

TARTU RIIKLIK ÜLIKOOL

TEXTE FÜR
PHYSIKER

MIT WÖRTERVERZEICHNIS

VON

L. OTSMAA

TARTU 1958

1/115707



II
-1205
TARTU RIIKLIK ÜLIKOOL

TEXTE FÜR PHYSIKER

MIT WÖRTERVERZEICHNIS

von

L. OTSMAA

TARTU 1958

Tartu Riikliku Olikooli
Raamatukogu

115707

EESSÕNA

Saksakeelsete tekstide kogu „Texte für Physiker” on mõeldud lisalektüürina eesti kõrgemate koolide füüsika osakonna üliõpilastele. Teda võivad kasutada 1. ja 2. kursuse üliõpilased erialase kirjanduse lugemisoskuse arendamiseks.

Tekstide kogu koosneb 21-st kommentaaridega varustatud artiklist, mis pärinevad peamiselt Saksa Demokraatliku Vabariigi ajakirjandusest. Tekstide kogu esimene artikkel käsitleb füüsika osatähtsust loodusteaduses, järgnevad viis pala on pühendatud kuulsate kodumaiste (Lodõgin, Popov, Jablotškov jt.) ja välismaiste (Hertz, Bunsen, Pierre ja Marie Curie) füüsikute ja leidurite elule ja tegevusele. Ülejäänud artiklid käsitlevad mitmesuguseid füüsika valdkondi, nagu näit. tuumfüüsika, elektrienergia, optika, astronoomia. Erilist tähelepanu on osutatud aatomienergia rahulikel eesmärkidel kasutamise küsimusele. Lektüüri mitmekesistamiseks on lugemikku võetud ka paar ilukirjanduslikku pala („Die Sache mit der Gravitation”, „Das Geheimnis der Magdeburger Halbkugeln”).

Kuigi lugemikku paigutatud artiklid ei saa haarata kõiki füüsika valdkondi, tutvustavad nad üliõpilasi siiski mõningal määral füüsikaalase saksakeelse terminoloogiaga. Lugemik on varustatud saksa-eesti sõnastikuga, mis hõlmab ka idiomaatikat ja fraseoloogiat; samuti on sõnastikus vastava märksõna juures antud mõningate raskemate väljendite ja lausete eestikeelne tõlge.

Koostaja

DIE PHYSIK IM RAHMEN DER NATURWISSENSCHAFTEN

(Aus „Physik. Ein Lehrbuch von Wilhelm H. Westphalen“)

Das Wort Physik bedeutet allgemein Naturlehre oder Naturwissenschaft. In der Tat beansprucht die Physik eine Zuständigkeit auf allen Wissensgebieten, die man als die Naturwissenschaften bezeichnet. Die Aufteilung der Naturwissenschaft in die einzelnen Naturwissenschaften hat weitgehend äußere Gründe. Die einzelnen Zweige der Naturwissenschaft haben ein sehr verschiedenes Alter. So wurden z. B. Astronomie und Erdkunde schon im Altertum betrieben. Die Physik dagegen ist fast ganz ein Kind der Neuzeit. Sie beginnt, von wenigen Ansätzen in früherer Zeit abgesehen, erst um die Zeit Galileis (1564—1642)¹, der als der eigentliche Schöpfer ihrer Methodik anzusehen ist. Als gegen Ende des 18. Jahrhunderts die Chemie bereits hoch entwickelt war, bildete nur die Mechanik ein theoretisch abgeschlossenes Gebiet der Physik. Infolge dieses sehr verschiedenen Entwicklungsstandes blieb der untrennbare Zusammenhang der Naturwissenschaften lange Zeit verborgen und wurde erst allmählich in vollem Umfange erkannt. Die auch heute noch bestehende Aufteilung der Naturwissenschaft in Teilgebiete hat vor allem praktische Gründe. Erstens ist eine wirkliche Beherrschung der gesamten Naturwissenschaft heute für einen einzelnen unmöglich. A. von Humboldt (1769—1859)² war wohl einer der letzten, die noch den größten Teil des naturwissenschaftlichen Wissens ihrer Zeit in sich zu vereinigen vermochten. Zweitens aber zwingt die sehr verschiedene Arbeitsweise der Teilgebiete ganz von selbst eine Arbeitsteilung auf. Nicht minder als der Gegenstand der Forschung ist heute die Methode der Forschung ein Merkmal der einzelnen Teilgebiete der Naturwissenschaft. Die Erforschung der Atome und Moleküle — früher alleinige Aufgabe der Chemie — wurde in dem Augenblick auch zu einer der wichtigsten Aufgaben der Physik, in dem ihre Methoden erlaubten, sie erfolgreich anzugreifen.

¹ Galilei (1564—1642) — italienischer Physiker und Astronom; schuf die Grundlagen der mechanischen Naturwissenschaft — die mathematisch-experimentelle Methode.

² A. von Humboldt (1769—1859) — deutscher Naturforscher von universaler Bildung.

Bezüglich ihrer Methodik kann man zwei Typen von Naturwissenschaften unterscheiden. Die ursprüngliche Methode beruht auf der Beobachtung der Vorgänge, wie sie sich in der Natur von selbst, ohne menschliches Zutun, abspielen, ein Teil der Naturwissenschaften beruht auch heute noch auf dieser Grundlage, wie z. B. die Astronomie und die Meteorologie. Ihre Arbeitsstätte ist das Observatorium. Erst in einer späteren Phase begann man, Vorgänge zum Zweck ihrer Untersuchung künstlich hervorzurufen, um die Gesetzmäßigkeiten ihres Ablaufs zu untersuchen. Man erfand das Experiment, und so entstand das Laboratorium. Die eigentlichen Vertreter der experimentellen Naturwissenschaften sind die Physik und die Chemie. Das schließt nicht aus, daß auch in den anderen Naturwissenschaften, so z. B. in der Biologie, das Experiment eine ständig wachsende Bedeutung erhält. Es schließt andererseits nicht aus, daß sich die Physik auch der Ergebnisse der beobachtenden Wissenschaften zu ihrem Fortschritt bedient oder sich mit ihrer Deutung befaßt. Seitdem Newton¹ den Blick des Physikers von der Erde zu den Sternen erhob, gehören die astronomischen Beobachtungen zu dem wichtigsten Tatsachenmaterial, auf das sich die Physik gründet.

Wegen dieser engen Verknüpfung der gesamten Naturwissenschaft mit der Physik und wegen der unbestreitbaren Zuständigkeit der Physik auf allen Gebieten der Naturwissenschaft ist für den Physiker ein gewisses Maß allgemeiner naturwissenschaftlicher Bildung unerläßlich. Er muß jeden Augenblick bereit sein, die Bedeutung eines Ereignisses einer Nachbarwissenschaft für die Physik oder die Anwendbarkeit physikalischer Methoden auf eine der Physik bisher fremde Frage zu erkennen. Er muß hierzu fähig sein, obgleich die Breite der heutigen Physik ihn schon in seiner eigenen Wissenschaft zu einer gewissen Einseitigkeit zwingt. Gegen diesen Zwang bildet eine allgemeine naturwissenschaftliche Bildung ein sehr wirksames Gegengewicht.

Das experimentelle Tatsachenmaterial der Physik ist unübersehbar groß. Sein Wert für die Naturerkenntnis wäre äußerst beschränkt, wenn es nicht sinnvoll geordnet und in einen großen inneren Zusammenhang gestellt würde. Die Aufgabe, diese Ordnung zu vollziehen, die großen Zusammenhänge in Gestalt von mathematisch formulierten Theorien zu erkennen und zu gestalten, fällt der theoretischen Physik zu. Diese Theorien sind auch das wichtigste Mittel, um heute, bisher noch nicht beobachtete Tatsachen und Zusammenhänge vorherzusagen und damit zu neuen experimentellen Fragestellungen und neuen Erkenntnissen zu gelangen. Sie ermöglichen es der Physik, ihren Fortschritt planvoll zu gestalten. So besteht eine unentbehrliche Wechselwirkung zwischen der theo-

¹ Isaak Newton [njúrt(ə)n] (1643—1727) — englischer Physiker, Mathematiker und Astronom. Erzielte bahnbrechende Forschungsergebnisse auf den Gebieten der Mechanik, Optik, Mathematik und Astronomie.

retischen und der experimentellen Physik; die eine ist ohne die andere nicht denkbar.

Die Wurzel der physikalischen Forschung ist der reine Erkenntnistrieb. Aus der Anwendung physikalischer Forschungsergebnisse aber entstand die Technik. Durch die Fülle der Fragestellungen, die seitdem von der Technik ständig neu aufgeworfen werden, erwächst der Physik eine außerordentliche Anregung und Förderung. Der technische Physiker hat die Aufgabe, die Erkenntnisse und Fortschritte der Physik für die Technik nutzbar zu machen. Seine wichtigsten Aufgaben liegen dort, wo neue physikalische Erfahrungen erst auf die Bedürfnisse der Technik zugeschnitten werden sollen, wo die Technik Vorstöße ins Neuland zu machen versucht. Darum bedarf auch der technische Physiker eines umfassenden physikalischen Wissens, das ihn befähigt, sich jederzeit einer neuen Aufgabe zuzuwenden.

BEITRAG DER RUSSISCHEN ELEKTROTECHNIKER ZUR ENTWICKLUNG der WELTTECHNIK

(Aus „Rußlands Beitrag zur Entwicklung der Welttechnik“ von V. Danilewski)

Eine Unmenge bedeutender Erfindungen trugen die russischen Neuerer des vergangenen Jahrhunderts zur Entwicklung der technischen Chemie, der Maschinenkunde und des Maschinenbaus, der Energetik und anderer Wissenszweige bei. Jedoch verstand man es im zaristischen Rußland nicht, die Ideen und Leistungen der großen Neuerer voll auszuwerten. Man braucht nur daran zu erinnern, was die Russen für die Entwicklung der Elektrotechnik geleistet haben und wie gering im Verhältnis dazu der im zaristischen Rußland erzielte Nutzeffekt war.

Der Altmeister der Elektrotechnik Wassili Petrow¹ entdeckte im Jahre 1802 die Erscheinung des elektrischen Bogens, die später in der Entwicklung der Elektrotechnik eine große Rolle spielte, vergleichbar mit der Rolle der Dampfmaschine in der Entwicklung der Technik und insbesondere der Maschinengroßindustrie. Petrow wies als erster die Möglichkeit nach, die Elektrizität für Beleuchtungszwecke auszunutzen. Ihm gebührt ein Ehrenplatz an den Urquellen der modernen Elektrometallurgie, Elektrochemie und der Elektroschweißtechnik. Das besagen sorgfältig geprüfte Dokumente.

Wir sind stolz darauf, daß dank der Arbeit von Alexander Lodygin² und Pawel Jablotschkow³ die elektrische Beleuchtung ihre erste Verbreitung unter dem Namen „russisches Licht“ erhielt.

Im Jahre 1832 begann in Rußland die erste Linie des elektromagnetischen Telegraphen zu arbeiten. Im Jahre 1836 entstand in Rußland die Galvanoplastik. Im Jahre 1838 fuhr in Petersburg auf

¹ W. W. Petrow [-trof] (1761—1834) — russischer Physiker; widerlegte die Phlogistontheorie und untersuchte Lichterscheinungen bei elektrischen Strömen.

² A. N. Lodygin (1847—1923) — hervorragender russischer Erfinder auf dem Gebiete der Elektrotechnik.

³ P. Jablotschkow [-kof] (1847—1894) — russischer Erfinder und Begründer der Beleuchtungstechnik.

der Newa das erste elektrisch angetriebene Schiff der Welt. Im Jahre 1850 wurde in Rußland der erste elektrische Telegraph geschaffen, der Buchstabenzeichen auf einen Papierstreifen druckte. Der Amerikaner Hughes¹ baute einen solchen Apparat erst fünf Jahre später.

Die in den Jahren 1885 und 1886 an Nikolai Benardos² in Großbritannien, Belgien, Frankreich, den USA, Italien, Deutschland und anderen Ländern erteilten Privilegien beweisen ebenso wie die in den Jahren 1890 und 1891 von Nikolai Slawianow³ in Frankreich, Deutschland und Großbritannien erhaltenen Patente unwiderlegbar, daß das Elektroschweißen eine russische Erfindung ist.

Auch die wichtigsten Erfindungen und Entdeckungen des 19. Jahrhunderts auf dem Gebiete der Weiterleitung der Elektroenergie über große Entfernungen sind russischen Ursprungs.

Im Jahre 1880 veröffentlichte Dmitri Latschinow⁴ eine Forschung „Elektromechanische Arbeit“, in der er als erster in der Welt die Möglichkeit und Zweckmäßigkeit der Übertragung mächtiger Ströme der Elektroenergie über weite Entfernungen theoretisch nachwies. Im Jahre 1891 vollbrachte Michail Dolivo-Dobrowolski⁵ die erste Wechselstromübertragung großen Maßstabes. Seine Elektroübertragung bedeutete den Anfang der modernen Elektroübertragungstechnik, wie sie gegenwärtig in der ganzen Welt üblich ist.

Russischen Neuerern jener Zeit muß auch eine Unmenge anderer Entdeckungen und Erfindungen auf dem Gebiete der Elektrotechnik zugeschrieben werden. An der Spitze dieser Neuerer steht der Erfinder Alexander Popow.⁶

Erst nach der Großen Sozialistischen Oktoberrevolution wurde es möglich, die Vielseitigkeit und Bedeutung des Schaffens russischer Techniker und Neuerer der Vergangenheit gerecht zu würdigen. Im zaristischen Rußland pflegten die herrschenden Klassen alles Ausländische zu verherrlichen und an die schöpferischen Kräfte des eigenen Volkes nicht zu glauben. Ständiger Kampf gegen Hindernisse und Hemmungen aller Art, gegen Unverständnis und Interesselosigkeit war oft genug das harte Schicksal der Erfinder und Neuerer.

¹ D. E. Hughes [hju:z] (1831—1900) — englischer Erfinder.

² N. N. Benardos (1842—1905) — russischer Neuerer. Der Erfinder des Elektroschweißens.

³ N. G. Slawianow [-nof] (1854—1897) — russischer Erfinder.

⁴ D. A. Latschinow [-nof] (1842—1902) — hervorragender russischer Physiker und Elektrotechniker.

⁵ M. O. Dolivo-Dobrowolski (1862—1919) — russischer Erfinder; konstruierte und baute den ersten praktisch brauchbaren Drehstrommotor; förderte stark die elektrische Energieübertragung durch Drehstrom.

⁶ A. S. Popow [-pof] (1859—1906) — bedeutender russischer Physiker; entdeckte die drahtlose Telegraphie.

Erst im Sowjetstaat vollzog sich hierin der große Wandel durch die neue Staatsordnung, die sozialen Verhältnisse, die Kultur und die Menschen. Auch der technische Fortschritt bewegte sich nun in grundsätzlich neuen Bahnen. Alle Hemmungen, Einschränkungen, Sackgassen und antagonistische Klassen sind beseitigt. Neues in der Technik zu wagen, zu schaffen und zu fördern und dazu dem freien Spiel aller fähigen Kräfte die Wege freizumachen, war und ist allzeit das Bestreben der sozialistischen Neuordnung des Sowjetstaates.

DIE ERFINDUNG DER DRAHTLOSEN TELEGRAPHIE

(O. M. Белостоцкая. Е. Ю. Мазурская «Учебник немецкого языка для вузов заочного обучения» Часть I)

Als ganz junger Mann kam Alexander Stepanowitsch Popow¹ aus einem entlegenen Dorf des Urals nach Petersburg. Er bezog die Petersburger Universität. Abends arbeitete er als Monteur und nahm als solcher an der Anlage der elektrischen Beleuchtung in Petersburg teil. Bei diesen Arbeiten lernte er die Pioniere der russischen Elektrotechnik, den Erfinder des Lichtbogens Jablotschkow² und den Schöpfer der ersten elektrischen Glühlampe Lodygin³ kennen. Sie bestärkten ihn in seinem Glauben an die unbegrenzte Zukunft der Elektrizität. Sie regten ihn zu kühnen technischen Experimenten an.

Popow wunderte sich nicht, daß alle Bemühungen der ausländischen Physiker zur Schaffung eines drahtlosen Telegraphen vergeblich waren; er wußte genau, daß sie einen falschen Weg eingeschlagen hatten. Als kühn denkender Gelehrter suchte er auf dem Wege selbständigen Experimentierens das Ziel zu erreichen.

Von ihm stammen die hoffnungsvollen Worte: „Der menschliche Organismus kann die elektromagnetischen Wellen nicht direkt aufnehmen. Das fehlende elektromagnetische Gefühl kann man aber durch einen Apparat ersetzen. Einen solchen Apparat wird man zur Sendung von Signalen auf weite Entfernungen verwenden können.“

Und nun gingen Popow und sein Assistent Rybkin ans Werk. Unermüdlich arbeiteten sie an der Schaffung eines empfindlichen Empfängers. Sieben Tage lang verließen sie das Laboratorium nicht; sie experimentierten mit Röhren der verschiedensten Formen und mit allen möglichen chemischen Pulvern. Der erste Empfänger für elektromagnetische Wellen krönte die unzähligen Experimente des uner müdlichen Gelehrten.

Bald wurde es dem neuen Empfänger zu eng in den vier Wänden des Laboratoriums. Popow verlegte seine Experimente ins Freie,

¹ s. Seite 9

² s. Seite 8

³ s. Seite 8

und da kam ihm der glückliche Gedanke, eine Kupferstange auf dem Dach aufzustellen. Das war die erste Antenne der Welt. Aber wie konnte man nun die Empfangsmöglichkeit des Apparats auf Entfernung erproben? Popow war zu jener Zeit der einzige Rundfunkliebhaber der Welt. Es gab nichts zu empfangen. Und nun konnte man beobachten, wie er und Rybkin auf dem Dach des Gartenhauses Luftballons fliegen ließen. Die Luftballons trugen eine Antenne mit sich fort. Endlich gelang es ihnen, die Donnerschläge eines entfernten Gewitters aufzunehmen, und nun sagte Popow zu seinem Gehilfen: „Pjotr Nikolajewitsch, wir haben eine Erfindung gemacht; die Bedeutung dieser Erfindung ist jetzt noch nicht abzusehen.“

Am 7. Mai 1895 fand an der Petersburger Universität eine Sitzung der Russischen Physikalisch-chemischen Gesellschaft statt. Niemand von den Anwesenden vermutete, daß er Zeuge eines historischen Ereignisses — der Geburt des drahtlosen Telegraphen — sein wird.

Seinen Vortrag beendete Popow in seiner großen Bescheidenheit mit den vorsichtigen Worten: „Ich will hoffen, daß mein Apparat bei weiterer Vervollkommnung dazu dienen wird, mit Hilfe von schnellen elektrischen Schwingungen Signale auf verschiedene Entfernungen zu senden.“

Und wirklich, bereits nach 5 Jahren konnte man den Apparat für praktische Zwecke verwenden.

ZUM 100. GEBURTSTAG VON HEINRICH HERTZ¹

(„Der Morgen“, 22. 2. 1957)

„Vierzehn Tage keine Vorlesungen! — Heinrich Hertz.“ Diese Mitteilung fanden die Studenten an einem Novembertag des Jahres 1886 auf einem Zettel vor, der an die verschlossene Tür zum physikalischen Laboratorium der Technischen Hochschule in Karlsruhe geheftet war, und sie mußten, in der Annahme, der erst kurz vorher nach hierher übergesiedelte 28 jährige Hochschullehrer sei verreist, wieder nach Hause gehen. Aber der junge Professor Hertz war nicht verreist. Er hatte für 14 Tage Lebensmittelvorräte zusammengetragen und sich im Laboratorium eingeschlossen. Dort hockte er nun im meist verdunkelten Raum zwischen geheimnisvoll anmutenden, selbstgebauten Apparaten und arbeitete bewußt und systematisch an einer Entdeckung, die das Tor zu einer neuen physikalischen Welt öffnen sollte.

