auf der Basis des einfachen Mikroskops aufbauend, gibt es heute das Binokularmikroskop.

Es besitzt zwei Okulare, hat aber sonst keine Besonderheiten.

Ferner das Interferenzmikroskop.

Es dient zum Feststellen von Unebenheiten bearbeiteter Oberflächen.

Der nächste Schritt der Technik ging von den Lichtstrahlen fort und wandte sich der Elektrizität zu. Es entstand das Elektronenmikroskop.

Das wirkliche Bild

Wir haben schon gehört, wie beim Film das Bild und der Ton entstehen. Viele Hunderte, Tausende von Menschen gehen jeden Tag ins Kino. Sie setzen sich in den Sessel, richten den Blick auf die Leinwand und lassen sich von dem Zelluloidstreifen in eine andere Welt entführen.

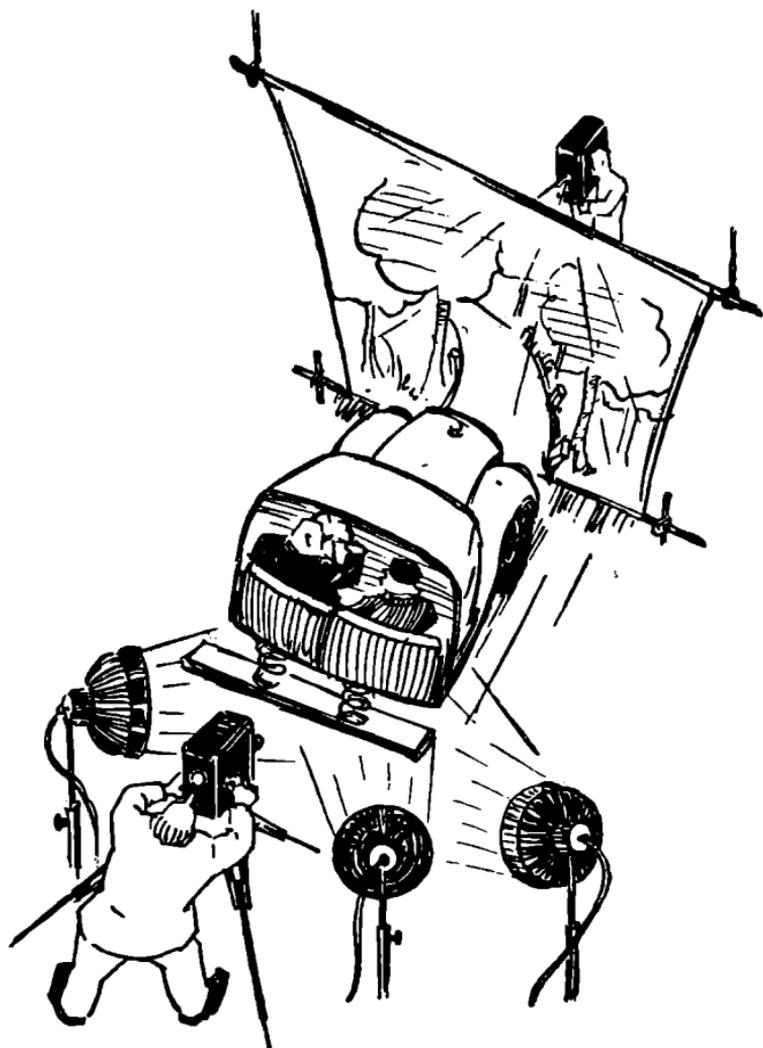
Der Saal wird dunkel, die Vorstellung beginnt. Der scharfe Lichtstrahl sticht aus der schmalen Öffnung der Vorführkabine und wirft die Bilder auf die Leinwand. Das Geschehen hat die Zuschauer in seinen Bann gezogen. In wilder Fahrt rast ein Auto über die regennasse, glitschige Straße. Der Zuschauer hat den Eindruck, als säße er im Wagen und erlebt die gefährlichen Kurven, in denen das Fahrzeug hin und her tanzt. Plötzlich schießt ein Baum heran, wird riesengroß, und mit gewaltigem Krachen prallt das Auto gegen das Hindernis. Die Zuschauer halten den Atem an.

Nach Schluß der Vorstellung drängen wir uns mitten im Schwarm der Besucher aus dem Kino. „Prima war der Film“, unterhalten sich zwei Jungen.