Der junge Wissenschaftler Heinrich Hertz wollte, von seinem Lehrer Hermann von Helmholtz² dazu angeregt, beweisen, daß die Theorie des englischen Wissenschaftlers James Maxwell³ richtig ist, der ein Jahr vorher auf Grund mathematischer Berechnungen behauptet hatte, daß sich die durch einen elektrischen Funken hervorgerufenen Schwingungen im Raum ohne besonderen Leiter fortsetzen und daß diese „elektromagnetischen Wellen“ im wesentlichen die gleichen Eigenschaften wie Lichtstrahlen haben. Hertz war besessen von der Idee, daß die vermuteten elektromagnetischen Wellen, die bis dahin noch niemand hatte nachweisen können, wirklich existierten, und wollte deshalb mit allen Mitteln versuchen, sie experimentell darzustellen. Er sagte sich, wenn elektrische Funken Wellen ausstrahlen, müsse man die Wellen auch auffangen und wieder in Funken umwandeln können. Mit dem festen Willen, diesen Nachweis zu führen, begann er deshalb hinter verschlossener Laboratoriumstür entsprechende Experimente. Als Wellenerreger benutzte Hertz zunächst einen „Oszillator“, an dem er elektrische Funken überschlagen ließ. Zum Auffangen der auf diese Weise

¹ Heinrich Hertz (1857—1894) — hervorragender deutscher Physiker.

² Hermann von Helmholtz (1821—1894) — deutscher Physiker und Physiologe.

³ James Maxwell [mækswəl] (1831—1879) — englischer Physiker.

erzeugten Wellen hatte er einen Draht, dessen zwei Enden mit je einer Kugel versehen waren, zu einem nicht ganz geschlossenen Ring gebogen. Würden die Funkwellen von diesem Draht ring auf gefangen, müßten sich, wie er annahm, an der Unterbrechungsstelle zwischen den beiden Kugeln kleine Fünkchen zeigen. Aber er suchte anfangs immer wieder vergeblich mit einer Lupe die Unterbrechungsstelle ab. Der erwartete Effekt blieb aus. Erst als er schließlich einen Funkeninduktor mit einer stärkeren Funkenstrecke als „Sender“ benutzte, entdeckte er nach tagelangen, ermüdenden vergeblichen Versuchen, daß tatsächlich zwischen den Kugeln kleine Fünkchen zu züngeln begannen. Selbst wenn er den an isolierenden Seidenfäden aufgehängten Draht ring mehrere Meter weit vom Induktor wegrückte, waren die winzigen Fünkchen noch zu erkennen. Nur wenn er eine Metallplatte zwischen „Sender“ und „Empfänger“ (Begriffe, die Hertz noch nicht kannte) hielt, verschwand die Erscheinung. Eine Glasplatte dagegen zeigt keinen Einfluß auf die Wellen, ein Zeichen dafür, daß Metall Funkwellen absorbiert, während Nichtleiter von ihnen durchdrungen werden. Damit hatte Heinrich Hertz die Maxwellsche Theorie in ihrem wesentlichsten Teil bewiesen. „Gelingen, Resonanzerscheinungen zwischen zwei elektrischen Schwingungen darzustellen“, schrieb er am 2. Dezember 1886 in sein Tagebuch, öffnete die Tür des Karlsruher Laboratoriums wieder und setzte seine Vorlesungen vor der Studentenschaft fort.

Kurze Zeit später vermochte Hertz sogar die Wellenlänge und Frequenzen zu messen, er wies nach, daß sich elektromagnetische Wellen gradlinig wie das Licht ausbreiten und ebenso gebrochen, reflektiert und polarisiert werden, womit die bereits vorher gehegte Vermutung bestätigt wurde, daß Licht und Elektrizität nicht zwei verschiedene Dinge sind, sondern das Lichtwellen lediglich eine andere, durch ihre Schwingungszahl verschiedene Form elektrischer Wellen darstellen.

Bald war Hertz ein in aller Welt anerkannter Forscher, dem viele Ehrungen zuteil wurden. Als an der Bonner Universität ein frei gewordener Lehrstuhl neu zu besetzen war, schrieb Hermann von Helmholtz, den man um Rat gefragt hatte, an die Bonner Physikalische Fakultät: „Für den talentvollsten und an originalen¹ Ideen reichsten unter den jüngeren Physikern glaube ich Professor Hertz in Karlsruhe ansehen zu müssen. Seine letzten Untersuchungen über Fortpflanzung der elektrodynamischen Wirkungen durch den Luftraum zeigen ihn als einen Kopf ersten Ranges.“

Hertz war sich durchaus klar darüber, daß er mit seinen Entdeckungen die Tür in ein Reich geöffnet hatte, das bis dahin noch gänzlich unerforscht war. Durch seine im Jahre 1887 herausgegebene Veröffentlichung „Ueber sehr schnelle elektrische Schwingungen“ wurden die Wissenschaftler in vielen Ländern dazu ange-regt, sich ebenfalls mit Problemen der elektrischen Wellen zu

¹ original (veraltet) = originell.

befassen. Er selbst allerdings sollte nicht mehr erleben, wie aus der Weiterentwicklung seiner Experimente und Versuche schließlich die drahtlose Telegraphie und der Rundfunk hervorgingen. Denn schon 1892 erkrankte er an einem tückischen Stirnhöhlenleiden. Nachdem er zum zweitenmal operiert worden war, schrieb er an seine Eltern: „Geschadet hat mir die Operation ja nicht viel, aber leider der Krankheit, wie es scheint, auch nicht . . . Wenn mir wirklich etwas geschieht, so sollt ihr nicht trauern, sondern ein wenig stolz sein und denken, daß ich dann zu den Auserwählten gehöre, die nur kurz und doch genug leben.“ Wenige Tage später, am Neujahrstag 1894, erlag er einer Sepsis.

„Bei der Berufung eines Nachfolgers von Heinrich Hertz ist freilich nicht daran zu denken, daß Sie jemanden finden, der diesen einzigen Mann ersetzen könnte“, schrieb Hermann von Helmholtz, abermals um Rat gefragt, nun an die Bonner Fakultät.

Zur Erinnerung an den Vater der Funkwellen, der vor 100 Jahren, am 22. Februar 1857, in Hamburg geboren wurde, nennen die Wissenschaftler in der Welt die wichtigste Maßeinheit der drahtlosen Technik, nämlich die sekundliche Schwingungszahl elektromagnetischer Wellen, seit vielen Jahren „Hertz“. 100 Hertz bedeuten 100 Schwingungen in der Sekunde. Jeder Rundfunkhörer weiß, daß die einzelnen Sender ihr Programm mit verschieden großen Frequenzen ausstrahlen, die man nach Kilohertz ($1 \text{ kHz} = 1000 \text{ Hertz}$) mißt. So werden wir alle fast täglich an den großen Pionier der drahtlosen Telegraphie erinnert, der in seinem kurzen Leben mehr für die Menschheit getan hat, als er selbst jemals ahnen konnte.

EIN GROßER FORSCHER — R. W. BUNSEN¹

(Illustrierte „Zeit im Bild“, Nr. 17, 1956)

Für die Fremden war es schwer, in dem einfachen, schlichten Mann, dem sie in den Straßen Heidelberg begegneten, den berühmten Chemiker Robert Wilhelm B u n s e n zu erkennen. Und dabei kamen sie aus vielen Ländern, um gerade ihn kennenzulernen, seine Experimentalvorlesungen zu hören und daraus zu lernen.

Am 31. März 1811 als Sohn eines Philologen in Göttingen geboren, nahm er bereits mit 17 Jahren das Chemiestudium auf. Doch nur nicht einseitig lernen, war sein Wahlspruch und so fand sich der junge Student auch bei den Vorlesungen über Physik, Mathematik, ja selbst Anatomie ein. Daneben beschäftigte er sich noch mit Mineralogie, Geologie und Botanik.

Der Lohn für seinen Lernerifer blieb dann auch nicht aus. Ein Stipendium der hannoverschen Regierung ermöglichte ihm die ersehnte größere Studienreise. Kaum 22 jährig wurde Bunsen Privatdozent in Göttingen und bereits 3 Jahre später Professor der Chemie in Kassel. Marburg und Breslau waren weitere Stationen seines Wirkungsbereiches, bis er im Jahre 1852 endgültig nach Heidelberg übersiedelte.

Für uns verbinden sich mit dem Namen Robert Bunsen die Begriffe Entdeckung der Spektralanalyse, des Magnesiumlichtes und, nicht zuletzt, die Erfindung des nach ihm benannten Bunsenbrenners. Groß ist die Zahl seiner wissenschaftlichen Arbeiten und der Untersuchungen auf den verschiedensten Gebieten, auf denen er zu Teil bahnbrechend wirkte. Keines der zahlreichen Angebote des In- und Auslandes konnte den Gelehrten verlocken, das ihm liebege-wordene Heidelberg zu verlassen. Er blieb dort bis zu seinem Tode am 16. August 1899. Die Heidelberger verehrten ihren Professor, dem sie ein schönes und würdiges Denkmal errichteten. Der Gesellschaft für angewandte physikalische Chemie gab man den Namen Deutsche Bunsen-Gesellschaft.

¹ R. W. Bunsen (1811—1899) — deutscher Chemiker und Physiker. Zusammen mit Kirchhoff Begründer der Spektralanalyse. Schöpfer des nach ihm genannten Bunsenbrenners.

kerajaja *adonigpa ste*
PIERRE CURIE — WEGBEREITER DES ATOMSZEITALTERS

(„Neues Deutschland“, 14./15. April 1956)

Es war Ende des 19. Jahrhunderts, als ein Wissenschaftler-Ehepaar durch seine Entdeckungen die Welt aufhorchen ließ. Pierre Curie, der in der wissenschaftlichen Welt schon kein Unbekannter mehr war, und seine Frau Maria Sklodowska-Curie¹ hatten nach langwierigen Experimenten und unermüdlichem ^{Yachokus} Forschen die Radioaktivität² und die beiden radioaktiven Elemente Polonium und Radium entdeckt.

Pierre Curie zählt zu den bedeutendsten Physikern der neuesten Zeit. Er ist einer jener ^{Walters} Gelehrten — und das gilt gleichfalls für seine Frau Maria Sklodowska-Curie —, die auf die Entwicklung der Wissenschaft einen großen Einfluß ausübten.

neulser.
Erster internationaler Ruhm

Pierre Curie, der am 15. Mai 1859 in Paris geboren wurde, beschäftigte sich anfangs mit der Erforschung des Wachstums der Kristalle. Er war Lehrer und Professor an der städtischen Schule für Physik und Chemie in Paris. Seinen ersten internationalen wissenschaftlichen Ruhm erwarb er sich 1883 mit der Entdeckung der Piezoelektrizität³ und mit seinen Arbeiten über die magnetischen Eigenschaften des Eisens und des ^{Walters} Sauerstoffs bei verschiedenen Temperaturen. 1894 lernte er die junge fortschrittliche polnische Wissenschaftlerin Maria Sklodowska kennen, die er ein Jahr später heiratete. Will man die Leistungen und das Leben von Pierre Curie richtig würdigen, dann muß man Maria Sklodowska-Curie in diese Würdigung mit einbeziehen.

¹ Maria Sklodowska-Curie [kyri:] (1867—1934) — polnische Chemikerin und Physikerin, Frau Pierre Curies.

² Radioaktivität ist eine Eigenschaft der Atomkerne vieler Isotope. Sie beruht im wesentlichen darauf, daß sich instabile Atomkerne unter Energieabgabe in stabilere umwandeln. Man unterscheidet natürliche Radioaktivität, die natürlich vorkommende Elemente zeigen, und künstliche Radioaktivität, die von künstlich erzeugten Atomkernen ausgeht.

³ Piezoelektrizität — Druckelektrizität: an den Grenzflächen mancher Kristalle bei Druck oder Zug auftretende elektrische Ladung.

Anfangs deutete noch nichts auf die späteren gemeinsamen großen Entdeckungen und Erfolge des Ehepaars hin, obwohl sie bereits im selben Laboratorium arbeiteten. Sie forschten völlig unabhängig voneinander auf verschiedenen Gebieten. Pierre Curie erforschte das Wachstum der Kristalle und seine Frau beschäftigte sich mit der Untersuchung der Uranstrahlen, die 1896 von Henry Becquerel¹ entdeckt worden sind. Maria Sklodowska-Curie stellte fest, daß die Strahlungsfähigkeit des Urans eine spezifische Eigenschaft des Uranatoms darstellt, die im metallischen Zustand und auch in allen Verbindungen des Urans zu finden ist. Sie begriff, daß die von ihr gemachte Entdeckung auf der Wirkung bisher unbekannter atomarer Kräfte beruhte. Sie nannte diese Fähigkeit, Strahlen von Urantyp auszusenden, Radioaktivität, und bezeichnete die chemischen Elemente, die diese Fähigkeit besitzen, als radioaktive Elemente. Sie äußerte die Vermutung von der Existenz eines bisher unbekanntes Elements, das bedeutend stärker radioaktiv ist als Uran.

Entdeckung neuer chemischer Elemente

Die Perspektive der weiteren Arbeit war vielversprechend und erregte das Interesse von Pierre Curie. Kurzerhand brach er seine Untersuchungen über die Kristalle ab und arbeitete von nun an gemeinsam mit seiner Frau. Ihr Ziel war die Isolierung des neuen Elements. Unermüdlich forschten Sie nach, mit welchen Bestandteilen der Uranpechblende die Strahlungsfähigkeit verbunden ist. Im Juli 1898 veröffentlichten sie schließlich die Mitteilung von der Entdeckung eines neuen chemischen Elements. Zu Ehren des Heimatlandes von Maria Sklodowska-Curie, Polen, nannten sie es Polonium.²

Nur wenige Monate später erregte das Ehepaar Curie in der wissenschaftlichen Welt erneutes Aufsehen. Sie gaben die Entdeckung eines weiteren neuen stark radioaktiven Elements bekannt, des Radiums.³ Aus vielen Tonnen schmutzig-brauner Masse, der Pechblende⁴, hatten sie die neuen Elemente isoliert. Eine Vorstellung von der ungeheuren Arbeit und den Schwierigkeiten, die sie überwinden mußten, geben folgende Zahlen: Eine Tonne Uranerz enthält höchstens 240 Milligramm Radium und nur 0,05 Milligramm Polonium. Aus ganzen Waggonladungen von Erzen mußten geringe Mengen, ohne entsprechende technische Ausrüstungen, wie

¹ Henry Becquerel [bɛk(ə)rɛl] (1852—1908) — französischer Physiker; entdeckte 1896 die Radioaktivität an Uransalzen.

² Polonium — Radioaktives Element, chemisches Zeichen Po, Ordnungszahl 84, Atomgewicht 210, Halbwertszeit 138 Tage.

³ Radium — Radioaktiver chemischer Grundstoff, chemisches Zeichen Ra, Ordnungszahl 88, Atomgewicht 226,05. Halbwertszeit 1622 Jahre.

⁴ Pechblende — wichtigstes Radium- und Uranerz; bildet meist derbe, grünliche bis pechschwarze Massen; dient zur Gewinnung des Urans und des Radiums.

wir sie heute kennen, mühselig auf präparativ-chemischem Wege ausgeschieden werden.

Alle ihre Arbeiten verrichteten die beiden Gelehrten unter äußerst primitiven und unzulänglichen Verhältnissen. Eine großzügige Förderung und Unterstützung der Wissenschaft, wie wir sie in unserem Arbeiter-und-Bauern-Staat kennen, gab es nicht. Lassen wir Maria Curie selbst zu Worte kommen, die in der Biographie ihres Mannes ihr Laboratorium wie folgt beschreibt: „Es war eine Holzbaracke mit einem Steinfußboden und einem Glasdach, das den Regen bei weitem nicht abhielt; einige abgenutzte Tische aus Kiefernholz stellten die gesamte Einrichtung dar, zu der noch ein kleiner eiserner Ofen und eine schwarze Tafel gehörten, die Pierre Curie so gern benutzte.“

Die starken Radiumpräparate sandten aber nicht nur unsichtbare Strahlen aus, sie bereiteten ihren Entdeckern noch eine andere Überraschung. Sie besaßen nämlich die Fähigkeit, im Dunkeln zu leuchten. Darüber berichtet Maria Curie: „Manchmal kehrten wir abends nach dem Abendbrot in unseren Arbeitsraum zurück, um einen Blick auf unser Reich zu werfen. Unsere wertvollen Produkte, für die wir keinen Schutz hatten, waren auf Tischen und Regalen verteilt, von allen Seiten konnte man ihre schwach leuchtenden Umrisse sehen, und diese Lichter, die scheinbar in der Dunkelheit aufgehängt waren, stellten für uns immer eine Quelle neuer Empfindungen und der Begeisterung dar.“

Mit den Entdeckungen des Ehepaars Curie begann die Entwicklung eines neuen Zweiges der Wissenschaft, der Lehre von der Radioaktivität. Sie wurde zum Ausgangspunkt für die Gewinnung und Anwendung der Atomenergie. Die Radioaktivität beruht auf der Verwandlung eines Elements in ein anderes. Sie wird hervorgerufen durch das Herausschleudern von Kernelementen aus dem Kerninneren. Maria Sklodowska-Curie selbst äußerte, daß sich auf der „Sturzflut der Atomverwandlung“ neue umwälzende Entdeckungen aufbauen, die das Fundament der bisherigen Naturwissenschaften erschüttern werden.

Selbst-Versuche und ihre Folgen

Inzwischen hatte sich auch die heilende Wirkung des Radiums herausgestellt. Henry Becquerel, der mit den Curies befreundet war, nahm sich eines Tages aus ihrem Laboratorium ein kleines Quantum eines in einem Glasröhrchen verschlossenen Radiumpräparates, steckte es in die Westentasche und ging damit einige Stunden herum. Nach einigen Tagen entdeckte er auf seiner Haut eine Rötung, deren Form der des eingesteckten Röhrchens glich. Nach weiteren Tagen verspürte er heftige Schmerzen, die Haut sprang auf, und es bildete sich ein Geschwür. Der Arzt behandelte die Wunde wie normale Brandwunden, und nach zwei Monaten war sie vernarbt. Daraufhin machte Pierre Curie nun selbst Versuche

an sich. Er weckte damit das Interesse eines Arztes, der nun die Wirkung der Radiumstrahlen an Tieren und auf Menschen systematisch studierte.

Als die heilende Wirkung des Radiums bekannt wurde, begann sich die Industrie des Auslandes für das Herstellungsverfahren zu interessieren. Amerikanische Ingenieure ersuchten das Ehepaar Curie um entsprechende Angaben. Die Urheberrechte hätten den Gelehrten zu märchenhaftem Reichtum verhelfen können, aber Maria erklärte: „Das Radium wird Kranken dienen, es erscheint mir unmöglich, davon zu profitieren.“ Und Pierre Curie sagte: „Es würde dem wissenschaftlichen Geist nicht entsprechen!“ Auf materielle Vorteile aus ihren Entdeckungen verzichteten sie. Die amerikanischen Ingenieure erhielten freimütig die gewünschten Auskünfte.

Kühne Pläne und ein tragischer Unfall

In den Jahren von 1899 bis 1904 gaben Pierre Curie und seine Frau viele wissenschaftliche Werke heraus. Unermüdlich forschten sie weiter, um aus chemischen Verbindungen neue Elemente auszusondern und ihre Eigenschaften näher zu untersuchen. Für seine hervorragende wissenschaftliche Tätigkeit — er erforschte neben Problemen der Radioaktivität auch Fragen des Magnetismus, der Piezoelektrizität und der Symmetrie der Metalle — wurde Pierre Curie 1901 mit dem Preis der Akademie der Wissenschaften in Paris, deren Mitglied er war, geehrt. Der Antrag auf Zuerkennung des Preises begann jedoch mit dem Satz: „Die Entdeckung des Radiums machte den Namen von Pierre Curie, der mit dem Namen seiner hervorragenden Mitarbeiterin, Maria Curie, eng verbunden ist, in der ganzen Welt berühmt.“ 1904 wurde er Professor für Physik an der Sorbonne, der Pariser Universität. Die größte Ehre wurde Pierre Curie zuteil, als er zusammen mit seiner Frau und Henry Becquerel 1903 den Nobelpreis verliehen bekam.

Pierre Curie hatte inzwischen neue bemerkenswerte Beobachtungen angestellt. Bei der Untersuchung eines Radiumsalzes, des Radiumbromids, stellte er das Freiwerden relativ ungeheuer großer Wärmemengen bei radioaktiven Umwandlungsprozessen fest. Beim Zerfall von einem Gramm Radium werden einige Millionen Mal mehr Wärme und damit einige Millionen Mal mehr Energien frei, als bei der Verbrennung eines Gramms Brennstoff. Pierre Curie stellte sich die große Aufgabe, den Prozeß des Freiwerdens der Atomenergie zu beschleunigen. Damit wurden einige Perspektiven der zukünftigen Ausnutzung der Kernreaktionen für die Energiegewinnung sichtbar. Er dachte über die Wege zur Lösung seiner kühnen Pläne nach, konnte sie aber nicht mehr verwirklichen. Ein tragischer Unglücksfall setzte seinem so erfolgreichen Leben schon ein frühzeitiges Ende.

Es geschah am 19. April 1906. Pierre Curie hatte an einer Sitzung teilgenommen und befand sich auf dem Heimweg. Als er

durch die Dauphine-Straße ging, eine der schmalen Straßen des alten Paris, in denen es von Fahrzeugen und Menschen wimmelte, wurde er von einem schweren Lastwagen erfaßt, überfahren und auf der Stelle getötet.

Das Herz eines großen Gelehrten hatte damit für immer aufgehört zu schlagen. Seine Frau Maria Sklodowska-Curie, seine Tochter Irene und sein Schwiegersohn, der berühmte Physiker und jetzige Präsident des Weltfriedensrates, Professor Frédéric Joliot-Curie, setzten sein wissenschaftliches Werk erfolgreich fort. Frédéric und Irène Joliot-Curie entdeckten 1934 die künstliche Radioaktivität. Ihre Arbeiten waren die Voraussetzungen für die Erfolge anderer Wissenschaftler.

Arbeit zum Wohle der Menschheit

Pierre Curie lebte ganz seiner Wissenschaft. Er war ein „reiner Wissenschaftler“, der sich um die gesellschaftlichen und politischen Fragen seiner Zeit fast gar nicht kümmerte. „Im Grunde ist es nicht der Mühe wert“, sagte er einmal, „sich so sehr mit der sozialen Frage abzuquälen. Die Physiker werden diese Schwierigkeiten lösen, sie werden das Problem dadurch aus der Welt schaffen, daß es ihnen gelingen wird, genügend Reichtümer für alle hervorzubringen.“ Geleitet von den besten Absichten, glaubte er die gesellschaftlichen Verhältnisse durch die Veränderung der Natur, mit den Mitteln der Naturwissenschaften ändern zu können. Er erkannte noch nicht, daß es notwendig ist, außerhalb des Laboratoriums aktiv für die friedliche Anwendung der wissenschaftlichen Entdeckungen — das Leitmotiv seiner gesamten Arbeiten — zu kämpfen.

Es wäre jedoch völlig verfehlt, Pierre Curie der völligen politischen Ignoranz zu bezichtigen. Er und seine Frau leisteten ihre wissenschaftlichen Arbeiten in der Gewißheit, dem Frieden und der Menschheit damit zu dienen. Das Wohl der Menschen lag ihnen am Herzen, und sie verabscheuten zutiefst den Mißbrauch der Ergebnisse wissenschaftlicher Arbeiten. Anlässlich eines Vortrages vor der Akademie der Wissenschaften in Stockholm im Jahre 1905 erklärte Pierre Curie: „Man kann annehmen, daß das Radium in verbrecherischen Händen sehr gefährlich werden könnte. Nobels Entdeckungen sind ein charakteristisches Beispiel dafür: Die mächtigen Explosivkörper haben den Menschen erlaubt, großartige Arbeiten durchzuführen, doch sind sie auch ein furchtbares Instrument der Zerstörung in den Händen der großen Verbrecher, die die Völker in die Kriege hetzen.“

Die hervorragenden wissenschaftlichen Arbeiten von Pierre Curie und seiner Frau finden erst heute zum Beginn des Atomzeitalters, ihre volle Würdigung. Sie waren Wegbereiter der sich heute vor unseren Augen vollziehenden technisch-wissenschaftlichen Umwälzung durch die friedliche Anwendung der Atomenergie, die fast alle Gebiete unseres Lebens einbezieht.

DIE SACHE MIT DER GRAVITATION

(Aus dem Buch „Das kann ja heiter werden“ von Fritz Bernhard)

Seit Professor Einstein¹ die Aufmerksamkeit der Welt wieder auf die Gravitationstheorie lenkt, jene bekannte Lehre von der Anziehungskraft der Erde, fühlt man sich zum Nachdenken ange-regt, wie der Mensch wohl auf ein plötzliches Fehlen der Gravita-tion — etwa auf einem anderen Planeten — reagieren würde.

Ich stelle mir die Sache sehr lustig vor. Zunächst mal würden alle, gewichtlos geworden, gleichsam in der Luft schwimmen. Ein leiser Antipper mit dem Fuß auf den Boden würde uns wie ein Ballon zum Schweben bringen, so daß wir Mühe hätten, wieder auf die Erde zurückzugelangen.

Wir könnten im wahren Sinne des Wortes vor Kraft nicht laufen und würden uns wie Fische im Luftmeer tummeln. Bis geeignete Luftflossen erfunden und im Kleinhandel erschienen sind, würden wir uns vermutlich durch Abstoßen von allen möglichen Kanten fortbewegen. Wassersportler aber würden mit Hilfe des ausge-spannten Mantels durch die Straßen kreuzen.

Alle Rekorde der Leichtathletik wären hinfällig. Eine mittlere Großmama würde mit Leichtigkeit über ein achtstöckiges Waren-haus setzen, ja sie hätte Mühe, auf der anderen Seite wieder herun-terzukommen. Ein besserer Hürdenspringer würde ohne Schwie-rigkeit den Funkturm bewältigen, denn nur der Widerstand der Luft würde seinen Sprung allmählich abbremsen. Schlecht wäre es dagegen um alle Fahrzeuge mit Rädern bestellt. Ein Auto ohne Gewicht würde sich beim Anfahren ein bißchen in die Luft erheben und alsbald, wie ein Kahn auf den Wogen hin- und herschlingernd, mit laufenden Rädern stehenbleiben. Nun, sollte es umkippen, so brauchen Sie nichts zu befürchten, denn Sie fallen ja nicht heraus.

Aber das ist noch gar nichts. Angenommen, Sie haben sich mit Ihrer Freundin um zwanzig Uhr 100 Meter über dem Bahnhof Zoo verabredet. Pünktlich kommt sie angeschwommen und hat Ihnen zu Ehren die neueste Modfrisur angelegt, bei der die Haare gestäubt getragen werden, was ohne weiteres möglich ist, da das aufgerich-

¹ Albert Einstein (1879—1955) — einer der bedeutendsten deutschen Physi-ker; Schöpfer der speziellen (1905) und der allgemeinen Relativitätstheorie (1915) und damit Begründer einer neuen Gravitationstheorie.

tete Haar ja nicht wieder herunterfällt. Aus Freude über die Überraschung laden Sie die Dame zu einem Schnaps ein. Der Barkellner will Ihnen eine gemütliche Ecke einräumen, aber Sie haben sich etwas Besseres einfallen lassen.

„Servieren Sie bitte an der Decke, Herr Ober“, sagen Sie und werfen übermütig Ihren Hut nach oben, der natürlich an der Decke liegen bleibt, „wir möchten uns den Betrieb mal verkehrt herum ansehen!“

Dienstbeflissen deckt der Kellner an der Decke einen Tisch für Sie, hilft Ihnen aus dem Mantel und hängt ihn in die Luft, wo er ohne weiteres hängen bleibt. Der ungewohnte Aufenthalt an der Decke mit dem Oberkörper nach unten verursacht Ihnen nicht die geringsten Beschwerden, da Ihnen ja das Blut nicht in den Kopf steigt! Im Gegenteil, es wird sehr vergnügt.

Sie saugen ein paar Schnäpse — anders als mit Röhrchen oder Löffel bekommen Sie den Kognak nicht aus dem Glas — und nach dem dritten Likör möchte Ihre Freundin mit Ihnen tanzen. Aber bekümmert kommt der Wirt zu Ihnen an die Decke geschwebt und berichtet, daß der Flügel nicht mehr brauchbar ist, weil die Hämmer nicht mehr richtig zurückschnellen. Die Barmusik muß heute ausfallen. Der Wirt tröstet Sie mit einer neuen Lage Schnaps, worauf Sie ihn in gleicher Weise trösten.

Am nächsten Morgen erwachen Sie durch das Klappern Ihrer Zähne in einer Höhe von zweitausend Metern über dem Brandenburger Tor. Sie haben sich auf dem nächtlichen Heimweg in der Richtung geirrt und in einer Regenwolke geschlafen. Da der Regen infolge der fehlenden Gravitation nicht auf die Erde kann und die ganze Zeit über oben blieb, sind Sie ganz schön naß.

Jetzt können Sie warten, bis eine Streife mit Propellerantrieb geschwommen kommt, die Ihnen wieder auf die Erde hinunterhilft. Und Sie stoßen einen tiefen Seufzer aus und meinen: „Verdammt um die Ecke, wie schwer es ist, nicht schwer zu sein . . .“

DAS GEHEIMNIS DER MAGDEBURGER HALBKUGELN

(Aus der Erzählung „Das Geheimnis der Magdeburger Halbkugeln“
von Walter Basan)

Es war im Jahre 1654 in Magdeburg, einer Stadt in Mittelddeutschland. Magdeburger Bürgermeister, Naturforscher Otto Gericke¹ hatte seine Versuche zum Nachweisen des Luftdruckes beendet. Nun wollte er mit seinen luftleergepumpten Halbkugeln auch den Fürsten und dem Volke die Kraft des Luftdruckes demonstrieren. Das Volk hatte sich schon auf dem Marktplatz versammelt und wartete auf das Erscheinen des Kaisers.

* * *

Gleich darauf schmetterten Fanfaren — die Fanfaren des Kaisers. Alles sah sich um. Es dauerte nicht lange, da hatte es sich herumgesprochen, daß den Anwesenden ein auf der ganzen Welt noch nie erlebtes Schauspiel dargeboten würde. Aus diesem Grunde, so hieß es, habe sogar Seine Kaiserliche Majestät, Ferdinand III.,² die bereits vorgesehene Abreise zurückgestellt. Auch Könige und Fürsten gedächten noch zu bleiben.

„Was wird's schon sein?“ zuckte der Schwabe im Nähertreten die Schultern, „da fressen gleich zwei um die Wette Lerchenzungen oder Kaviar!“

„Unsinn!“ grinste der hessische Roßknecht mit einem flinken Blick auf Henning. „Artoffeln³ gibt's.“

„Da bringen sie tatsächlich schon die beiden Schüsseln!“ rief der aus dem Braunschweigischen. Er deutete auf einen Wagen, auf dessen Ladefläche zwei halbkugelartige Metallgefäße ruhten, jedes von einem knappen Meter im Durchmesser.

„Guckt doch mal, da oben!“ machte sie ein anderer aufmerksam. Er zeigte zur Terasse hinauf. „So viel großartige Männer seht ihr sobald nicht wieder auf einem Haufen.“

„Wenigsten so viel Gold und Diamanten nicht“, verbesserte Henning, der sich ziemlich teilnahmslos im Hintergrund aufhielt.

¹ Otto von Gericke (1602—1686) — Bürgermeister in Magdeburg und Naturforscher; erfand die Luftpumpe und wies den Luftdruck mit seinen berühmten Magdeburger Halbkugeln nach.

² Ferdinand III. (1608—1657) — seit 1637 deutscher Kaiser; unter ihm wurde 1648 der Dreißigjährige Krieg mit dem Westfälischen Frieden beendet.

³ Artoffeln (fehlerhaft) = Kartoffeln.

Erst als er auf die beiden „Schüsseln“ aufmerksam geworden war, die man inzwischen in der Mitte des Platzes abgeladen hatte, drängte er sich nach vorn.

„Holt eure Pferde!“ rief er beim Anblick der Halbkugeln aus, und über sein so lange mürrisch gewesenes Gesicht ging ein Leuchten.

„Die Pferde?“ fragten sie, „wozu denn die Pferde?“

Da sah Henning auch schon seinen Freund Otto Gericke auf die beiden Halbkugeln zugehen. Er beobachtete des weiteren, wie er die rechte Hand hob.

„Ja, ja — die Pferde . . . fünf, sechs . . . nein, acht Paar Pferde!“ bestätigte Henning da. Dann rannte er auf Gericke zu.

„Ob er wieder künstliche Wolken machen wird?“ mutmaßte einer der Knechte, der sich der Versuche in der „Goldenen Traube“ erinnerte. Dort hatte der Magdeburger Bürgermeister durch plötzliches Einströmenlassen von Luft in eine luftleere Glaskugel erst Wind, dann Wolken und am Ende Nebel erzeugt.

Die Sonne selbst war voller Neugier und besah sich die eigentümlichen Gerätschaften — die blanken Kupferschalen und die Pumpe mit solcher Eindringlichkeit, daß es von ihrem Widerschein blitzte und blinkte.

„Ist der Lederring mit Wachs und Terpentin getränkt?“ fragte Gericke, als er sah, daß dieser den Dichtungskranz auf den Rand der einen Kugelhälfte legte. — Henning betastete ihn sorgfältig und bepinselte dann die trocken gewordenen Stellen mit der vorbereiteten Lösung. Gericke überprüfte den Mechanismus der Pumpe. Er zog Schrauben nach.

„Aufpassen, daß kein Sand oder Gras mit eingeklemmt wird,“ warnte Gericke bereits, packte die eine Hälfte der Kugel bei den angeschmiedeten Ringen und wartete, bis Henning die andere Hälfte ergriff und die Öffnungen aus der Horizontalen in eine gemeinsame Senkrechte brachte.

„Halt — gut so — noch ein bißchen! Genug!“ dirigierte Gericke in energischerem Ton als sonst den Vorgang des Zusammenschlusses. Dann brauchte er links und rechts nur noch seine Hände auf die Wandungen der Kugelhälften legen, um so einstweilen zu verhindern, daß sie wieder auseinanderklafften. Der Ventilstutzen der Pumpe wurde in die Mündung des Absperrhahnes der einen Kugelhälfte geschoben. Ventil und Hahn geöffnet — dann begann die Pumpe mit dem Saugprozeß.

Henning bediente den Hebelarm. Er machte ein feierliches Gesicht dabei und gab sich obendrein Mühe, daß er beim Bücken keinen all zu argen Katzenbuckel machte. Man mußte unter den Augen des Kaisers schließlich anders pumpen als zu Hause, wenn nur die Magdeburger zusahen. — Gericke bemerkte den Unterschied und amüsierte sich ein bißchen darüber, obwohl ihm nicht besonders froh ums Herz war. Daß er seine Kugel unter den Händen

fühlte, war ihm Trost, und das saugende Geräusch der Pumpe empfand er wie einen guten Zuspruch.

Hennings Pumpenzüge wurden kürzer. Das Vakuum kündigte sich an.

„Zweimal zwei Deichseln anhängen!“ befahl er dann, nachdem er den Hahn an der Kugel endgültig verschlossen hatte, und sah sich nach den Pferden um.

„An jeder Deichsel schirrt ihr dann zwei von euren verhungerten Gäulen an!“ vervollständigte Henning die Anweisung mit einem verschmitzten Lächeln.

„Du hast's nötig!“ protestierte gleich einer für alle. „Verhungert...!“ — Das war der Bamberger, dessen Herr noch rechtzeitig von dem Schauspiel gehört hatte und der deshalb umgekehrt war, um daran teilzunehmen.

„Alle Pferde richtig angespannt?“ fragte Gericke indes, während die Knechte voller Verwunderung über Sinn und Zweck des Vorgangs an zwei Seiten der mit Ringen versehenen Kugel je vier Pferde anschirrten.

„Was sollen die Fastnachtsscherze?“ lachte der Bamberger auf, „wenn die Rosse anziehen, springt die Kugel auf. Sie ist doch an der Nahtstelle zwischen den Hälften weder verschraubt noch vernietet!“ Er lachte noch einmal. „Die Magdeburger sind komische Käuze!“

„Eure Gäule reißen die Kugelhälften nie im Leben auseinander!“ erwiderte Henning beiläufig. Da lachten auch die anderen Knechte, griffen in die Leinen und warteten nur auf das Kommando zum Antritt.

Dann erscholl das Kommando. Die Ketten strafften sich, die Rosse senkten ihre Nacken und zogen in entgegengesetzter Richtung an. Zwischen ihnen befand sich die Kugel. Sie blieb wie sie war — rund und geschlossen. Der Kaiser neigte sich über die Brüstung und schaute aufmerksam hinab. Könige und Fürsten seines Gefolges beobachteten die Zerreißprobe mit gespannter Aufmerksamkeit.

„He, Bamberger, was ist los?!“ lachte Henning. „Hättest deinen Schaukelpferden heute früh mehr Hafer geben sollen!“

Der sah sich verdrießlich um, griff dann, wie alle anderen Knechte zur Peitsche und hieb kräftig drauflos. Die Tiere verdoppelten ihre Anstrengungen. Sie verstampften mit ihren Hufen das Gras der Wiese und rissen voller Wucht an den Deichseln.

Gericke stand schweigend dabei. Um ihn herum versank der Tag, versanken Gärten und Häuser und die Neugier der Schau Lustigen... Zahllos waren die Glieder der schier endlosen Gedankenkette, die sich durch Monate und Jahre wand. Es gab Umwege und Irrtümer, Trugschlüsse und Fehler — es mußte wohl so sein. Erst die überwundenen Irrtümer machen den Erfolg so wertvoll. Gericke betrachtete die Kugel — seine Kugel... die Gestalt gewordene Idee von der in der Atmosphäre ruhenden Kraft. Welch ein Tag...

Hunderttausend Blüten schienen nur für ihn zu blühen, und die Sonne besah noch immer staunend ihr Konterfei. Das war rot und golden und leuchtend zugleich.

„Schirrt auf jede Seite zwei weitere Pferde dazu!“ rief Henning auf ein Handzeichen Gericke's.

Da gaben die Kutscher es auf — Leinen und Ketten entspannten sich. Die Kugel sank ins Gras.