„Und ich sage dir, das muß eine Trickaufnahme gewesen sein.“ — „Ja, aber wie können sie das gemacht haben? Daß der Kameramann bei der Aufnahme hinten im Wagen saß, ist nicht anzunehmen.“

Das „Wie“ ist für den Fachmann gar nicht so schwierig, denn das Auge des Kinobesuchers wird wieder einmal getäuscht. Ein Kraftwagen fährt in langsamer Fahrt die ganze Strecke ab. Die Kamera ist so aufgebaut, daß sie keinen Teil des Autos mit auf den Film bekommt. Der Wagen führt langsam die Schleuderbewegungen durch und bewegt sich dann auf einen Baum zu und stoppt davor — ganz dicht am Baum.

Dessen Stamm nimmt in dieser Entfernung die gesamte Bildseite und Bildhöhe des Filmes ein. Das wäre eine Vorarbeit für das Gelingen des Tricks. Im Atelier wird nun ein Kraftwagen aufgebaut. Das heißt, nur ein Teil des Kraftwagens, nämlich von den ersten beiden Sitzen ab. Das gesamte Vorderteil des Wagens wird auf einem mit Federbeinen versehenen Podest montiert. In einem genau berechneten Abstand steht vor diesem „Wagen“ eine Leinwand. Und dahinter ein Vorführgerät. Nun wird der Standort der Kamera ausgemessen. Sie muß nämlich so dicht heran, daß die Rücklehnen der Vordersitze das Bild begrenzen. Jetzt kann die Aufnahme beginnen. Im Atelier herrscht Ruhe, draußen brennt die rote Lampe. Im „Wagen“ flammt die Armaturenbeleuchtung auf, und das zerstreute Licht läßt die Gesichter der Darsteller aus dem Dunkel heraustreten. Die Klappe mit der Szenennummer wird bewegt, die Kamera läuft. Gleichzeitig beginnt das Vorführgerät den Filmstreifen der aufgenommenen nachtdunklen, nur von den Scheinwerfern erhellten Straße auf die aufgestellte Leinwand zu projizieren. Ein Elektromotor versetzt den „Wagen“ auf dem Gestell in Schwingungen, die denen eines schnell fahrenden Autos entsprechen. Der Film, der von einem langsam fahrenden Wagen aus gemacht wurde, läuft jetzt mit mehrfacher Geschwindigkeit ab, um auch optisch



den Eindruck des schnell fahrenden Autos zu vermitteln.

Die Kamera filmt jetzt die spielenden Darsteller im Wagen und das Bild vom Filmband des Vorführgerätes. Durch die Geschwindigkeit des schnell laufenden Filmes werden die langsamen Bewegungen des Aufnahmeautos zu wilden Schleuderbewegungen. Und dann erscheint der Baum auf der Leinwand, riesengroß ...

„Ablenden.“

Sind wir jetzt enttäuscht, weil wir im wahrsten Sinne des Wortes hinter das Licht geführt worden sind? Ein wenig schon, aber gleichzeitig empfinden wir eine große Bewunderung für die Männer, die es verstanden haben, die Gesetze der Optik so geschickt für ihre Zwecke zu nutzen.

Sie können aber noch mehr. Viele aktuelle Filme spielen nicht mehr nur ausschließlich im eigenen Land, nein, auch andere Umgebungen werden aufgenommen. Eine kleine Gruppe reist dann umher, um die Außenaufnahmen zu machen. Jetzt soll aber nur für eine einzige Einstellung ein Gebäude in einer anderen Stadt erscheinen. Extra einen Aufnahmetrupp hinschicken? Aber nicht doch, das wird besser von der Trickfilmabteilung gelöst.

Das Portal und die Front des Erdgeschosses werden naturgetreu nachgebildet. Dann ist Schluß. Wo die

Obergeschosse bleiben? Da stehen sie doch, ein paar Meter vor der Kamera! Es handelt sich auch hier um eine ganz einfache Überlegung. Stellen wir uns das ganze Gebäude vor und ziehen nun von allen Punkten dieses Hauses Linien zur Kameraoptik. Die Strahlen nähern sich immer mehr und treffen schließlich zusammen. Man hat einfach nur das Notwendigste aufgebaut und hat für die Obergeschosse ein Modell genommen. Es wurde genau berechnet und wird an einem ebenfalls errechneten Punkt in den Strahlengang eingefügt. Das nahe Modell und die ferne „Wirklichkeit“ ergeben dann ein Gesamtbild des Hauses, und zwar ist dieses Bild so gekonnt zusammengesetzt, daß es der Zuschauer nicht merkt. Die Fachleute sprechen dann von einem „Vorsatz“, der aufgestockt wird.