„Ja, träume ich denn?“ sagte der Bamberger und griff sich an den Kopf. „Zwei halbe Hohlkugeln — unverschraubt und nur lose aufeinandergelegt . . .“

„Und luftleer gemacht“, ergänzte der Schwabe, „darin muß wohl das Geheimnis bestehen.“

„Das ist kein Geheimnis!“ rief Henning dazwischen, „das ist eine Erkenntnis. Unser Bürgermeister hat danach so viele Jahre geforscht wie der Krieg gedauert hat.“

Indessen hatte Gericke das Ventil geprüft und gab den Knechten erneut einen Wink.

Zwölf Pferde warfen sich erneut in Gurte, Peitschen knallten, Flüche wurden ausgestoßen — Ketten und Seile waren zum Zerreißen gespannt. Doch die Naht der Kugel blieb unverrückbar fest wie festgeschmiedet. Dann knallten ein drittes Mal die Peitschen. — Nunmehr über sechzehn Pferderücken, die schweißnaß und mit fliegenden Flanken, einen erneuten Angriff auf die verhexten Kugeln unternahmen.

„Nun wird's gelingen!“ rief Gericke zur Terasse hinauf, wo Könige und Fürsten, um den Kaiser geschart noch immer staunend beieinanderstanden.

Henning weidete sich an den entgeisterten Mienen der hohen Herren. — Im Gleichen Augenblick stürzte einer der Hengste und riß einen zweiten mit. Man unterbrach das Experiment, um auch den übrigen Pferden eine Verschnaufpause zu gönnen. Gericke benutzte sie dazu, um das Ventil zu öffnen, so daß der einseitige Druck der Atmosphäre aufgehoben wurde. Dann bat er den Akademieprofessor, die Halbkugeln zu trennen. Der brauchte sie nur leicht anzurühren, da sank die eine Hälfte links, die andere rechts zu Boden. Die Zuschauer nahmen nur völlige Leere wahr.

Beifall brauste auf und Hochrufe erschollen. Aber Gericke wehrte ab und begann, mit Hennings Hilfe die zusammengelegte Kugel erneut luftleer zu pumpen. Professor Schott und der voreingenommene Fürst Bodenstein sahen aus nächster Nähe zu. Auch einige Roßknechte standen interessiert dabei. „Die Luft soll's nun machen!“ flüsterte einer. „Ich glaub's nicht!“

„Luft hat doch keine Krallen!“ erwiderte ein anderer. „Es ist alles Zauberei!“

Und der Fürst Bodenstein, der die Knechte bestochen hatte, so zu reden, meinte: „Daß ein kleiner, unscheinbarer Bürgermeister die Stirn hat, Kaiser und Könige zu düpieren . . . unerhört!“

Der Professor sah Gericke betroffen an, weil er sich für das

herausfordernde Benehmen des Fürsten schämte. Aber Gericke blieb gelassen und sagte, so daß es der Fürst nicht überhören konnte: „Was soll ich derartiges Gerede widerlegen! Es ist überflüssig. Auf Versuche ist mehr Wert zu legen als auf das Urteil der Dummheit, die stets Vorurteile gegen die Natur zu spinnen pflegt...! — Los Leute, die Pferde!“ —

Und die Pferde rissen wieder voller Wucht an den Deichseln. „Da, da — seht doch!“ rief ein Mann aus der Menge und beugte sich nach vorn, „die Pferde — sechzehn Pferde — und die Kugel lose zusammengefügt wie meine Hände... es ist nicht zu glauben!“

Plötzlich gab es einen lauten Knall. Je acht Rosse preschten mit der einen Hälfte nach links und mit der anderen Hälfte nach rechts zwanzig, dreißig Meter weit los, ehe die Knechte sie zum Stehen brachten. Auf der Terasse entstand Bewegung. Man hörte Hochrufe und Händeklatschen.

Der Versuch mit den Magdeburger Halbkugeln war gelungen. Otto von Gericke hatte der Welt anschaulich gezeigt, welche Kraft der Atmosphäre innewohnt.

DIE BEDEUTUNG DES DRUCKES UND SEINE NUTZUNG IN DER MODERNEN TECHNIK

(„Der Morgen“, 2. März 1957)

Alle Menschen auf diesem Erdball stehen unter Druck. Und alle sind so gut daran gewöhnt, daß es normalerweise gar keiner merkt. Das ist um so verwunderlicher, als der Druck, der auf uns lastet, eine stattliche Zahl von Zentnern beträgt. Das Luftmeer nämlich, das die Erde umgibt und auf dessen Grunde wir leben, ist runde 1000 Kilometer tief und drückt auf je 15 Quadratmeter unserer Erdoberfläche mit dem Gewicht einer schweren D-Zug-Lokomotive. Auf der ganzen Erde ruht somit ein Luftgewicht, das dem von mehr als 4,5 Billionen Lokomotiven gleichkommt.

Wie die Alge auf dem Meeresgrund dem Wasserdruck angepaßt ist, so ist das „Tiefseewesen“ der Mensch an den Druck über sich gewöhnt. Der Spannungszustand unserer Körperzellen und unser Blut verhüten, daß wir wie eine Briefmarke zusammengepreßt werden. In der Regel wird das niemandem bewußt. Aber es gibt Situationen und Gelegenheiten, die uns sehr deutlich spüren lassen, wie bedeutungsvoll der Luftdruck für uns ist, unter dem wir leben. Ändert sich nämlich der Luftdruck aus irgendeinem Grunde, reagiert unser Körper sofort darauf. Wer mit einer Seilbahn oder im Flugzeug in große Höhen hinaufsteigt, wo die Luft „dünner“ ist, spürt an dem Knacken und Sausen in den Ohren, wie sich sein Körper an den geringeren Druck anzupassen versucht. In sehr großen Höhen jedoch sind der Anpassungsfähigkeit unseres Organismus an den veränderten Druck Grenzen gesetzt. Schwindelgefühle und Blutungen treten auf. Bergsteiger, die in Höhen von mehr als 7000 Meter vordringen wollen, müssen mehrere Wochen in „Zwischenlagern“ zubringen, um sich stufenweise an die gemeinhin als so gesund geltende „Höhenluft“ zu gewöhnen. In Höhen von über 5500 Metern können sich selbst gut trainierte Menschen nur unter größten Anstrengungen bewegen. Der bekannte Alpinist Dittert von der Schweizer Everest-Expedition des Jahres 1952 benötigte in 8000 Meter Höhe zweieinhalb Stunden, um seine Schuhe anzuziehen. Fünf Stunden brauchte sein Expeditionskamerad Lambert, um 200 Meter voranzukommen — mehr als eine Minute also für jeden einzelnen Schritt.

Ebenfalls ungewöhnliche Körperreaktionen erlebt ein Taucher, der sich unter Wasser einem erhöhten Druck aussetzt. So muß er beispielsweise, weil der Wasserdruck den Körper zusammenpreßt, die Luft unter Überdruck einatmen, damit seine Lunge überhaupt Atembewegungen ausführen kann. In zehn Meter Tiefe muß er bereits die Luft mit zwei Atmosphären Überdruck, in zwanzig mit drei und in fünfzig mit sechs Atmosphären Überdruck atmen. Je größer der Wasserdruck auf dem Körper des Tauchers ist, desto mehr Luftstickstoff löst sich in seinem Blut. Damit er den überzähligen Stickstoff wieder los wird, muß er, wie es in der Tauchersprache heißt, seinen Körper „entpressen“, daß heißt, er muß ganz langsam wieder an die Wasseroberfläche zurückkehren. Beachtet er diese Regel nicht und taucht zu schnell wieder auf, kann es passieren, daß sich (ähnlich wie in einer zu schnell geöffneten und übersprudelnden Selterswasserflasche) in seinen Adern Stickstoffbläschen bilden, die eventuell zu tödlichen Embolien führen können.

So wie der Luft- und Wasserdruck auf den menschlichen Organismus einwirken, so übt der Druck im allgemeinen auch auf alle anderen Organismen, Stoffe und Dinge in der Welt gewisse Wirkungen aus. In den letzten Jahrzehnten haben Chemiker, Physiker, Biologen und Techniker die wissenschaftlich-technische Bedeutung und Nutzbarkeit des Druckes genau untersucht. Dabei ist man zu erstaunlichen Ergebnissen gekommen, von denen besonders die chemische Wissenschaft gewaltig profitiert hat.

Als eklatantes Beispiel dafür ist die Herstellung künstlicher Diamanten zu nennen. Bekanntlich sind Diamanten nicht nur als Schmucksteine begehrt, sondern werden ihrer Härte wegen auch in vielen Zweigen der Technik gebraucht. Diamantvorkommen sind jedoch sehr selten. Seit eh und je sind nicht viel mehr als 60 Tonnen gefunden worden. Man kann sich deshalb gut vorstellen, wie angestrengt man bemüht war, ein Rezept für die künstliche Gewinnung der wertvollen Steine zu finden. Namhafte Forscher aus aller Welt haben sich redlich bemüht, aber lange, lange vergeblich.

Bekannt war schon im vorigen Jahrhundert, daß der Diamant aus reinem Kohlenstoff besteht und sich von dem schwarzen Graphit chemisch eigentlich durch nichts unterscheidet. Der Unterschied zwischen Diamant und Graphit besteht lediglich darin, daß die sie bildenden gleichen Atome in beiden Stoffen verschieden angeordnet sind und verschiedene Abstände voneinander haben, oder wie man auch sagt, ein verschiedenes Kristallgitter aufweisen. Alle Versuche zur Gewinnung künstlicher Diamanten mußten deshalb darauf abzielen, die Atome des Kohlenstoffs zu zwingen, sich aus der Kristallgitter-Struktur des Graphits zu lösen und zu dem Kristallgitter des Diamanten umzugruppieren. Das gelang jedoch über 70 Jahre lang nicht, weil sich — wie sich in jüngster Zeit herausstellte — die Kohlenstoffatome zu einer solchen Umgruppierung nur unter so gewaltigem Druck zwingen lassen, wie man ihn früher zu erzeugen überhaupt nicht für möglich gehalten hat.

Als man die Wirkungen hohen Druckes zu untersuchen begann, hielt man einen Druck von 1000 Atmosphären für beträchtlich hoch. Um Diamanten aus Graphit zu gewinnen, ist jedoch neben einer Temperatur von 2000 bis 3000 Grad ein Druck von mehr als 100 000 Atmosphären notwendig. Apparate, die bei hohen Temperaturen unter derartig gewaltigem Druck arbeiten, konnten aber erst vor zwei Jahren erstmalig in Amerika und etwas später auch in Schweden gebaut werden. Mit ihnen gelang es tatsächlich, Diamant-Kristalle mit einer Länge von 1,5 mm künstlich zu gewinnen. Sie unterscheiden sich in nichts von echten Diamanten, denn sie sind im Laboratorium unter den gleichen Bedingungen entstanden, wie sie im Schoße der Erde bei der Entstehung der verschiedenen geologischen Schichten geherrscht haben.

Die große Bedeutung hohen Druckes für die chemische Industrie wurde erstmalig im ersten Weltkrieg richtig erkannt, als Deutschland keine Möglichkeit hatte, Chilesalpeter einzuführen, der zur Herstellung von Sprengstoff jedoch unbedingt gebraucht wurde. Um Salpeter zu erhalten, entwickelten deutsche Wissenschaftler eine Methode zur Gewinnung von Ammoniak durch Synthese von Stickstoff und Wasserstoff. Aus Stickstoff stellten sie Salpetersäure und den fehlenden Salpeter her. Die Ammoniaksynthese war aber nur dadurch möglich, daß der Prozeß unter Anwendung eines Druckes von 3000 Atmosphären vor sich ging.

Hoher Druck ermöglicht es, durch Synthese nicht nur Ammoniak, sondern auch viele andere Erzeugnisse der chemischen Industrie zu erhalten.

Untersuchungen, wie sich verschiedene Stoffe unter hohem Druck verhalten, haben ergeben, daß sich zum Beispiel Äthylen unter einem Druck von 1500 bis 3000 Atmosphären in das sogenannte Polyäthylen, eine Paste, verwandelt, die eine Reihe außerordentlich wertvoller Eigenschaften aufweist. Sie ist ein sehr gutes Dielektrikum (Isolierstoff), das der ätzenden Wirkung verschiedener chemischer Stoffe ausgezeichnet widersteht. Deshalb wird es in der Elektro- und Radioindustrie weitgehend verwendet. Außerdem hat man festgestellt, daß verschiedene spröde Stoffe unter hohem Druck plastisch werden. Metalle, die man einem Druck von 20 000 bis 25 000 Atmosphären aussetzt, werden fester. Einen Marmorzylinder kann man unter hohem Druck von einer hydraulischen Presse zusammendrücken lassen, ohne daß er gespalten wird. Man kann ihn auch strecken wie eine Metallstange, und er läßt sich dabei um ein Viertel seiner Länge ausdehnen.

Es hat sich ergeben, daß die meisten festen Körper unter hohem Druck eine gewisse Umwandlung erleiden, die man polymorphe Umwandlung nennt. Durch diese Umwandlungen entstehen Abarthen des gleichen Stoffes, die jedoch andere Eigenschaften haben, als der Stoff unter normalem Druck hat. Von Eis zum Beispiel kennt man heute bereits sieben verschiedene Arten. Darunter befindet sich Eis, das erst bei 190 Grad Temperatur und einem

Druck von 40 000 Atmosphären schmilzt. Auf einem solchen Stück Eis könnte man Kuchen backen.

Die Erforschung der Druckeffekte ist noch lange nicht abgeschlossen. Sie erstreckt sich auch auf die Gebiete der Biologie, der Optik und des Magnetismus. Da der Druck ebenso wie die Temperatur keine Höchstgrenze hat und bisher erst etwa 500 000 Atmosphären Druck künstlich erzeugt werden konnten, im Inneren der Erde aber viele Millionen Atmosphären Druck herrschen, kann sich die Wissenschaft in Zukunft noch auf allerhand Überraschungen gefaßt machen.

DIE GEBURT DES BILDES

(Aus „Der Alltag lehrt uns Optik“ von H. J. Gramatzki)

Wir sitzen am Waldesrand und schauen über die hügeligen Äcker hinweg in die Ferne. Die Häuser eines Dorfes leuchten uns aus einer Senke entgegen, und auf fernen Hügeln erheben sich die Bäume eines Kiefernwaldes. Hinter ihm aber sehen wir nichts anderes mehr als den blauen Himmel und einige weiße, langsam dahinziehende Haufenwolken.

Ist es nicht seltsam, daß wir von all diesen Dingen, die zum Teil kilometerweit von uns entfernt liegen, etwas erfahren? Gewiß, zwischen uns, den Äckern, den fernen Häusern und dem Himmel mit seinen Wolken sind feine „Fäden“ gesponnen, die uns mit diesen Dingen verbinden, Fäden, die wir Lichtstrahlen nennen.

Aber wenn ich hier ein Stück weißes Papier in die Hand nehme und halte es hoch, so wird es von genau den gleichen Lichtstrahlen getroffen, von Lichtstrahlen, die von den Äckern kommen, von Lichtstrahlen des Dorfes und des Waldes, und doch ist auf dem Blatt Papier nichts von all diesen Dingen zu erkennen. Dieser Versuch zeigt uns, daß es mit dem Eintreffen aller Lichtstrahlen an einem Ort nicht getan ist. Da fehlt noch etwas: dieses seltsame Gebilde, das wir unser Auge nennen. Ihm wohnt die magische Fähigkeit inne, aus Lichtstrahlen etwas zu machen, das der Wirklichkeit ähnelt: ein Bild.

Wir nehmen jetzt statt des weißen Blattes Papier einen Kasten (Abb. 1) aus Pappe und machen mit einer Stricknadel ein Loch L in die eine Wand. Dieses Loch richten wir auf die Landschaft. Wir halten den Deckel so über die Öffnung der Pappschachtel, daß wir einerseits die dem Loch gegenüberliegende Wand noch gut übersehen können, andererseits das Himmelslicht möglichst abschirmen, so daß es in der Schachtel ein wenig dämmerig ist. Haben wir auf die dem Loch gegenüberliegende Innenwand der Schachtel eine weiße Postkarte geklebt, so sehen wir auf ihr zu unserer Überraschung ein Bild der Landschaft, das im großen und ganzen genau mit dem übereinstimmt, was wir mit unseren Augen von der Landschaft sehen.

Ein Bild ist entstanden. Wir haben die Geburt des Bildes erlebt.

Wie das Bild in unserer Pappschachtel zustande kommt, zeigt die Abb. 2. Von jedem Bildpunkt der Landschaft gelangt ein außerordentlich feines Strahlenbündel durch das Loch L auf die Platte P, die zum Beispiel eine weiße Postkarte sein kann. So sendet jedes grüne Blatt des Baumes B ein feines grünes Strahlenbündel durch das Loch L auf die weiße Karte P. Wir erkennen auch, daß beispielsweise von der Spitze des Baumes nur eine ganz bestimmte Stelle der Karte trifft. Diese Stelle ist nichts anderes als das Bild Baumspitze. Auch von dem Baumstamm, d. h. von jedem Punkt des Baumstammes, führt nur je ein Strahl durch das Loch L nach P. Alle diese Strahlen bauen mosaikartig das Bild des Stammes auf. Jetzt verstehen wir auch, warum dieses Loch mög-

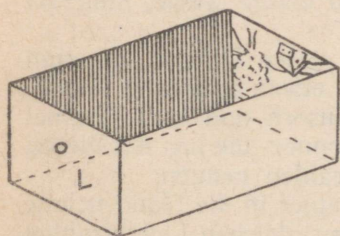


Abb. 1

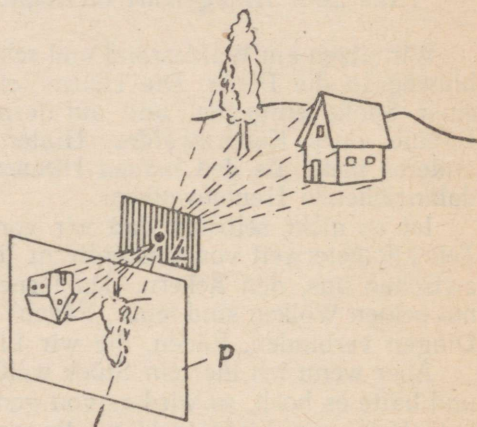


Abb. 2

lichst klein sein muß, denn wenn es z. B. halb so groß ist wie die ganze Karte P, so würden Lichtstrahlen von der Spitze des Baumes und Lichtstrahlen vom Stamm des Baumes beide denselben Punkt auf der Karte P erreichen und man könnte gar nicht unterscheiden, was Stamm und was Spitze ist. Es entstünde also in diesem Fall kein Bild der Landschaft. Ein Bild ist ja im letzten Grunde immer etwas, das dem mehr oder weniger ähnelt, was in ihm abgebildet wird, man muß also auf ihm die Dinge auch unterscheiden können so wie in der Wirklichkeit.

Aber etwas Seltsames weist unser Lochbild noch auf: es ist verkehrt. Warum? Weil sich alle Strahlen im Loch **k r e u z e n** müssen, und kreuzen heißt die Lage hinter der Kreuzung vertauschen.

Wenn wir an die Stelle der weißen Postkarte eine photographische Platte legen, was natürlich in der Dunkelkammer zu geschehen hat, und alsdann unsere Pappschachtel lichtdicht zumachen, so können wir die Landschaft photographieren. Unsere Pappschachtel mit dem Loch an der einen Seite ist die einfachste Form des photographischen Apparates und wird Lochkamera genannt.

Man muß allerdings recht lange belichten, denn nur ein ganz feines Loch (0,5 mm im Durchmesser, mit einer glühenden Nadel ausgestochen) gibt leidlich scharfe Bilder. Mit so einer Lochkamera kann man sogar den Mond aufnehmen. Das Bild mißt dann nur 6 mm im Durchmesser. Die Lochkamera bestand in diesem Fall aus einer 60 cm langen Pappröhre mit der photographischen Platte an einem und einer durchlöcherten Pillenschachtel am anderen Ende.

Es hat geregnet. An der Fensterscheibe hängen noch Regentropfen, und wenn wir sie aufmerksam betrachten, entdecken wir zu unserer Überraschung in ihnen ein Bild der gegenüberliegenden Landschaft und Häuser, das ebenso auf dem Kopf steht wie das Bild der Lochkamera, aber viel, viel heller ist. Wir können eine Lupe zur Hand nehmen und können dieses Bild betrachten. Es ist, je nach der Beschaffenheit des Regentropfens, mehr oder weniger verzerrt, aber es ist ein Bild, das man ebensogut auf einer photographischen Platte auffangen könnte wie jenes der Lochkamera. Was uns stört, ist die ausserordentliche Kleinheit des Bildes. Können wir nicht ein größeres erzeugen?

Wir wollen die Regentropfen recht aufmerksam betrachten! Wir erkennen sehr bald, daß die Bilder in den verschiedenen Regentropfen verschieden groß sind, und die Ursache hierfür ist auch bald enthüllt: Die kleinen Regentropfen geben kleine Bilder, die großen große. Ist es nur der Größenunterschied, der dies bedingt? Nein, es ist die mit dem Größerwerden des Tropfens einhergehende Abflachung seiner Wölbung. Die kleinen Tröpfchen sind fast kugelförmig, die großen ähneln immer mehr einer wohlbekanntem Frucht, die auf der einen Seite flach, auf der anderen Seite gewölbt ist: der Linse.

Nun wissen wir, wie wir es anzufangen haben, um große und lichtstarke Bilder zu bekommen. Wir werden auf den recht unbeständigen Baustoff Wasser verzichten und statt dessen Glas nehmen. Diesem Glas geben wir die Gestalt einer Linse, machen sie aber viel größer als ihr natürliches Vorbild. Was wir dann in der Hand halten, nennt der Optiker nicht anders als jenes Vorbild — eine Linse.

Ein so wundersames Ding hätte einen eigenen Namen verdient. Es einfach nach seiner Ähnlichkeit mit dem Samen einer Hülsenfrucht zu benennen, wird seiner großen Bedeutung nicht gerecht. Was wir in der Hand halten, ist ein Auge! Ohne diesen gewölbten Körper aus einem lichtdurchlässigen Stoff hätte kein Lebewesen die Welt schauen können, denn schauen heißt ein Bild empfangen, und solch ein Bild, das unsere Nerven und jene der Tiere aufnehmen können, entsteht nur durch eine Linse.

Nun gibt es Tiere, die ein lichtempfindliches Organ besitzen, sie können aber damit nur hell und dunkel unterscheiden. Schauen können sie nicht, das Erlebnis des Bildes ist ihnen versagt.

Eines solchen Hell-Dunkel-Sehens ist auch der gern für blind gehaltene Regenwurm fähig. Der Ringelwurm *Myxicola* ist schon besser dran, er kann zwar noch kein Bild sehen, aber der Besitz eines ganzen Bündels von Sehorganen, die eine gewisse Ähnlichkeit mit den bekannten stabförmigen Taschenglühlampen haben, ermöglicht es ihm, schon die Richtung zu erkennen, aus welcher das Licht zu ihm kommt. Er merkt nämlich beim Hin- und Herbewegen seines „Sehbündels“ ein Ab- oder Zunehmen der Helligkeit, deren Herkunft sich auf diese Weise verrät. Genau wie die Taschenglühlampe sind diese Organe vorn mit einer Linse versehen, die dazu dient, das Licht zu sammeln. Es hat gar keinen Sinn, daß diese Linse tatsächlich imstande ist, ein Bild zu erzeugen, denn da hinter dieser Linse nur eine einzige oder höchstens drei oder vier Sehzellen vorhanden sind, kann ein Tier mit einem solchen „Stabauge“ doch kein Bild sehen. Wer es nicht glaubt, der versuche einmal mit vier Kieselsteinen das Bild eines kleinen Hauses zu legen. Mit etwa 40 Steinchen könnte man es schon ganz gut. Daraus ziehen wir den einfachen Schluß: Je mehr Sehzellen hinter der Linse angeordnet sind, um so bildhafter wird das Sehen.

Wo müssen die Sehzellen eigentlich angeordnet sein? In welchem Abstand hinter der Linse müssen sie liegen? „Nun, eben da, wo das von der Linse entworfene Bild liegt.“

Die Antwort ist durchaus richtig, aber wo liegt denn das von der Linse entworfene Bild? Gibt es nicht noch einen Fall, in welchem etwas anderes als Sehzellen dort liegen muß, wo sich das von der Linse entworfene Bild befindet? Was macht denn der Photograph, wenn er mit seiner Kamera irgend etwas aufnehmen will? Nun, er muß den Gegenstand, den er photographieren will, „scharf“ einstellen. Dies geschieht, indem er die Entfernung seiner photographischen Linse von der Mattscheibe so lange ändert, bis das Bild des Gegenstandes auf ihr klar und deutlich erscheint. Bei manchen Apparaten ist es auch so, daß die Linse feststeht und die Mattscheibe hin und her bewegt wird. Dieser Fall ist für uns der lehrreichere. Die Mattscheibe muß eben dahin geschoben werden, wo das scharfe Bild des Gegenstandes sich befindet. Das ist ein höchst merkwürdiges Erlebnis, und wir wollen es uns in aller Deutlichkeit vor Augen führen.

Wir sind jetzt der Photograph, haben das schwarze Tuch über unseren Kopf geworfen und sehen uns das Bild auf der Mattscheibe an, das allerdings verkehrt ist. Es ist verkehrt, weil ja alle sogenannten Hauptstrahlen sich genau wie bei der Lochkamera im Loch hier in der Linse kreuzen müssen, und so kommt der Strahl aus der Höhe unten, der Strahl aus der Tiefe oben an (Abb. 3). Wir haben unsere Mattscheibe so nah wie möglich an das Objektiv herangeschoben und sehen zunächst ein sehr verwaschenes Bild, wenn überhaupt eins. Wir rücken weiter ab, und auf einmal erscheint klar und deutlich das Bild der Ferne. Wir rücken immer weiter ab. Jetzt wird das Haus auf der anderen Straßenseite scharf, bald

darauf wird es das Kreuz unseres Fensters, und schließlich erscheint der Kopf unseres Freundes, der zwischen uns und dem Fenster steht, gestochen scharf. Dafür ist aber jetzt alles andere wieder unscharf geworden, die Ferne, das Haus und das Fensterkreuz. Wir haben eine Menge gelernt, wir sind hinter ein neues Geheimnis der Linse gekommen. Sie erzeugt nicht ein einziges Bild, sondern unzählige, wobei sie sich den Scherz erlaubt, daß das Bild der nächsten Dinge ihr am fernsten liegt. Die Linse malt oder zeichnet nicht wie der Künstler auf eine Fläche, denn dann wäre ja alles scharf und deutlich, die Ferne wie die Nähe. Die Linse bildet räumlich ab.

Das ist eine recht unangenehme Geschichte. Wenn ein Tier es schon so weit gebracht hat, daß es ein Linsenauge besitzt mit der

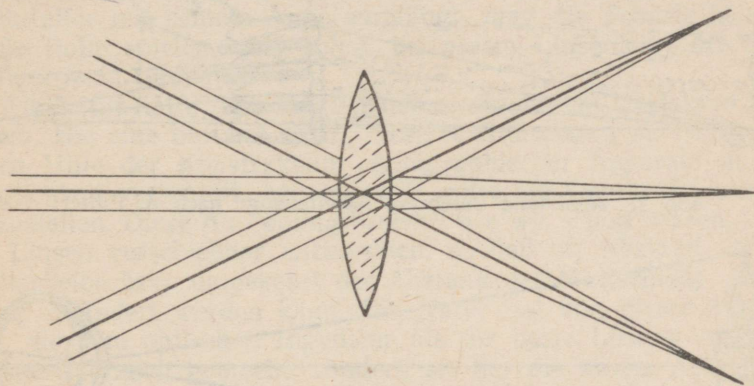


Abb. 3

nötigen Anzahl von Sehzellen dahinter, so sieht es von der schönen Welt immer nur gerade das, was in einem ganz bestimmten Abstand vom Auge liegt. Alles andere ist verschwommen und verwaschen, und zum Hin- und Herschieben sind einmal diese Augen nicht gemacht. Was tun? Die Schwebefliege *Helophhilus* löste die Frage mit freundlicher Unterstützung der Natur in recht pfiifiger Weise. Sie teilte ihre Sehzellen in verschiedene Gruppen. Die einen liegen so dicht wie möglich bei der Linse, andere ein wenig weiter ab, wieder andere ganz weit ab. So kann die Schwebefliege unter Verzicht auf ein großes und vollständiges Bild die Umwelt in kleineren Ausschnitten, dafür aber in lauter scharfen Bildern sehen.

Wir haben eine tote Fliege aus der Milch gefischt, und wißbegierig nehmen wir die Lupe zur Hand, um uns die Augen anzusehen. Die Lupe zeigt uns zunächst nur zwei purpurbraune Halbkugeln, auf denen wir ein feines bienenwabenartiges Netz erkennen. Wir müssen schon das Mikroskop zu Hilfe nehmen, um tiefer in das Wesen dieses sonderbaren Bildes einzudringen. Wir machen die Entdeckung, daß wir nicht ein Auge vor uns haben, sondern eine Augenstadt. Jedes Haus ist ein Schapparat, und Haus reiht sich an

Haus, es sind sechseckige Häuser, das Ganze sieht aus wie eine Bienenwabe. Solch ein Auge nennt der Wissenschaftler ein Facettenauge.

Wir wollen uns einmal im Bild den Gang der Lichtstrahlen beim Sehen mit solch einem Facettenauge veranschaulichen. Die Abb. 4a zeigt einen Querschnitt durch solch eine „Augenstadt“. Jedes Häuschen besteht aus einer Linse L und einem zuckerhutähnlichen glasartigen Körper Z. Die Häuschen sind durch lichtundurchlässige Wände W voneinander getrennt. Hinter einem jeden solchen Linsenapparat befindet sich eine Sehzelle S, welche das auftreffende Licht in Lichtempfindung verwandelt. In der Ferne befindet sich eine

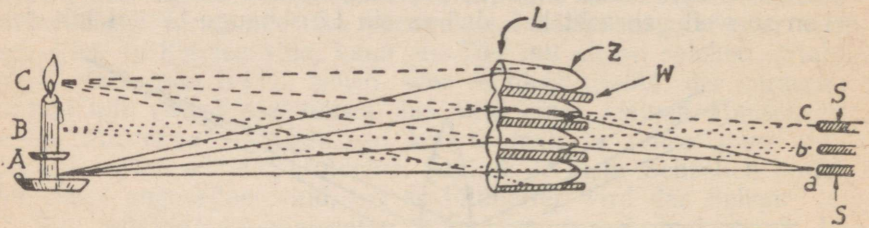


Abb. 4a. Abbildung durch ein Facettenauge nach A. Pütter.

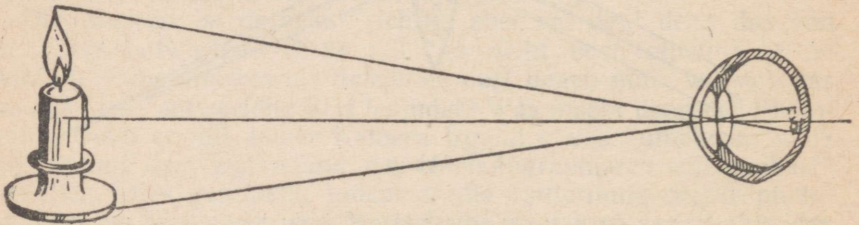


Abb. 4b

Kerze, von der wir annehmen, daß sie hell genug brennt, um nicht nur Flamme und Kerze selbst, sondern auch den Halter sichtbar zu machen. Auf der Abb. 4a sehen wir, wie das Licht von den einzelnen Teilen der Kerze auf die Sehzellen S fällt. Das von der Kerzenflamme C direkt kommende Licht gelangt nur bei den mittleren zwei Facetten bis zur Sehzelle, bei der obersten und untersten gelangt es nicht dahin, sondern an die Wand des „Auges“. Bei diesem Sehappart steht das Bild aufrecht. Das Licht der Kerzenflamme fällt auf die oberste Sehzelle c, das Licht des weißschimmernden Waxes auf die mittlere b und das vom Halter zurückgestrahlte Licht auf die unterste Sehzelle a. (Im Gegensatz dazu haben wir darunter [Abb. 4b] ein Linsenauge dargestellt, das ebenfalls eine Kerze abbildet, und wir sehen, daß das Bild genau wie bei der photographischen Kamera verkehrt ist.)

Solche Facettenaugen besitzen auch die Krebse, und selbst an ihren versteinerten Urahnen, die vor Jahrmillionen in den Meeren

der Urzeit lebten, konnte man derartige Facettenaugen nachweisen. Dabei wurde die Versteinerung so angeschliffen und poliert, daß man einen Querschnitt durch das Facettenauge erhielt, in der gleichen Art wie in unserer Zeichnung. Einer dieser Urkrebse besaß Facettenaugen, welche die stattliche Anzahl von 1200 Einzellinsen aufweisen. Diese Urkrebse nennt man Trilobiten, also Dreilapper, da ihr Körper deutlich aus drei Gliedern besteht. Mit dem Trilobitenauge dürfte wohl zum ersten Male in der Geschichte unserer Erde ein Bild der Umwelt gesehen worden sein, wenn sie auch nur aus Meeresboden und Küste bestand. Ein solches Facettenauge hat, wie wir es uns schon einmal vergegenwärtigten, den Fehler, daß es sich nicht auf Gegenstände verschiedener Entfernung scharf einstellen läßt. Bei dem bescheidenen Bild, das zum Beispiel ein Nachtfalter mit seinem Auge empfängt, mag die Schärfe keine so große Rolle spielen, aber schon bei einem Linsenauge ist dieser Mangel recht fühlbar.

Die Natur hatte zwei Möglichkeiten, um diesem Übelstand abzu- helfen. Die eine bestand darin, dieselbe Anordnung zu treffen, mit deren Hilfe der Konstrukteur photographischer Apparate uns die Möglichkeit verschafft, beliebig weit entfernte Gegenstände scharf einzustellen. Diese Anordnung besteht, wie wir schon wissen, darin, die Linsen verschiebbar anzuordnen, so daß ihr Abstand von der Mattscheibe bzw. umgekehrt der Abstand der Mattscheibe von der Linse verändert werden kann. Die Natur hat von dieser Möglichkeit, die dem optischen Ingenieur als die beste Lösung erscheint, keinen Gebrauch gemacht, sondern sie hat die zweite Möglichkeit gewählt. Kein Ingenieur würde sie benutzt haben, denn sie würde ihm die größten technischen Schwierigkeiten bereiten. Die Natur läßt den Abstand zwischen Linsen und Sehzellen unverändert, macht die Linse aus einem elastischen „Glas“ und ändert mit Hilfe von Muskeln ihre Form. Verglichen mit der photographischen Kamera bedeutet dies also, daß nicht die Mattscheibe zum scharfen Bild hinbewegt wird, sondern daß die Linse das Bild zur Mattscheibe hinbewegt. Unser Auge besitzt solch eine Linse, deren Form wir nach Bedarf ändern können, so daß einmal ein naher, das andere Mal ein ferner Gegenstand auf der „Mattscheibe“, nämlich der Netzhaut, scharf abgebildet wird. Wenn als Folge des Alters die Linse sich nicht mehr willkürlich verändern läßt, also die Elastizität schwindet, geht es dem Menschen wie den Tieren mit starrer Augenlinse, er kann nur Gegenstände scharf sehen, wenn sie entweder in kurzer oder in großer Entfernung vorm Auge liegen. Wir sagen da, der Mensch ist kurzsichtig oder weitsichtig. Diese Fehler können übrigens auch auftreten, wenn das Auge selbst seine Form in Achsenrichtung ändert. Gegen diese Beeinträchtigung seiner Sehkraft wehrt sich der Mensch und hat Abhilfe geschaffen in Gestalt der Brille. Es wird also eine Hilfslinse vor das Auge gesetzt, die im Verein mit der Augenlinse das scharfe Sehen auch auf solche

Entfernungen ermöglicht, in denen vorher alle Bilder verwaschen erschienen.

Warum haben wir z w e i Augen? Es ist seltsam, daß wir diese Zweiheit in der ganzen Tierwelt antreffen. Die Anordnung zweier Augen ist eine der wunderbarsten Einrichtungen der schöpferischen Natur, denn nur dadurch ist es uns möglich, r ä u m l i c h zu sehen. Der Unterschied zwischen einäugigem und zweiäugigem Sehen wird uns am deutlichsten bewußt, wenn wir die Ansichtskarte in die Hand nehmen, auf der irgendein Stadtteil photographisch abgebildet ist, und begeben uns an die Stelle, wo der Apparat bei der Aufnahme stand, um uns den gleichen Stadtteil mit b e i d e n Augen anzusehen. Das photographische Bild ist flach. Bei aller Einbildungskraft können wir es uns nicht vorstellen, daß man um den Brunnen auf dem Bild „herumgreifen“ könnte. Beim zweiäugigen Sehen aber haben wir das deutliche Gefühl, daß man dies tun kann. Der Brunnen, die Bäume, die Häuser erscheinen uns körperhaft. Das alles ist nur die Folge davon, daß wir mit z w e i Augen e i n Bild sehen. Jedes Auge empfängt von seinem Standpunkt aus ein besonderes Bild. Die Natur vollbringt nun das Zauberkunststück, daß wir die geringen Unterschiede der beiden Bilder nicht, wie man erwarten sollte, als eine lästige Störung empfinden, sondern als einen ganz eigenartigen Genuß und Gewinn, nämlich als r ä u m l i c h e s Sehen.

Der Zauber des doppeläugigen Sehens brachte den Menschen auf den Gedanken des doppelinsigen Photographierens. Man konstruierte einen photographischen Apparat, der genau wie ein Mensch zwei Augen hat, und photographierte die Umwelt, z. B. ein Zimmer oder einen Schreibtisch. Man erhielt so zwei Bilder, die den beiden Bildern in den Augen eines beobachtenden Menschen entsprachen. Nun kam es darauf an, diese beiden photographischen Aufnahmen mit Hilfe einer Optik zu beobachten, die uns nicht mehr erkennen ließ, daß wir zwei Bilder anguckten, sondern beide Bilder in e i n s zusammenfließen ließ, obwohl wir mit zwei Augen beobachteten. Ein solcher Apparat heißt Stereoskop, und es ist ein ganz verblüffender Effekt, wenn man in ihm eine Karte mit zwei Bildern hineinsteckt und beim Hineinsehen nur ein einziges Bild erblickt, das aber nicht mehr flach ist, sondern in dem alle Gegenstände körperlich und greifbar erscheinen und das Nebeneinander und das Hintereinander der Dinge genau so zu erkennen ist wie in der Wirklichkeit, daß man glaubt, in den Raum hineinspazieren zu können.