Diese kleinen Tricks sind möglich, weil unser normaler Film keine Tiefenwirkung, also keine räumlichen Bilder bringen kann. Wir wissen aus Erfahrung, der Gegenstand dort im Hintergrund ist kleiner als die gleichen Gegenstände, nehmen wir an, es seien Häuser, im Vordergrund. Das ist die einzige Möglichkeit, im Film Entfernungen zu erkennen.

Wir sehen räumlich

Wie erkennen wir aber sonst, wie weit ein Gegenstand von uns entfernt ist? Machen wir einen Versuch: Auf eine Flasche wird ein schmaler Streifen Papier gelegt. Nun halten wir ein Auge zu, treten an die Flasche heran und versuchen, ohne vorher zu probieren, den Papierstreifen mit der Spitze des Mittelfingers der freien Hand zu treffen. Das wird uns nicht sofort gelingen. Wiederholen wir die Übung, ohne ein Auge zu bedecken, schaffen wir es sofort. Da haben wir wohl die Lösung der Frage. Wir bedecken wiederum ein Auge, visieren den Papierstreifen an und stellen hinter ihm, genau in der Verlängerung seines Randes, einen Bleistift auf. Wechseln wir jetzt, ohne den Kopf zu bewegen, die Abdeckung, also bedecken das bisher freie Auge und visieren mit dem anderen, dann scheint der Bleistift weitergerückt zu sein. Das liegt aber daran, daß jedes Auge ein Netzhautbild erzeugt, das mit dem anderen nicht genau übereinstimmt. Beide zusammen ergeben ein Bild, das den räumlichen Eindruck vermittelt. Diese Tatsache kennt man schon lange. 1738 wird zum ersten Mal vom räumlichen Sehen gesprochen. Das Gerät dazu wurde Stereoskop genannt. Aber erst 100 Jahre später griff man diese Idee wieder auf, und jetzt wurde sie schnell verbreitet.

Im Stereo-Kino

Wie erhalten wir eine stereoskopische Aufnahme? Es ist nichts weiter zu tun, als mit einem Fotoapparat zwei Aufnahmen von ein und demselben Gegenstand zu machen und darauf zu achten, daß der Abstand zwischen den beiden Aufnahmepunkten im Mittel 65 Millimeter beträgt, denn das entspricht dem normalen Augenabstand. Mit dem Stereoskop, das dafür sorgt, daß jedes Auge nur „sein“ Bild sieht, wird das räumliche Bild betrachtet.

Eine Weiterentwicklung dieses Grundprinzipes ist der Stereo- oder Drei-D-Film. Schauen wir ihn uns einmal näher an.

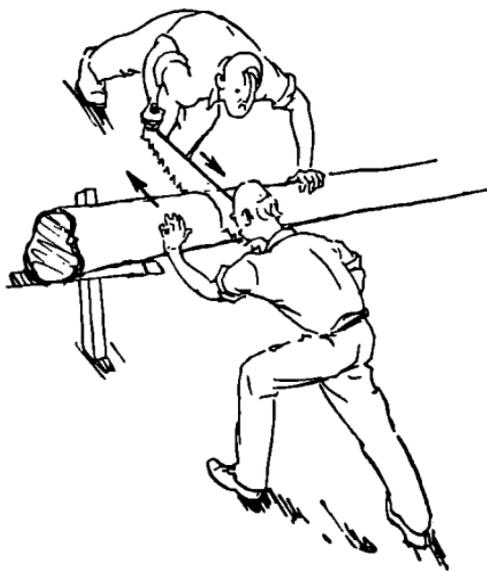
Für die Aufnahme brauchen wir eine Spezialkamera, deren zwei Objektive 65 Millimeter voneinander entfernt sind und jeweils einen Film belichten, eben wie bei den doppelten fotografischen Aufnahmen. Nun aber zur Wiedergabe.

Wir sitzen im Kinosaal. Weiß spannt sich vor uns die Leinwand. Jetzt ertönt ein Gong, und der Film läuft. Doch von räumlichen Bildern ist nichts zu sehen. Im Gegenteil, alle Konturen sind doppelt vorhanden, und man kann kaum erkennen, was es sein soll. Also, fragen wir einen Fachmann.

„Ja, meine Herren“, sagt uns ein Ingenieur, „ein schwierigeres Thema haben Sie sich wohl nicht aus-

suchen können.“ Das ist zunächst seine Antwort. Wir wollten wissen, warum wir keine räumlichen Bilder gesehen haben und auch ein wenig von dem, was es jetzt an Neuem gibt.

„Wissen Sie, was Interferenz und Polarisation ist? Sie haben doch sicher schon einmal Holz gesägt, sagen wir mit einem Bekannten. Die Säge schnitt immer dann, wenn die Bewegung von Ihnen fortging. Damit das Holz liegenblieb, haben Sie mit der gleichen Kraft, mit der die Säge von Ihnen fortzog und ins Holz schnitt, den Balken oder Stamm nach der anderen Seite gezogen, so daß sich beide Kräfte aufhoben und das Holz nicht fortgerissen wurde. Also



zwei Bewegungen heben sich gegenseitig auf.“ Der Ingenieur führt uns zu einer flachen Wanne. Zwei feine Düsen im Abstand von ein bis zwei Zentimetern reichen bis dicht an die Wasseroberfläche heran. Ein Griff zum Schalter, und in gleichbleibendem Rhythmus stößt ein Kompressor Luft gegen die Wasseroberfläche. Kreisförmig laufen kleine Wellen vom Erregerzentrum weg. „Sehen Sie, beide Wellen sind gleich groß, und hier treffen sie zusammen.“ Wenn man genau hinschaut, sieht man, daß die Wellen von Streifen durchzogen sind. Dort ist keine Bewegung zu verzeichnen. Diese Streifen sind die Stellen, wo die beiden Wellen so zusammentreffen, daß sich der Wellenberg der einen mit dem Wellental der anderen deckt. „Sehen Sie hier, unter besonderen Bedingungen fangen wir das Bild eines schmalen Lichtstreifens auf.“ Der Raum versinkt im Dunkel, und von einer starken punktförmigen Lichtquelle angestrahlt, erscheint auf einem weißen Schirm das Lichtband des Spaltes. Herr Dr. F. führt uns dicht an den Schirm heran und zeigt uns, daß der Spalt gar nicht scharf abgebildet ist, sondern dicht an den Rändern noch schmale, helle und dunkle Streifen aufweist. „Die gleiche Erscheinung wie beim Wasser. Die dunklen Streifen zeigen an, daß dort das Licht ausgelöscht ist. Folglich muß das Licht auch eine Welle sein. Zwei Lichtwellen sind mit ihrem Wellenberg und Wellen-

tal zusammengetroffen und haben sich aufgehoben. So, wenn wir uns darüber im klaren sind, daß das Licht eine Welle ist, dann wollen wir auch wissen, welcher Art diese Welle ist. Bedeutende Männer haben das schon festgestellt, und wir brauchen uns nur die von ihnen geschaffene Tabelle anzusehen. Das Licht ist also mit den Rundfunkwellen, den elektromagnetischen Wellen verwandt. Das bedeutet, das Licht ist wie die Rundfunkwelle eine elektromagnetische Schwingung, die allerdings nur mit besonderen Geräten nachzuweisen ist.

Es ist gelungen, das Licht durch ein Polarisationsfilter in zwei Schwingungsebenen zu zerlegen.

Die Einzelschwingungen waren nun ‚polarisiert‘. Hat man jetzt solche Filter vor die Optik des Projektionsapparates für Drei-D-Filme gesetzt und trägt der Zuschauer eine Brille, deren Gläser die gleichen Filtereigenschaften haben wie die am Projektionsapparat, dann wird Ihnen ein räumlicher Eindruck vermittelt. Das linke Auge bekommt jetzt nur das Bild zu sehen, das aus dem linken Objektiv kommt, und das rechte Auge nur das aus dem rechten. Ihre Augen waren ohne Brille nicht in der Lage, die Bilder getrennt aufzunehmen.“

„So kompliziert ist das?“ — „Das ist noch nicht alles. Die Filme müssen genau gleichmäßig vorgeführt werden und andere Dinge mehr.“

Ein ähnlicher Effekt wird erreicht, indem man die Bilder in verschiedenen zueinander komplementären Farben (Mischfarben) projiziert und die Brillen mit für jedes Auge verschiedenem farbigem Filter versieht.

Besonders zu erwähnen ist das „Iwanow-Verfahren“ in der Sowjetunion. Da es unbequem und lästig ist, eine besondere Brille zur Betrachtung des Filmes aufzusetzen, suchte man nach anderen Möglichkeiten und fand sie auch in dem erwähnten Verfahren.