Das räumliche Sehen beruht also in der Tat darauf, daß in unserem Bewußtsein z w e i Bilder verschmelzen, die den gleichen Gegenstand, von zwei verschiedenen Standorten aus betrachtet, wiedergeben. Das Stereoskop beweist es, denn die beiden photographischen Bilder sind nur Flächen, und dennoch vermitteln sie uns die Illusion des Raumes so getreu, daß man heute bereits aus

solchen stereoskopischen Landschaftsaufnahmen getreue Landkarten herstellen kann.

Beim Sehen unterliegen wir eigenartigen Täuschungen; so wird jeder glauben, daß die senkrechten Linien auf dem vorstehend abgebildeten sogenannten Zöllnerschen¹ Muster nicht parallel sind, sondern Winkel miteinander bilden. Beim Heringschen² Muster (Abb, 5) glaubt man, daß die beiden waagerechten Linien sich nach

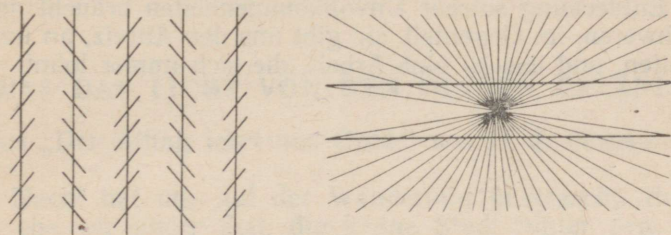


Abb. 5

der Mitte zu ausbauchen, um nach den Enden zu sich wieder einander zu nähern. In beiden Fällen werden wir irreführt durch die anderen, gleichzeitig wahrgenommenen Linien.

Eine recht eigenartige Täuschung kann jeder erleben, wenn er sich einmal an einem wolkenlosen Tag auf freiem Feld stehend den

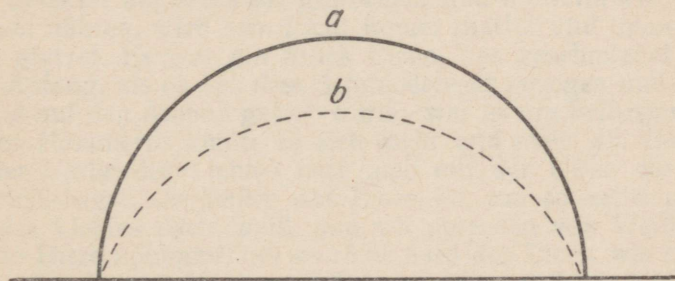


Abb. 6

Himmel ansieht. Man sollte glauben, daß uns dann in Ermangelung jeglichen Anhaltspunktes der Himmel wie eine sich über uns wölbende Halbkugel erschiene. Wer Lust hat, kann sich aber leicht davon überzeugen, daß dies nicht der Fall ist. Das Himmelsgewölbe erscheint uns wie eine stark abgeflachte Schale. Der Unterschied zwischen dem, was man erwarten sollte (Bogen a), und zwischen dem, was wir empfinden (Bogen b), ist in Abb. 6 veranschaulicht.

¹ Friedrich Zöllner (1834—1882) — deutscher Astrophysiker; wertvolle Untersuchungen über Sinnestäuschungen, insbesondere optische Täuschungen.

² Ewald Hering (1834—1918) — deutscher Physiologe; Untersuchungen über die Atmung, das Blut und den Raumsinn des Auges.

Diese Täuschungen unseres Urteils geben uns allerlei zu denken, und wir wollen uns nicht leicht über sie hinwegsetzen; denn sie sind Gleichnisse unserer verborgenen Schwächen und Fehler. Daraus wächst uns eine Mahnung. Wir sollten nie sagen: „Dies und das ist so und so, sondern dies und das erscheint mir so und so.“ Was ein Mensch sagte, wissen wir eigentlich nie, wir wissen nur, was wir gehört haben.

Die Entdeckung solcher Unvollkommenheiten braucht uns nicht zu beschweren, im Gegenteil, sie gibt uns den Anreiz, an uns selbst zu arbeiten, und das ist eine Arbeit, die sich immer lohnt.

WAS DAS LICHT VON DEN DINGEN ERZÄHLT

(Aus „Der Alltag lehrt uns Optik“ von H. J. Gramatzki)

Die Nacht hat uns auf der Wanderung überrascht. Es wurde dunkel, ehe wir unser Ziel, die kleine Stadt hinter den Hügeln, erreicht hatten. Der Weg führt empor, der Umkreis, den wir überschauen können, weitet sich, und aus der Ferne dringt ein Lichtstrahl in unser Auge, der von einem zur Erde gefallenem Stern zu kommen scheint. Das Licht ist fast weiß, wenigstens erscheint es unserem Auge so, aber alsbald bemerken wir eine Veränderung. Der Stern wird gelblich, gelb, schließlich orangefarbig. Helle Töne dringen an unser Ohr, Hammerschläge sind es, unter denen ein Amboß klingt. Jetzt ist der Stern rot geworden, und während wir uns der Schmiede nähern, wird sein Licht immer matter und immer röter, zuletzt glutrot. Es war ein Stück Eisen, das geschmiedet wurde.

Am Anfang, als es aus dem Schmiedefeuer gezogen und funken-sprühend auf den Amboß gelegt wurde, war es am heißesten. Während des Hämmerns kühlte es sich mehr und mehr ab. Die Änderung der Farbe des Lichtes muß also mit der Hitze des Eisens zusammenhängen. Je heißer das Eisen ist, um so mehr geht die Farbe des Lichtes nach Weiß, und wir sprechen von Weißglut; je mehr die Hitze abnimmt, um so röter wird das Licht, wir sprechen von Rotglut. Das Licht also erzählt uns, ohne daß wir eines Thermometers bedürfen, wie heiß das Eisen ist, und zwar um so genauer, je feiner wir die Farbe des Lichtes zu unterscheiden vermögen. Wir könnten kilometerweit von der Schmiede entfernt sein, solange wir noch mit einem Fernrohr das glühende Eisen zu sehen vermögen, sind wir in der Lage, zu sagen, wie heiß es ist. Es gibt Instrumente, mit denen wir messen können, wie weiß oder wie rot das Licht eines glühenden Körpers ist, und aus der so gemessenen Farbe können wir sogar recht genau sagen, welche Temperatur der Körper hat. Dieses Instrument ist das optische Pyrometer, mit dessen Hilfe man in der Hochofentechnik die Temperatur der Schmelze dauernd kontrolliert. Das ist eine der bedeutendsten Entdeckungen, die dem Menscheng Geist beschieden war, denn nun war die Möglichkeit gegeben, die Temperatur auch der Sterne zu messen, die unerreichbar weit von uns im Weltall liegen. Wer hätte das je gedacht, daß es noch etwas anderes zum Temperaturmessen geben würde als das

Thermometer? Mit diesem hätten wir nie und nimmer die Temperatur der Sterne messen können. Wer eine elektrische Taschenlampe besitzt, wird den Zusammenhang von Lichtfarbe und Temperatur schon erlebt haben. Zu Anfang, wenn die Batterie neu ist, brennt das Lämpchen mit beinahe weißem Licht, und wenn wir es mit der Fingerspitze berühren, fühlen wir deutlich die Wärme. Je schwächer die Batterie wird, um so mehr verwandelt sich die Farbe des Lichtes ins Gelbliche und schließlich ins Rötliche, wobei auch die Wärmewirkung, wie man sich überzeugen kann, rasch nachläßt.

Wir sprachen von der Messung der Sterntemperaturen aus der Farbe des Lichtes, das die Gestirne zu uns senden. Nach unserem Erlebnis am Schmiedefeuer und mit der Taschenlampe müssen also auch die Sterne je nach dem Grad ihrer Hitze weiß, gelb, orange oder rot erscheinen. Ist das so? Wer es noch nicht gesehen hat, gehe hinaus in die Sternennacht und halte Umschau! Er wird neben den weißen Sternen alle Abstufen bis ins Feuerrote finden, aber niemals einen grünen oder einen violetten Stern. Die Farbenleiter der Sterne ist also die gleiche wie die des Eisens im Schmiedefeuer und jene des kleinen, vom elektrischen Strom durchflossenen Drahtes in der Glühlampe. Das gleiche Gesetz gilt hier wie dort. Die röttesten, somit „kältesten“ Sterne haben Oberflächentemperaturen von etwa 3000 bis 4000° C, die gelben von 5000 bis 7000° C, und bei den weißen Sternen steigt sie bis auf 30 000° C. Unsere Sonne ist ein gelblicher Stern mit einer Oberflächentemperatur von etwa 5500° C.

Beim Anblick des Sternenhimmels fällt uns sofort auf, daß die weitaus meisten Sterne weiß sind, die gelben oder gar feuerroten zu den Seltenheiten zählen. Unser Erlebnis mit der Taschenlampe sagt uns, daß dies auch dann der Fall sein müßte, wenn es ebensoviel weiße, gelbe und rote Sterne gäbe, wenn sie nur ungefähr alle gleich hell sind. Warum? Haben wir nicht gesehen, daß unser Lämpchen, als es immer röter wurde, auch immer weniger Licht ausstrahlte? Daraus ergibt sich alles. Wenn wir ein weites Feld bis zum Horizont mit lauter gleichgroßen und gleichstarken Glühlämpchen besetzen, von denen ebenso viele weiß, gelb und rot leuchten, so werden wir in der Ferne nur noch die weißleuchtenden sehen; denn das Licht der gelben und roten ist zu schwach, um aus dieser Entfernung noch auf unser Auge zu wirken. Dadurch würde die Täuschung entstehen, daß sich auf dem Feld weit mehr weiße Lampen befinden als gelbe und rote. —

Draußen scheint die Sonne. Wir sitzen im Zimmer bei geschlossenen Fenstern und schauen hinaus. Das Sonnenlicht fällt schräg auf die Fensterscheiben, und unser Auge erspät einen Lichtschimmer auf der Fensterscheibe, wie ein Hauch erscheint er uns. Die schrägen Sonnenstrahlen fallen ins Zimmer, und in der Luft, die uns sonst vollkommen klar erschien, schwebt ein leuchtender Balken von mattem Licht. Das Sonnenlicht wird in der Luft sichtbar. Nun kommt der Vater ins Zimmer, und als der Rauch seiner

Zigarre zum Fenster hinschwebt, leuchtet er plötzlich hell auf. So sehr wie wir uns auch Mühe geben, irgend etwas Körperliches in diesem Rauch zu entdecken, es gelingt uns nicht, wir sehen nur Licht, genau wie im Sonnenstrahl, der die Zimmerluft durchschneidet, oder auf der Fensterscheibe. Das Licht verrät uns den Staub im Zimmer ebenso wie auf der Glasscheibe. Die größten Teilchen können wir beim Staub sogar mit bloßem Auge erkennen. Der Rauch im Sonnenlicht, bietet er uns nicht ganz die gleiche Erscheinung? Also muß der Rauch auch aus feinsten Teilchen bestehen, nur sind sie so klein, daß unser Auge sie nicht mehr erkennen kann. Wiederum hat das Licht uns etwas von den Körpern erzählt, was wir sonst nie erfahren würden.

Werfen wir ein paar Körnchen auf den Docht einer brennenden Spirituslampe, so färbt sich die blaue Flamme gelb. Halten wir ein Stück Kupfer oder Messing mit einer Zange in die Spiritusflamme, so färbt sie sich an einzelnen Stellen dicht bei dem Kupfer- oder Messingstück schön grün, besonders wenn etwas Grünspan vorhanden ist. Kochsalz und Grünspan sind Metallsalze. Sie vermögen eine Flamme zu färben. Gibt es noch andere solche Metallsalze? Es gibt ihrer eine ganze Menge; und ihnen verdanken wir das bunte Feuer der bengalischen Streichhölzer, die ganze leuchtende Pracht des Feuerwerks, vom blendenden Weiß bis zu den blauen, gelben, violetten, grünen und roten Sternen ist nichts anderes als das leuchtende Wunder der Metallsalze.

Dieses bunte Leuchten der Metallsalze ist nicht nur heiteres Spiel, es wurde dem forschenden Menschengestalt ein Schlüssel zu den Rätseln des Weltalls. Das klingt fast unglaublich, aber es ist Tatsache, daß die Erforschung dieses bunten Lichtes den Astronomen die Möglichkeit gab, festzustellen, aus welchen Stoffen die Sterne bestehen. Wie das zugeht, davon soll kurz berichtet werden.

Wir haben die Eigenschaft eines dreikantigen Glases kennengelernt, das Licht der Sonne in Farben geordnet zu zerlegen. Mit Hilfe eines solchen sogenannten Prismas können wir auch das Licht der farbig leuchtenden Flammen zerlegen. Geschieht dieses mit Hilfe eines besonderen Apparates, so erkennen wir zu unserer Überraschung, daß dieses Licht durchaus nicht einfarbig ist. Ein Metallsalz, das der Flamme für das menschliche Auge eine rote Farbe gibt, färbt sie auch violett, ohne daß wir es zunächst erkennen können. Unser Zerlegungsapparat zeigt das aber deutlich, da er die vermischten Farben säuberlich trennt. Andere Metallsalze, die beispielsweise dem Auge orangegelb leuchtende Flammen erzeugen, färben die Flamme außerdem noch gelbgrün, und das Salz, das zumeist für die Flammenfärbung der roten bengalischen Streichhölzer benutzt wird, gibt auch blaues Licht. In der Mischfarbe wird dieses Blau vom Rot weit übertönt. Umfassende Untersuchungen zeigten nun, daß es für jedes Metall eine bezeichnende Farbenzusammenstellung gibt, die nur ihm zukommt, wenn es (meist in der Form eines Salzes) die Flamme färbt. Wir können also umge-

kehrt aus den Farben einer Flamme erkennen, welche Metalle in ihr leuchten. Das eröffnet uns geradezu phantastische Aussichten.

Wir begeben uns auf einen hohen Berg, von dem wir mit Hilfe eines kräftigen Fernrohres den Leuten in der fernen Stadt in die Fenster gucken können. Nehmen wir nun an, hinter einem dieser Fenster säße ein chemischer Geheimniskrämer, der allerlei Stoffe, Pülverchen, Salze und Metalle in seinen Retorten und Tiegeln bearbeitet. Wenn wir unser Fernrohr mit jenem Lichtzerlegungsapparat verbinden, von dem oben die Rede war, so können wir diesem Alchimisten aus Kilometerferne mit voller Sicherheit auf den Kopf zusagen, welche Metalle er bei seinen Experimenten braucht. Das Licht erzählt uns, welche Stoffe in der Flamme leuchten. Diese Kunst, aus der Natur des Lichtes das Wesen des leuchtenden Stoffes zu ergründen, ist die Spektralanalyse, deren Schöpfer die deutschen Forscher Kirchhoff¹ und Bunsen² sind.

Aber nun zu den Sternen! Als Fraunhofer³ das Licht der Sonne in seinem Prisma zerlegte, machte er die seltsame Entdeckung, daß viele Lücken in den Farben vorhanden waren. Im Rot, im Gelb, im Grün, im Blau und im Violett, überall fehlten Farben, und die leeren Stellen erschienen ihm als schwarze Streifen. Kirchhoff machte nun die überraschende Entdeckung, daß die Farben der leuchtenden Metalldämpfe just in diese Farbenlücken hineinpaßten. Zu jeder Lücke in der Farbenleiter des Sonnenlichtes, die wir Spektrum nennen, konnte man einen irdischen Stoff finden, dessen Lichtfarben genau hineinpaßten. Kirchhoff zog daraus den kühnen Schluß, daß also diese Metalle auf der Sonne vorhanden sein mußten. Sie wirkten hier nur umgekehrt, sie verschluckten gerade die Farben des Lichtes, die sie bei uns in der Spiritus- oder Gasflamme aussenden. Damit war der Weg gewiesen, die Stoffe der Gestirne chemisch zu untersuchen, als hätten wir sie greifbar in unserem Laboratorium. Diese dunklen, von Fraunhofer entdeckten Lücken in der Farbenleiter des Sonnenlichtes fand man mit viel feineren Apparaten auch in dem Licht der Sterne, und so können wir heute die chemische Beschaffenheit eines Sternes über unfaßbare Weiten hinweg von unserer Erde aus ergründen.

So haben wir erfahren, daß auf den fernsten Gestirnen die gleichen Stoffe vorhanden sind wie auf unserer Erde. Der hellste Stern im Sternbild des Schwans enthält mit unzähligen seinesgleichen Eisen, das gleiche Eisen, aus dem wir unsere Maschinen bauen, das in unserem Blut fein verteilt kreist. Stoffe, aus denen sich unser Körper aufbaut, leuchten uns aus Milchstraßenfernen! So erzählt uns das Licht von der großen Einheit des Weltalls und verkündet uns, daß alle Gestirne Geschwister sind.

¹ Gustav Robert Kirchhoff (1824—1887) — deutscher Physiker; begründete mit Bunsen die Spektralanalyse, untersuchte das Spektrum der Sonne und Fixsterne.

² s. Seite 16.

³ Joseph Fraunhofer (1787—1826) — deutscher Physiker; entdeckte die nach ihm benannten dunklen Linien im Sonnenspektrum.

SONNENJAHR UND KALENDERTAGE

(„Der Morgen“, 1. Januar 1957)

Der Versuch, die Dauer eines Jahres in Übereinstimmung mit periodisch wiederkehrenden Himmelserscheinungen zu bringen und das Jahr in bestimmte Jahreszeiten, bzw. Monate aufzuteilen, wurde bereits im frühen Altertum unternommen. Unser heute geltender „Kalender“ stammt vom römischen Kalender ab. Das Wort „Kalender“ ist ebenfalls römischer Herkunft. Calendae nannten die Römer den Monatsanfang, wahrscheinlich deshalb, weil am Anfang eines jeden Monats der Oberpriester die Stadtbürger zusammenrief (lat.: callere — zusammenrufen), um ihnen die Feste des neuen Monats zu verkünden und gleichzeitig die Fristen zur Begleichung der Schulden und Entrichtung der Steuern bekanntzugeben.

Im alten Rom war das Jahr in 10 Monate aufgeteilt: März, April, Mai, Juni, Quintilis, Sextilis, September, Oktober, November, Dezember. Das Jahr begann im März. Noch heute erinnern einige Monatsnamen an diese Jahresrechnung, zum Beispiel September — vom lateinischen Wort septem (sieben), Oktober — octo (acht) usw. 300 Jahre vor unserer Zeitrechnung wurden zwei weitere Monate hinzugefügt — der Januar und der Februar. Bei den Römern hatten die Monate 31 oder 29 Tage, eine Ausnahme bildete der Februar, der 28 Tage hatte.

Das römische Jahr bestand aus 355 Tagen und entsprach fast dem sogenannten Mondjahr (12 Mondmonate; 1 Mondmonat, die Dauer des Mondumlaufs, beträgt etwa 29,5 Tage). Ein solches Jahr entsprach nicht dem Sonnenjahr, die Frühjahrs-Tag-und-Nachtgleiche mußte infolgedessen auf verschiedene Tage fallen. Damit die Frühjahrs-Tag-und-Nachtgleiche (mit der die Römer ihr Jahr begannen) in die Tage um den 25. März fallen sollte, führten sie den zusätzlichen Monat Merzedonius ein, der 22 oder 23 Tage enthielt und alle zwei Jahre zwischen dem 24. und 25. Februar eingeschoben wurde. Alle drei Jahre wurde nach dem 25. Februar ein zusätzlicher Tag eingeführt, und da der 25. Februar bei den Römern „sechster Tag vor den Märzkalendern“ hieß, erhielt der zusätzliche Tag die Bezeichnung „zweiter Sechster“ (bisextis). Nach der Benennung dieses Tages erhielt auch das ganze Jahr die Bezeichnung „Bisextilis“. Infolgedessen betrug in einem Zyklus von vier

Jahren die durchschnittliche Jahresdauer 365,25 Tage. Nach damaligen Begriffen war das genau genug, als aber Julius Cäsar¹ römischer Diktator wurde, war die wahre Frühjahrs-Tag-und-Nachtgleiche von der kalendermäßigen um 90 Tage entfernt.