Unsere Augen haben einen bestimmten Abstand voneinander, der bei allen Menschen annähernd gleich groß ist. Um das Prinzip des räumlichen Bildes zu verstehen, machen wir einen kleinen Versuch.

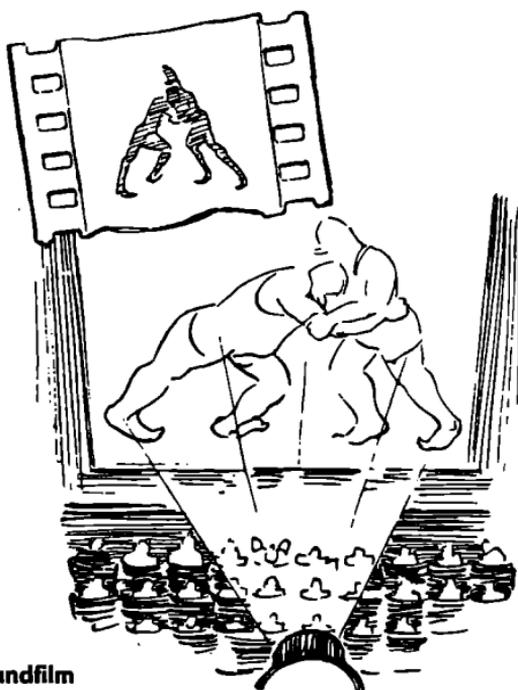
Im Abstand von 1 bis 1,2 Meter vor uns befindet sich ein beliebiger Gegenstand. Zwischen ihm und die Augen, in ungefähr 40 Zentimeter Entfernung, halten wir einen Bleistift. Dabei beobachten wir folgendes: Bleistift und Gegenstand sind ineinander übergehend zu sehen. Diese Täuschung wird erreicht, weil die in Blickrichtung hinter dem Bleistift liegenden Punkte jeweils nur von einem Auge betrachtet werden.

Wenn nun mit beiden Bildern des plastischen Filmes das gleiche getan wird? Was dann?

Nicht, daß nun alle Kinobesucher im Vorführraum sich einen Bleistift vor das Gesicht halten. Aber es besteht doch die Möglichkeit, vor die Vorführmaschinen ein feines Gitter zu setzen. Dann entstehen auf der Lein-

wand kleine Bildabschnitte. Ein Streifen von der linken Maschine wechselt mit einem Streifen von der rechten Maschine. Das bewirkt das Gitter. Haben die Teilbilder nun noch einen entsprechenden Abstand voneinander, dann gehen sie für unser Auge ineinander über, und wir sehen plastisch. Das Lwanow-Verfahren besitzt noch eine zweite Variante. Die Bildtrennung wird hier durch Spezialbildwände erreicht. Sie besitzen kleine Konvexspiegel oder kleine Prismen, 0,3 mal 0,4 Millimeter groß, die das Licht so reflektieren, daß auch hier eine plastische, räumliche Wirkung erreicht wird. Der Winkel der kleinen Konvexspiegel liegt so, daß das reflektierte Licht der Vorführmaschine 1 nur dem einen Auge zugänglich ist und gleichzeitig das Licht der Maschine 2 mit dem anderen Auge aufgenommen wird. Jedes Auge erhält wieder ein gesondertes Bild. Im Gehirn werden sie zusammengesetzt, und wir erhalten einen räumlichen Eindruck des Gesehenen.

Der plastische Film hat aber noch viele Kinderkrankheiten. Sehr schnelle Bewegungen verschwimmen, kleinere Bildhelligkeit und anderes mehr. Da ist die andere Neuheit, das Breitbildverfahren (Cinemascope), schon etwas anderes.



Der Breitwandfilm

Richtig, wir hatten ja darum gebeten, daß Herr Dr. Ing. F. uns auch etwas über die neueste Entwicklung sagt.

„Beim Cinemascope hat die Kamera ein besonderes Objektiv. Eine Szene wird in gewohnter normaler Höhe auf den Filmstreifen gebracht. Doch seitlich erfaßt das Linsensystem einen bedeutend breiteren Streifen, als es bisher üblich war. Betrachtet man den

Film, so bekommt man einen Schreck. Alle Gegenstände, Darsteller und sonstiges erscheinen gleichsam in der Waagerechten zusammengequetscht. Das schadet aber nichts, da die Vorfühmaschine ein Objektiv besitzt, das dem der Kamera gleicht. So wird der Film wieder ‚entzerrt‘, und wir haben einen Film auf Breitwand, das heißt, das Bildformat ist doppelt so breit wie normal. Diese Tendenz besteht in der Kinotechnik seit geraumer Zeit, da ein breiteres Bild angenehmer empfunden wird und unter bestimmten Bedingungen größere künstlerische Wirkungen erzielt.

Das Cinemascope- oder Breitwandverfahren ist aber nur eine Zwischenstufe zum Cinerama, dem Panoramakino.

Wir haben selbst schon festgestellt, daß Personen, die seitlich hinter uns stehen, von uns gesehen werden. Das Auge umfaßt einen phantastischen Sehwinkel, er beträgt über 180°. Wohl sind uns einige Tiere in dieser Hinsicht noch weit überlegen. Aber immerhin sind wir mit unseren Augen der normalen Kinooptik weit voraus. Beim normalen Film ist es doch so, daß wir nur einen Abschnitt sehen. Man schaut durch ein Fenster, ähnlich wie bei einer Dampferfahrt. Durch die Kajütenfenster ist auch nur ein Ausschnitt zu sehen. Welch ein Unterschied, wenn wir auf das Deck kommen. Da sehen wir alles, was die Dinge

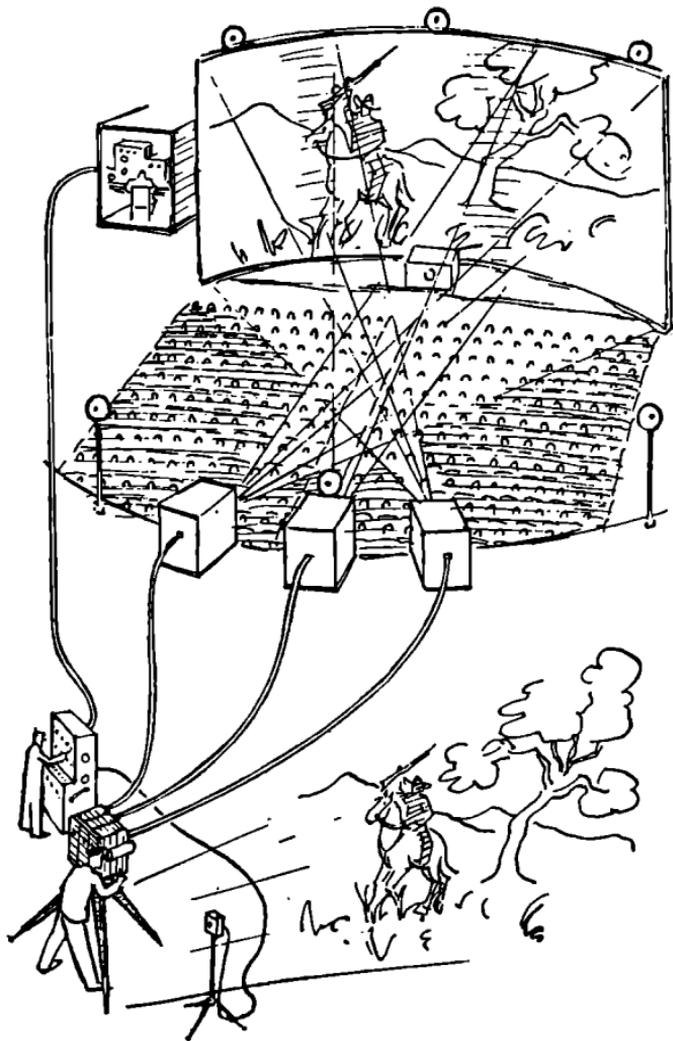
noch umrahmt und das Gesehene eindrucksvoller macht. Beim Normalfilm geht es uns wie mit dem Dampferfenster, da wir nur einen Ausschnitt sehen. Alles, was wir mit dem möglichen Sehwinkel noch wahrnehmen können, fällt weg.

Nun hat man sich in der ersten Entwicklung so geholfen, daß man den Film auf eine große Leinwand projizierte und dann oben und unten Teile des Bildes abdeckte. Damit wurde für den Betrachter der Sehwinkel auf 50° erweitert. Einen Schritt weiter ging dann das schon erwähnte Cinemascope. Hier wuchs der Sehwinkel auf 100° an.

Doch nun zum Cinerama, dem Neuesten, was uns die Technik der Filmindustrie zu bieten hat. Auch hier gibt es Vorläufer, die nur auf Grund der ungenügenden Technik nicht zum Erfolg kamen. Einen von ihnen, Abel Hans, wollen wir erwähnen. Er stellte schon 1927 einen Film über Napoleon her und führte ihn à la Cinerama vor.