Cäsar lernte während seines Aufenthaltes in Ägypten den dort geltenden vollkommeneren Sonnenkalender kennen. Er kam dort auch mit den Mathematikern der Schule von Alexandria zusammen und berief einen von ihnen, Sosigenes², nach Rom, damit er Ordnung im römischen Kalender schaffte. Sosigenes löste seine Aufgabe recht gut, denn sein „Julianischer Kalender“ existierte mit wenigen Änderungen etwa 2000 Jahre.

Schon etwa hundert Jahre vor Cäsar rechnete man das Jahr von Anfang Januar. Die neue Reform setzte die Dauer des Jahres auf 365 Tage fest, wobei jedem vierten Jahr ein 366. Tag hinzugefügt wurde. Alle Monate mit ungerader Zahl hatten je 31 Tage, die anderen je 30 Tage. Der Februar hatte 29 oder 30 Tage. Mit dem ersten Januar 45 vor unserer Zeitrechnung (oder im 709. Jahr „seit der Gründung Roms“, wie die Römer rechneten) trat der neue Kalender in Kraft. Um Cäsar für die Regelung des Kalenders zu danken, beschloß der schmeichlerische Senat, den auf den Juni folgenden Monat, den bisherigen Quintilius, nach dem Namen des Diktators in Juli umzunennen. Später zwang der Kaiser Augustus³ den Senat den Monat Sextilius in August umzunennen und ihm als „Glückstag“ einen 31. Tag hinzuzufügen, der vom Februar abgezogen wurde. Da sich nun ergab, daß drei Monate hintereinander (Juli, August und September) je 31 Tage hatten, nahm man dem September einen Tag und schlug ihn dem Oktober zu. Vom November wurde ein Tag dem Dezember zugeschlagen, wodurch der ursprüngliche Wechsel der langen und kurzen Monate vollständig durcheinander gebracht wurde.

Obwohl Cäsars Reform einen großen Fortschritt bedeutete, so stimmte doch der von ihm eingeführte Kalender mit dem Sonnenjahr nicht überein. Die von Sosigenes angenommene Jahresdauer von 365,25 Tagen entsprach nicht ganz der Wirklichkeit. Die Zeitspanne zwischen zwei aufeinanderfolgenden Frühjahrs-Tag-und-Nachtgleichen, die das tropische Jahr heißt, beträgt in Wirklichkeit (mit einer Präzision bis zu einer Sekunde) 365 Tage, 5 Stunden, 48 Minuten und 46 Sekunden. In der Epoche der Renaissance traten die Unvollkommenheiten des Julianischen Kalenders deutlich hervor, es wurden mehrfach Vorschläge zu seiner Änderung vorgebracht, doch widersetzte sich die Kirche lange der Berichtigung des Kalenders. Erst im Jahre 1581 wurde beschlossen, den fünften Oktober 1582 zum 15. zu erklären und die Jahre der vollen

¹ Gaius Julius Cäsar [tse:izar] (100—44 v. u. Z.) — römischer Feldherr und Staatsmann von welthistorischer Bedeutung.

² Sosigenes — alexandrinischer Astronom.

³ Augustus (63 v. u. Z. — 14 u. Z.) — Adoptivsohn und Erbe Cäsars; seit 31 v. u. Z. erster römischer Kaiser.

Jahrhunderte, deren Hunderter nicht durch vier teilbar ist, nicht als Schaltjahre einzusetzen. Das bedeutete, daß im neuen Kalender, der den Namen Gregorianischer Kalender¹ erhielt, von jeweils 400 Jahren nur 97 Schaltjahre waren, während der Julianische ihrer 100 hatte.

Der neue Kalender, der weder die Anzahl der Monate noch die der Monatstage änderte, kam fast in ganz Westeuropa sehr schnell in Gebrauch. In England und den USA wurde er im 18. Jahrhundert eingeführt. Nur in Rußland hielt die Kirche eigensinnig am alten Kalender fest und lehnte alle Vorschläge für seine Reform ab. Erst nach der Oktoberrevolution wurde in der Sowjetunion am 2. Februar 1918 der in der ganzen Welt geltende Gregorianische Kalender eingeführt.

Der Gregorianische Kalender nimmt eine durchschnittliche Jahresdauer von 365 Tagen, 5 Stunden, 49 Minuten und 12 Sekunden an, d. h., das Jahr ist um 26 Sekunden länger als das durchschnittliche Sonnenjahr. Diese Differenz wird, sich summierend, in 3323 Jahren einen Tag ergeben. Und in dieser Zeit, sollte man meinen, wird sich eine Gelegenheit finden, den Fehler auszugleichen.

Somit entspricht der Gregorianische Kalender durchaus befriedigend dem Sonnenkalender. Dennoch hat er Mängel anderer Art: Die Länge der Monate ist verschieden, was sich in der Wirtschaft, ungünstig auswirkt, die verschiedenen langen Monate reihen sich regellos aneinander, und die Wochentage fallen nicht mit bestimmten Daten zusammen, was die Übersichtlichkeit erschwert. Zur Behebung dieser Mängel sind schon zahlreiche Vorschläge gemacht worden. So wurden beispielsweise dem Völkerbund², der sich seinerzeit mit der Kalenderreform beschäftigte, über 500 Projekte vorgelegt. Doch war er nicht in der Lage, einem Beschluß über die Kalenderfrage zu fassen, vor allem wegen des Widerstandes des Vatikans, der keinerlei Veränderungen in der Ordnung der Kirchendaten wünschte.

Augenblicklich befaßt sich eine internationale Sonderkommission mit einer Kalenderreform.

¹ Gregorianischer Kalender — der durch den Papst Gregor XIII. im Jahre 1582 eingeführte Kalender.

² Völkerbund — völkerrechtliche Staatenverbindung; konstituierte am 14. 2. 1919 auf Initiative Wilsons auf der Pariser Konferenz; bestand offiziell bis 18. 4. 1946.

GEWITTER

(Aus „Wissenschaft und Fortschritt“, Heft 8, 1956)

Zur Bildung von Gewittern ist sowohl ein kräftiger, aufwärts gerichteter Luftsturm als auch ein genügender Feuchtigkeitsgehalt der Luft erforderlich. Die mit dem Gewitter verbundenen elektrischen Erscheinungen sind Folgen der starken Vertikalbewegung der Luft, denn die für das Gewitter notwendige Trennung der elektrischen Ladungen kommt zu einem Teil durch das Zersprühen von Wassertropfen im aufwärts gerichteten Luftstrom zustande. Im einzelnen sind die Vorgänge, die zur Ladungstrennung führen, recht kompliziert; meist wirken mehrere Vorgänge zusammen.

In der Hauptsache werden zwei Arten von Gewittern unterschieden: Wärme- und Frontgewitter. Für das Wärmegewitter ist eine starke Erwärmung des Bodens Voraussetzung. Hierdurch wird die Luft zu kräftigem Aufsteigen gezwungen, wobei es, falls die Luft genügend Feuchtigkeit enthält, zur Kondensation kommt. Neben der Feuchtigkeit hängt in diesem Fall die Gewitterbildung von der Stärke der Erwärmung ab. Daher sind Wärmegewitter an die sommerliche Jahreszeit gebunden und entstehen dort, wo die Vorbedingungen für eine starke Erwärmung gegeben sind. Diese Gewitter bilden sich nicht über dem Meer. Wärmegewitter werden abgeschwächt, wenn sie über Wasserflächen hinwegziehen.

Anders ist es beim Frontgewitter. Hier wird der notwendige Aufwind dadurch ausgelöst, daß Luftmassen verschiedenen Wärme- und Feuchtigkeitsgehaltes zusammengeführt werden. Da die Bildung dieser Gewitter nicht von der Unterlage abhängt, erfahren sie über Wasserflächen keine Schwächung. Seegewitter und Wintergewitter gehören zu den Frontgewittern.

Außer den beiden wichtigsten gibt es noch eine Anzahl von Gewitterarten, für deren Zustandekommen jeweils ganz besondere, z. T. recht komplizierte meteorologische Vorbedingungen erforderlich sind. In vielen Fällen wirken mehrere Ursachen beim Zustandekommen eines Gewitters zusammen, so daß es nicht immer möglich ist, auf den ersten Blick zu entscheiden, zu welcher Art das betreffende Gewitter gehört. Ausgedehnte Einzeluntersuchungen sind notwendig, um den Charakter solcher Gewitter zu erkennen.

Blitz und Donner sind eigentlich nur Nebenerscheinungen des Gewitters, die es aber besonders eindrucksvoll machen. Die verschiedenen Blitzentladungen reizen immer wieder zur Beobachtung, da hier die Erscheinungen je nach Vorbereitung und Stärke der Entladung recht verschieden sein können. Die voll ausgebildete elektrische Erscheinung ist der Linienblitz, der sich zwischen den Wolken oder zwischen Wolke und Erde entlädt. Flächenblitze sind meist Linienblitze, die durch Wolken verdeckt werden. Ist die Entladung nur unvollständig ausgebildet, so kann es zu den allerdings seltenen Perlschnur- oder Kugelblitzen kommen. Beim Perlschnurblitz befinden sich stärker leuchtende Stellen in einer im ganzen schwach leuchtenden Blitzbahn. Auch der Kugelblitz ist eine unvollständige Entladung, bei der sich eine leuchtende Kugel entlang einer vorgebildeten Blitzbahn oder entlang leitender Gegenstände (z. B. Straßenbahnleitung bewegt. Meist endet die Erscheinung, indem die leuchtende Kugel mit einem Knall zerplatzt, wobei es, wenn sie in geschlossene Räume eingedrungen ist, zu Zerstörungen kommen kann.

Der Blitz bevorzugt auf seiner Bahn zur Erde gut leitende Gegenstände; ebenso sind die höchsten Punkte einer Umgebung besonders blitzgefährdet. Bis zu welcher Entfernung ein hervorragender Gegenstand, z. B. ein Blitzableiter, vom Blitz aufgesucht wird, hängt von den Leitfähigkeits-Verhältnissen der Umgebung ab. Hat z. B. ein hochragender Blitzableiter eine schlechte Erdung, so können tiefer gelegene, aber gut geerdete Gegenstände vom Blitz bevorzugt werden. Die Entfernung, bis zu der ein Blitzableiter wirkt, ist von Fall zu Fall sehr verschieden und von so vielen Faktoren abhängig, daß eine genaue Zahlenangabe praktisch unmöglich ist. Da der Blitz hochgelegene Punkte bevorzugt aufsucht, werden z. B. einzelstehende Gehöfte durch Baumgruppen hinreichend geschützt. Natürlich sind auch hochliegende Freileitungen Anziehungspunkte für Blitze. Hier ist meist durch die Masten für die Ableitung zur Erde gesorgt. Allerdings können durch Blitzeinschläge Überspannungen entstehen, die elektrischen Geräten gefährlich werden können, falls sich diese in der Nähe der Einschlagstelle befinden. Besonders gefährdet sind Rundfunkgeräte mit Außenantennen; hier ist die Erdung der Antenne bei Gewitter notwendig, um eine Zerstörung der Geräte zu vermeiden.

Es sei noch erwähnt, daß die Spannung bei Linienblitzen auf 300 bis 400 Mill. V, die Stromstärke auf 10 000 bis 100 000 A geschätzt wird. Trotzdem sind die zur Entladung kommenden Energiemengen infolge der kurzen Dauer einer Blitzentladung verhältnismäßig gering.

TRÜ Raamatukeg

DIE GRUNDLAGEN DER ATOMKERNPHYSIK

(Aus „Nachtrag zum Brockhaus ABC der Naturwissenschaft und Technik“)

Begriffsbestimmung. Unter Atomkernenergie versteht man die Energie, die bei einer Umwandlung des Atomkerns frei werden kann. Es handelt sich also um eine Elementumwandlung. Am Ende eines solchen Umwandlungsprozesses liegt statt des Ausgangselementes (z. B. Stickstoff) ein anderes Element (z. B. Sauerstoff) vor. Im Gegensatz hierzu ändern sich bei den üblichen chemischen Reaktionen nur die Verbindungen, wobei natürlich auch Energie frei werden kann; so entsteht z. B. bei der Verbrennung von Kohlenstoff C Kohlendioxyd CO_2 , in diesem CO_2 ist aber der Kohlenstoff noch vorhanden.

Atom Aufbau. Jedes Atom besteht aus einem positiv geladenen Kern und aus negativ geladenen Elektronen (Zeichen: e^-), die den Kern umkreisen, und zwar in einer solchen Zahl, daß das Atom gerade elektrisch neutral ist. Der Kern baut sich aus zweierlei fast gleichschweren Elementarteilchen auf, den positiv geladenen Protonen (Zeichen: p) und den ungeladenen Neutronen (Zeichen: n). Protonen und Neutronen bezeichnet man zusammenfassend als Nukleonen (Kernbausteine). In jedem Atom des gleichen Elementes ist die Anzahl der Protonen gleich der Zahl der Elektronen, und diese Anzahl bestimmt den Platz des Elementes im Periodischen System. Dagegen können die Atome des gleichen Elementes, dessen chemischer Charakter allein durch die Zahl der Elektronen bestimmt ist, unterschiedliche Neutronenzahl und damit verschiedene Masse haben, ein Faktum, das aber eben das chemische Verhalten nicht beeinflußt. Man nennt Atome mit gleicher Protonen, aber unterschiedlicher Neutronenzahl Isotope.

Radioaktivität. Es gibt nun Elemente, bei denen eine Umwandlung, ein Zerfall des Atomkerns erfolgt, und zwar spontan, also ohne Einwirkung von außen; es handelt sich hier um die Erscheinung der natürlichen Radioaktivität. Angeregt durch Röntgens¹ Entdeckung der nach ihm benannten Rönt-

¹ Wilhelm Conrad Röntgen (1845—1923) — bedeutender deutscher Physiker; Entdecker der nach ihm benannten Röntgenstrahlen.

genstrahlen (1895) fand nämlich der Franzose Henri Becquerel¹ 1896, daß Uran (Zeichen: U) eine starke Strahlung aussendet, die ebenfalls unsichtbar ist und die Photoplatte schwärzt, 1898 entdeckten Marie und Pierre Curie² die besonders stark radioaktiven Elemente Polonium und Radium. Die Vermutung von Elster³ und Geitel (1899), daß es sich bei der Radioaktivität um einen spontanen Elementzerfall — oder nach unseren heutigen Anschauungen also um einen Kernzerfall — handelt, wurde durch weitere Untersuchungen von Rutherford⁴ und Soddy⁵ 1903 bestätigt. Bei der natürlichen Radioaktivität werden Alphastrahlen (Zeichen: α), also Heliumkerne, oder Betastrahlen (Zeichen: β), also Elektronen, ausgesandt; als Begleiterscheinung können noch Gammastrahlen (Zeichen: γ) auftreten. Ein Alphateilchen besteht aus zwei Protonen und zwei Neutronen; daß ein radioaktiver Kern Alphateilchen und nicht die vier Kernbausteine einzeln ausschleudert, liegt daran, daß für die Emission eines Alphateilchens ein geringerer Energieaufwand nötig ist. — Die Zeit, in der die Hälfte der Atome eines radioaktiven Elements zerfällt, sich also umwandelt, bezeichnet man als Halbwertszeit.

Der Zerfall erfolgt, weil die betreffenden Kerne instabil sind, und er geht so lange vor sich, bis ein stabiler Endzustand erreicht ist. Ein stabiler Kern zeichnet sich stets durch ein bestimmtes Verhältnis von Neutronen zu Protonenzahl aus; und zwar haben die Elemente des ersten Drittels des Periodischen Systems etwa gleich viele Neutronen und Protonen, während die schwereren Kerne einen immer größeren Neutronenüberschuß besitzen. Wird das Verhältnis geändert, so kann der Kern instabil werden. Beispiel: Beim Silizium sind die Verhältnisse von Protonenzahl Z zu Neutronenzahl N für 1) stabile Isotope (die Bestandteile des natürlich vorkommenden Siliziums) $Z:N = 14:14$, $= 14:15$ und $= 14:16$, 2) künstlich radioaktive, also instabile Isotope $Z:N = 14:13$ (Positronenstrahler) und $14:17$ (Elektronenstrahler).

Umgekehrt lassen sich aber nun mit Hilfe meistens schnell bewegter, d. h. energiereicher Teilchen Kernumwandlungen künstlich hervorrufen. Wird ein Atomkern von einem hinreichend schnell bewegten Teilchen, z. B. einem Proton oder einem Alphateilchen, getroffen, so entsteht meistens zunächst ein neuer, instabiler und daher nur vorübergehend existierender Zwischenkern, der sich in einer meistens ebenfalls radioaktiven Kern umwandelt. Diese künstlich erzeugten radioaktiven Kerne (also künstlich radioaktive Isotope) strahlen fast durchweg Elektronen oder Positronen aus, zerfallen also weiter und gehen so in einen stabilen Endzustand

¹ s. Seite 18.

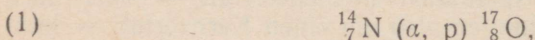
² s. Seite 17.

³ Julius Elster (1854—1920) — deutscher Physiker. Er arbeitete stets gemeinsam mit H. Geitel (1855—1923). Sie haben zuerst die Vermutung ausgesprochen, daß die Radioaktivität auf einem Zerfall der Atome beruhe.

⁴ Ernest Rutherford [rʌðəfəd] (geb. 1871) — englischer Physiker.

⁵ Frederik Soddy [sɒdi] (geb. 1877) — englischer Physiker und Chemiker.

über. So gelang Rutherford 1919 folgende erste künstliche Kernumwandlung: Er beschloß in einer Nebelkammer reinen Stickstoff mit Alphateilchen, die beim Zerfall natürlicher radioaktiver Elemente ausgeschleudert werden; dabei wandelte sich ein Stickstoffkern in einen Sauerstoffkern um, wobei ein Proton emittiert wird, ein Vorgang, der sich in der Form schreiben lässt:

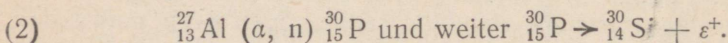


wobei vor dem Symbol des Elementes oben die Massenzahl und unten die Ordnungszahl im Periodischen System zu stehen kommt. Als radioaktiver Zwischenkern bildet sich zunächst ein Fluorisotop ${}_{9}^{18}\text{F}$, das in einen Sauerstoffkern ${}_{8}^{17}\text{O}$ und ein Proton p zerfällt. Der Vorgang läßt sich in der Nebelkammer sichtbar machen.

Statt der beim Zerfall natürlicher radioaktiver Elemente ausgeschleuderten Alphateilchen können Teilchen verwendet werden, die, wenn sie geladen sind, z. B. in einem Zyklotron oder Bevatron die erforderliche Geschwindigkeit erhalten. Cockcroft¹ und Walton konnten 1932 als erste mit künstlich beschleunigten Teilchen Kernumwandlungen hervorrufen.

Ein für die künstliche Kernumwandlung besonders wichtiges Geschöß entdeckte Chadwick² 1932: das elektrisch ungeladene Neutron (Zeichen: n). Selbst langsame Neutronen vermögen nämlich in den (positiv geladenen) Atomkern einzudringen, da eben keine elektrostatische Abstoßung erfolgt, während geladene Teilchen zu diesem Zwecke stark beschleunigt werden müssen (s. o.).

Dem Ehepaar Joliot-Curie³ glückte es im Jahre 1934 zum ersten Mal die Erzeugung von künstlich radioaktiven Elementen. So entstand bei Beschuß von Aluminium ${}_{13}^{27}\text{Al}$ mit Alphateilchen ein in der Natur nicht vorkommendes Phosphorisotop ${}_{15}^{30}\text{P}$ und ein Neutron. Der ${}_{15}^{30}\text{P}$ -Kern enthält nun aber ein Proton mehr als es einer stabilen Konfiguration entspricht und geht daher mit einer Halbwertszeit von etwa 2 Minuten in einen stabilen Zustand über unter Aussendung eines Positrons (Zeichen: ϵ^+), einem kurz vorher von Anderson⁴ bei der Erforschung der Höhenstrahlung entdeckten Elementarteilchen:



¹ D. Cockcroft [køkroft] (geb. 1897) — englischer Physiker; arbeitete mit E. Walton [uolt(ə)n] über Kernphysik.

² James Chadwick [tʃædwɪk] (geb. 1891 — englischer Physiker; arbeitete besonders über Radioaktivität; entdeckte 1932 das Neutron.

³ Frédéric Joliot-Curie [ʒɔljɔ:] (geb. 1900) — französischer Physiker; entdeckte gemeinsam mit seiner Frau Irène Joliot-Curie (1897—1956) die künstliche Radioaktivität.

⁴ Carl David Anderson [ændərs(ə)n] (geb. 1905) — nordamerikanischer Physiker; entdeckte bei der Untersuchung der Höhenstrahlung 1932 das Positron.

Ein Positron wird dabei von einem Zwischenkern emittiert, wenn sich dieser in einem Zustand hoher Energie befindet. Beim Übergang in den stabileren Zustand (niedriger Energie) bildet sich dann nämlich ein Elektron-Positronpaar, das überschüssige Proton vereinigt sich mit dem Elektron zu einem Neutron, während das Positron emittiert wird.

Kernspaltung. 1938 entdeckten Otto Hahn¹ und Fritz Strassmann eine gegenüber den bis dahin bekannten gänzlich neue Art von Kernreaktion: Bisher hatten bei Kernumwandlungen entstehende instabile Kerne meist ein Positron oder ein Elektron ausgestoßen, waren also künstlich radioaktiv, oder ein Bahnelektron eingefangen, um auf diese Weise ein Proton in ein Neutron oder umgekehrt zu verwandeln und so in den stabilen Zustand überzugehen. Neben Elektronen und Positronen werden auch andere Elementarteilchen mitunter ausgestrahlt, aber nur bei großer Energie der Stoßteilchen waren bisher Kerne mehr oder weniger völlig in Nukleonen oder α -Teilchen zerplatzt. Jetzt dagegen stellten Hahn und Strassmann beim Beschuß von Uran- ${}_{92}^{235}\text{U}$ mit langsamen Neutronen eine völlig neuartige Kernreaktion fest, die von Lise Meitner² und O. Frisch erklärt werden konnte. ${}_{92}^{235}\text{U}$ zerfällt dabei in zwei Spaltstücke, deren Massen sich etwa wie 2 : 3 verhalten. Die leichten Spaltstücke haben Massenzahlen etwa von 80 bis 100, die schweren solche von 125 bis 155, ${}_{92}^{235}\text{U}$ zerfällt z. B. also in Brom (leichtes Spaltstück) und Lanthan (schweres Spaltstück) oder in Krypton (leicht) und Barium (schwer). Nun sind aber beim ${}_{92}^{235}\text{U}$ die Neutronen gegenüber den Protonen wesentlich stärker in der Überzahl als bei Atomen mittlerer Ordnungszahl (im stabilen Zustand), wie oben angeführt. Unmittelbar nach der Spaltung besitzen daher die Spaltprodukte wesentlich mehr Neutronen, als einem stabilen Zustand entspricht, und gehen unter Aussendung von Elektronen (Betastrahlen) in einen stabilen Zustand über, oder aber sie stoßen überschüssige Neutronen direkt aus; in jedem Fall sind die Spaltprodukte also radioaktiv. Auch unmittelbar bei der Spaltung treten Neutronen auf. Insgesamt werden jedenfalls pro Spaltung eines ${}_{92}^{235}\text{U}$ -Kernes im Mittel 2 bis 3 Neutronen frei: Der Prozeß liefert also die Geschosse, die ihn auslösten, und somit ist prinzipiell die Möglichkeit einer Kettenreaktion gegeben.

Wir hatten schon erwähnt, daß bei Kernreaktionen Energie frei werden kann (natürlich kann eine Kernreaktion auch endotherm

¹ Otto Hahn (geb. 1879) — deutscher Chemiker; entdeckte 1938 mit Fritz Strassmann die Uranspaltung und schuf damit die Möglichkeit der technischen Ausnutzung der Atomenergie.

² Lise Meitner (geb. 1878) — deutsche Physikerin; arbeitete über Radioaktivität und Kernphysik; sie gab 1939 mit O. Frisch als erste die Erklärung für die von O. Hahn und F. Strassmann entdeckte Uranspaltung und berechnete die dabei auftretende Energie.

verlaufen). Nun ist nach dem E i n s t e i n schen Energie Massen satz jede Energie einer Masse äquivalent, und zwar erhält man das Massenäquivalent einer Energie, indem man die Energie durch c^2 ($c =$ Lichtgeschwindigkeit) dividiert. Für Kernreaktionen gilt also folgender Satz: Die Summe der Massenäquivalente der kinetischen Energien und der Ruhmassen der Partner vor der Reaktion ist gleich der entsprechenden Summe der Reaktionsprodukte.

Grundsätzlich gibt es zwei Möglichkeiten, Kernenergie zu gewinnen:

1. durch F u s i o n, d. h. Zusammenschmelzen, von leichten Kernen zu schweren,

2. durch S p a l t u n g schwerer Kerne.

Während nun beim Zusammenschmelzen Energien bis zu etwa 20 Megaelektronenvolt (MeV) frei werden, entstehen bei der Kernspaltung des ${}_{92}^{235}\text{U}$ fast 200 MeV. Von diesen werden etwa 175 MeV sofort frei, der Rest allmählich durch β - und γ - Strahlung der radioaktiven Bruchstücke. — Dieser gewaltige Energiegewinn und dazu die Möglichkeit einer Kettenreaktion legten es nahe, die Kernspaltung zur Energieerzeugung zu benutzen, und zwar durch einen dauernd k o n t r o l l i e r t e n Prozeß. Auf der anderen Seite ergab sich die Möglichkeit, die Kettenreaktion explosiv verlaufen zu lassen und damit die bis dahin furchtbarste Waffe, die Atombombe, zu schaffen.

Quecksilber und 800 mal häufiger als Gold vor. Nach geologischen Schätzungen sind in den obersten 5 Kilometern der Erdkruste 50 Billionen Tonnen Uran enthalten. Das würde ausreichen, um nach dem derzeitigen Stande den Energiebedarf der ganzen Erde 250 Milliarden Jahre lang allein mit Uran zu decken. Dies ist allerdings nur eine rein theoretische Rechnung, weil der überwiegende Teil des gesamten in der Erdrinde enthaltenen Urans so fein in anderen Stoffen verteilt ist, daß man ihn praktisch nicht gewinnen kann. Ein Kubikkilometer Meerwasser enthält z. B. zwar mehr als 1000 kg reines Uran, aber es ist jetzt keine technische Möglichkeit abzusehen, es aus den 1 Billion Liter Wasser rentabel zu extrahieren.

Dagegen beschäftigt man sich rein theoretisch bereits mit den Möglichkeiten, die im Granit enthaltenen durchschnittlich 4 Gramm Uran und 12 Gramm Thorium pro Tonne zu gewinnen. Diese 16 Gramm Kernbrennstoff haben theoretisch den Energiegehalt von 50 Tonnen Kohle. Bisher wäre es möglich, etwa 25 Prozent des im Granit enthaltenen Urans und Thoriums zu gewinnen. Mithin hätte eine Tonne Granit immer noch einen Heizwert von 12 Tonnen Kohle, wobei es wichtig ist, daß man zur Aufarbeitung der Tonne Granit nur 12 bis 25 kg Kohle verbraucht. Rein theoretisch ließe sich also der Weltenergiebedarf auch aus Pflastersteinen decken. Die Umstände und dementsprechend die Kosten dieser Kernbrennstoffgewinnung verschieben das Projekt allerdings einstweilen in den Bereich des Phantastischen. Doch arbeitet man daran, rentablere Verfahren zu entwickeln.

Wirtschaftlich, d. h. mit angemessenem Aufwand an Kosten, ist Uran bis heute nur aus Stoffen zu gewinnen, die wenigstens 1 kg je 1000 kg verarbeiteten Materials liefern. Selbstverständlich ist die Wirtschaftlichkeit um so größer, je höher der Urangehalt je Tonne ist. Deshalb ist die Verarbeitung der Pechblende am rentabelsten, denn sie ergibt je Tonne 10 bis 50 kg Uran. Pechblende ist ein Mineral, das nicht etwa den Rohstoff des Pechs darstellt, sondern den Namen seiner schwarzen Farbe verdankt.

Man nimmt an, daß uranhaltige Wässer aus tiefen Regionen der Erde durch Spalten und Klüfte hochgestiegen sind und in der Pechblende ihr Uran ablagerten. Eine klassische Lagerstätte von Pechblende sind die Gruben von Joachimsthal¹, die seit acht Jahrhunderten auf Zinn, Silber, Kobalt und Nickel, seit der Jahrhundertwende auf Radium, das in geringer Menge im Uran stets enthalten ist, ausgebeutet wurden. Von hier stammte auch die Pechblende, aus der die Curies² das erste Zehntelgramm Radiumsalz gewannen. Nach wie vor sind die Minen von Joachimsthal eines der reichsten Pechblendenvorkommen der Erde. Ebenfalls sehr ergiebige Lager befinden sich in Belgisch-Kongo und im nordwestlichen Kanada am Großen Bärenssee.

¹ Joachimsthal = Jachymov — tschechoslowakische Stadt am Südwestfuß des Klinovec. Bekannt durch sein Radiumbad.

² s. Seite 17.

Außer der primär uranhaltigen Pechblende werden längst auch sekundäre Minerale auf Uran aufgearbeitet. Ihr Uran stammt wahrscheinlich daher, daß primäre Uranlager ausgelaugt wurden und das im Wasser enthaltene Metall an anderer Stelle wieder chemische Verbindungen in Mineralen einging. Zu den sekundär uranhaltigen Mineralen gehören Carnotit, Tjuchamunit und Autunet. Sie sind häufig leuchtend gelbgrün gefärbt. Wirtschaftlich bedeutsame Lagerstätten befinden sich u. a. in Mittelasien und im nordamerikanischen Colorado-Plateau. Diese Minerale enthalten 1 bis 10 kg Uran je Tonne.

Die Suche nach Uran hält in aller Welt weiter an, und fast jeden Monat wird die Entdeckung neuer Lagerstätten gemeldet, die meist aber nur untergeordnete Bedeutung haben. Die Radioaktivität des Urans erleichtert das Schürfen, man sucht es mit dem Geigerzähler. Die Strahlennachweisgeräte sind heute so weit verbessert, daß man Uran auch vom Flugzeug aus suchen kann. Die großen Atommächte betreiben eine systematische radiometrische Untersuchung des Geländes. In Nordamerika führten vergiftete Rinder zum Auffinden eines Vorkommens sekundärer Minerale. Die Kühe hatten selenhaltiges Gras gefressen. Wo Selen, da ist aber fast immer auch Uran. Inzwischen sind weitere indirekte Nachweisverfahren von der Geologie ausgearbeitet worden. Auch Minerale, die nur ganz minimalen Uran Gehalt aufweisen, werden heute verarbeitet, wenn sie sowieso schon auf andere Bestandteile, z. B. auf Gold oder Phosphate, aufgearbeitet werden.

Aus Uran wird zunächst durch chemische Ausfällungen oder Auflösungen in Säuren oder Laugen von den anderen Bestandteilen des Erzes getrennt. So erhält man aber erst Uranverbindungen, die man in Fluorverbindungen überführt. Dem Uran-Fluorid wird nun durch Kalzium oder Magnesium das Fluor entzogen. Während dieses Vorgangs schmilzt das metallische Uran aus und sammelt sich am Boden des Schmelzofens.

Trotz seiner großen Kostbarkeit ist Uran nicht im entferntesten so teuer wie Gold. In den USA kostet 1 kg reines Uranoxyd 8 Dollar. Dieser Preis ist jedoch künstlich überhöht. Den wirklichen Kosten der Gewinnung nach kann er in vielen Ländern noch unterboten werden.

ATOME VERÄNDERN KONTINENTE

(Aus „Weltjugend“, Nr. 1, 1957)

Mit großartigen Erfolgen bereiten sowjetische Wissenschaftler den Weg für die friedliche Ausnutzung der Atomenergie zum Wohle der Menschen, nicht zuletzt mit der Inbetriebnahme des ersten Atomkraftwerkes der Welt am 27. Juni 1954. Bei der praktischen Nutzenanwendung stützten sich die sowjetischen Wissenschaftler auf die Ergebnisse jahrzehntelanger Forscherarbeit in ihrem Lande sowie auf die Ergebnisse der Arbeiten vieler Gelehrter anderer Länder. Die friedliche Anwendung der Atomenergie eröffnet ungeahnte Perspektiven für alle Gebiete unseres Lebens.

* * *

Wir leben in einer Zeit, in der die Menschheit vor großartigen Möglichkeiten zur Umgestaltung unseres Planeten steht. Einigen mag dies als ein kühner Traum erscheinen, für andere ist es der waghalsige Plan eines Phantasten. Es ist natürlich ein Traum, aber einer, den man in die Tat umsetzen kann, denn er beruht auf den großen Errungenschaften unserer Zeit: der friedlichen Anwendung der Atomenergie, der weitgehenden Automatisierung der Arbeit, dem Einsatz mächtiger Maschinen, Elektronenapparate und Reaktoren. Wir können deshalb mit ruhigem Gewissen sagen, daß der Tag nicht mehr fern ist, an dem diese „Träume“ Wirklichkeit werden.

Die Ingenieure erwägen schon eine gigantische Umgestaltung der Natur. In diesem Artikel berichten wir von Plänen, die von den Menschen verwirklicht werden können, wenn sie ihren Willen und ihre ständig wachsende Macht über die Natur nicht auf die Vergrößerung der Vorräte an Atombomben richten, sondern auf die friedliche Arbeit zum Wohle der ganzen Menschheit. Die jungen Menschen müssen dabei die Initiatoren sein. Ihre Begeisterung für diese Pläne zeigt, daß das kommende Jahr einen weiteren Schritt vorwärts zur Verständigung und Zusammenarbeit bringen kann.

Eine „Wetterfabrik“ in der Bering-Straße

Ewiges Eis bedeckt gewaltige Teile unserer nördlichen Halbkugel. Das rauhe Klima macht dort große Gebiete unbewohnbar, die jedoch reich an Naturschätzen sind.

In dem Bestreben, dies zu ändern, wagen sich die Menschen an immer größere Projekte.

Der russische Ingenieur A. I. Schumilin kam auf den Gedanken, einen Staudamm durch die Bering-Straße zu bauen. Pumpwerke sollen einen warmem Strom von den Ausmaßen des Golfstromes vom Pazifischen Ozean in die arktischen Gewässer treiben. Auf diese Weise sollen sich zwei warme Zentren bilden, die sich im Bering-Meer und der Tschuktschen-See über ein Gebiet von 750 000 Quadratmeilen¹ erstrecken. Der neue Strom des Pazifischen Ozeans würde eine warme Zone zwischen den barometrischen Minima Islands und den Aleuten schaffen und ein arktisches Vakuum bilden, das die meteorologischen Bedingungen in der Arktis verändern würde.

Der neue „Golfstrom“ könnte das Klima an den Küsten Eurasiens und Amerikas wesentlich mildern. Der riesige Damm würde den driftenden Eisschollen des nördlichen Eismeres das Eindringen in den Pazifischen Ozean verwehren, den kalten Kamtschatka-Strom eliminieren und fast das gesamte Eis im Bering-Meer schmelzen. Das Eis an den Küsten wäre auf diesem oder jenem Wege von der Bering-Straße ferngehalten und der Schiffsverkehr zwischen Murmansk und Ostsibirien ermöglicht.

Auch für die Vereinigten Staaten wäre dieses Projekt von Nutzen. Im Staate Oregon, der auf der anderen Seite des Pazifischen Ozeans auf der gleichen Breite wie Primorie liegt, blühen bereits zur Weihnachtszeit Rosen. Die warme Strömung Kuroschio von den Küsten Chinas und Japans bewirkt diese Fruchtbarkeit. Nördlich würde das Klima Alaskas gemäßigt werden und sich damit ein neuer Schifffahrtsweg von der Hudson-Bai nach Grönland eröffnen.

Ein Staudamm in der Bering-Straße bedeutet eine wirkliche Verbindung zwischen der UdSSR und den Vereinigten Staaten und wäre die erste große Operation, die von den „Chirurgen unseres Planeten“ ausgeführt würde. Dieser Vorschlag für eine „Klimafabrik“ ist nur ein erster Gedanke, ein Hinweis für weitere Pläne. An den Vorbereitungen für die technische Ausführung werden die internationalen wissenschaftlichen Gruppen jahrelang arbeiten. Bis zur Verwirklichung dieser Ideen ist es aber noch ein weiter Weg.

Ein Meer in der Sahara

Die Verwandlung der großen Wüsten des afrikanischen Kontinents in fruchtbare Gebiete ist eines der interessantesten Probleme der Menschheit. Die Sahara erstreckt sich über ein gewaltiges Gebiet vom Mittelmeer bis Zentralafrika und birgt bisher völlig ungenutzte Reichtümer.

¹ 1 Seemeile = 1853,18 m.

Dazu hat der deutsche Ingenieur Soergel einige neue Gedanken. Er verbindet die Senkung des Meeresspiegels mit dem Plan, die Sahara durch die Schaffung eines inneren Kongosees zu bewässern und die afrikanischen Flüsse sowohl für die Bewässerung als auch für die Stromerzeugung auszunutzen.

Der Kongo bildet ein natürliches Becken, sagt Soergel, das von Hochland umgeben ist. Der entfernteste Teil liegt zwischen dem Äquator und dem „Korridor“ des Kongo und erstreckt sich von Brazzaville bis zu der Stelle, wo der Kassai in den Kongo fließt. Der Fluß hat hier eine durchschnittliche Breite von 3 Meilen, dehnt sich jedoch zeitweilig bis zu einer Breite von 10 Meilen aus, wobei er viele kleine Inseln umfließt. Er bildet ein riesiges inneres Delta, das periodisch vom Hochwasser überspült wird.

Soergels Plan geht dahin, einen Damm zwischen dem Kassai und dem Stanley-Pool¹ zu bauen und damit die gleichen Bedingungen zu schaffen, die in geologischen Zeiten herrschten, als ein innerer See das Kongobecken füllte. Der Stanley-Pool ist nur ein Überbleibsel des alten Sees, der sich schließlich einen Weg durch das Küstenhochland in den Atlantik bahnte. Das Problem liegt nun darin, den Durchfluß zu sperren. Da der Kongo an der erwähnten Stelle sehr schnell fließt, glaubt Soergel, daß es die beste