Was ist nun eigentlich Cinerama? Schauen wir uns die Technik an und beginnen bei der Aufnahme.

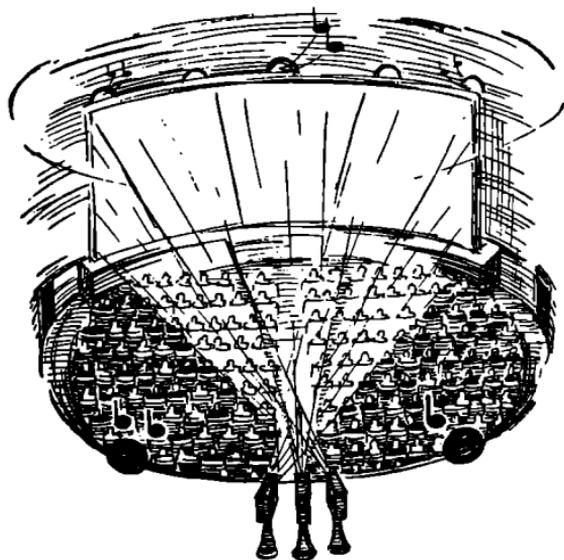
Von der Kamera im Filmatelier sowie von größeren Fotoapparaten ist uns das Objektiv bekannt. Die Kamera, die wir hier beschreiben, hat drei Objektive. Das erste schaut wie gewöhnlich geradeaus. Nummer zwei und drei sind etwas zur Seite gerichtet. Sie bilden mit dem Objektiv eins jeweils einen Winkel von



48°. Entweder läuft bei der Aufnahme hinter jeder Optik ein Filmband oder nur ein einziges für alle drei, das dafür dreimal unterteilt ist. So muß der Kinoproduzent arbeiten, um zu einem Ergebnis zu kommen, das annähernd unseren Augenbildern gleicht. Die beiden seitwärts gerichteten Objektive entsprechen unserem Erfassen mit den Augenwinkeln. Alle drei Optiken nehmen die Szenerie unter einem Sehwinkel von zusammen 146° auf. Außerdem sind bei der Aufnahme sehr viele Mikrophone vorhanden. Sie wollen wir zu einem späteren Zeitpunkt besprechen. Wie sieht nun der Projektor aus, der diese dreifachen Bilder an die Leinwand wirft?

Ja, hier beginnen die Schwierigkeiten. Da die Kinosäle eine unterschiedliche Größe aufweisen, muß die ganze Projektionsanlage für jedes Lichtspielhaus neu ausgemessen werden. Man kommt auch nicht mit einem Projektor aus, sondern benutzt drei dieser Geräte, die halbkreisförmig angeordnet sind. Das Licht der Vorführmaschinen soll frontal auf die Leinwand treffen, um Verzeichnungen zu vermeiden. Die Leinwand muß aus diesem Grund der Aufstellung der Geräte angepaßt werden. Diese Bedingung hat man zum Beispiel in Paris außerordentlich elegant gelöst. Der Vorführraum erhielt die Form einer Ellipse. An den beiden schwach gekrümmten Seiten wurden einmal die Vorführmaschinen und zum anderen die

Leinwand angeordnet. Letztere hat eine Höhe von 8,5 Meter und eine Breite von 22 Meter. Wenn man nun Vermutungen anstellt, wieviel Besucher in diesem Kino Platz haben, so kommt man zu dem Schluß, daß durch die Wölbung der Leinwand ein gewisser Sektor zu beiden Seiten der Bildfläche ungenützt bleibt. Das ist aber ein Irrtum. Die erste Parkettreihe befindet sich innerhalb des Leinwandsektors. Es ist unnötig, zu betonen, daß der Beschauer hier einen großen Gesichtswinkel hat. Doch auch die letzte Reihe hat noch einen großen Sehwinkel, der einen Panoramaeffekt gestattet.



Zu den räumlichen und aufnahmetechnischen Schwierigkeiten kommt noch etwas hinzu. Drei Geräte sind vorhanden, die ihr Bild auf eine Leinwand werfen. Der mittlere Projektor strahlt auf das Zentrum. Auf dem rechten Teil der Leinwand erscheint die Projektion der linken Maschine, und die rechte Maschine bestreicht die linke Leinwandseite. Die seitlichen Vorführgeräte kreuzen also ihre Lichtbündel im Raum. Das Bild auf der gewölbten Fläche besteht aus drei Einzelteilen, die geschickt aneinandergesetzt werden. Welche Schwierigkeit war nun hier gemeint? Drei Bilder von drei Maschinen; was geschieht, wenn ein Gerät schneller läuft als die beiden anderen? Aha, da haben wir es schon. Alle Geräte müssen gleichzeitig, synchron laufen, wie bei der Aufnahme. Sehen wir uns noch einmal Aufnahme und Wiedergabe an: Bei einem für Cinerama eingerichteten Kino fällt uns die Anordnung der Lautsprecher auf. Wenn wir auf der Straße ein Kraftfahrzeug herankommen sehen, dann nehmen wir auch das Geräusch des Motors wahr. Wir wissen, jetzt ist etwas hinter uns. Im Kino war und ist es so, daß wir die Richtung des kommenden Wagens oder Flugzeuges, je nachdem, was es ist, aus der Haltung der Schauspieler erraten müssen. Der Ton kommt immer von vorn, von der Leinwand. Auf dem Bild sind nun mehrere Gruppen von Lautsprechern zu sehen. Wenn jetzt ein

Flugzeug im Film heranbraust, dann tönen die Lautsprecher an der Decke des Raumes. Kracht hinter dem Darsteller ein Schuß, so spricht der Lautsprecher an der Rückwand des Saales an. Tritt ein Schauspieler von rechts in das Bild, so ist das Geräusch seiner Schritte auch von rechts zu hören. Schreitet er weiter, so wandert der Ton mit, weil jeweils die Lautsprecher arbeiten, vor denen sich das Bild des Betreffenden befindet. Daher bei der Aufnahme die vielen Mikrophone. Jedes hat eine Spur auf dem Magnettonband. Für jeden Lautsprecher wird bei der Aufnahme ein Mikrophon gebraucht und für jedes Mikrophon eine Tonspur auf dem Band. Außerdem muß eine Zusatzspur vorhanden sein, die in allen Lautsprechern die gleichen Geräusche aufklingen läßt. Die Brandung oder das Donnern eines Gewitters zum Beispiel. Dadurch wird der Panoramaeffekt noch wirkungsvoller. So wird also ein Kino der Zukunft aussehen:

Form: Ellipse, Ausstattung: gewölbte Leinwand, Lautsprechergruppen (meist sieben), schallschluckende Stoffbespannung (um Echos zu vermeiden), drei Vorführmaschinen.

Aber damit noch nicht genug. Im Jahre 1900 war in Paris die Weltausstellung. Dort führte man eine tolle Erfindung vor, die auch in den heutigen Tagen wieder aufgegriffen wird. Das Zirkorama!

Auf einem Omnibus oder einem Gestell werden elf Kameras angebracht, die rundum nach allen Seiten blicken. So wird mit einem Male das Geschehen im Winkel von 360° gefilmt. Die Wiedergabe erfolgt so: Der Zuschauer steht in der Mitte eines Kreises, der aus elf Leinwandstücken gebildet wird. Dort, wo die Stücke aneinanderstoßen, stehen die einzelnen Projektionsapparate. Jeder gibt sein Licht auf die ihm gegenüberliegende Leinwand. Bei der Vorführung eines Rad- oder Autorennens hat der Zuschauer die Illusion, wirklich im Mittelpunkt einer Rennbahn zu stehen und das Rennen zu verfolgen. Die Tonanlage muß dieser Kinoapparatur angepaßt werden. Also zu elf Projektoren gehören elf Lautsprechergruppen. Warten wir ab, ob diese Art des Panoramakinos sich durchsetzen wird.“

Wir sind auch am Ende der Spur, der Spur des Lichts, die wir verfolgten. Bricht sie hier ab? Nein, sie verzweigt sich nur in viele, viele Wege. Ohne Ausrüstung darf man nicht auf Erkundung ausziehen, besonders nicht als Diener der Wissenschaft. Aber vielleicht hast du dir das Rüstzeug erworben und beginnst dort, wo wir enden. Wir haben einen Blick gewagt, der uns ahnen läßt, wie groß die Gebiete sind, die den Forschenden erwarten. Bist du es, der die Schwelle überschreitet? Nun gut, unsere Wünsche begleiten dich weiter auf den Spuren des Lichts.



MEHR WISSEN – MEHR VERSTEHEN

Die „Welt in der Tasche“

mit unserer neuen Buchreihe aus Forschung

und Technik

Jeder Band

2
MARK

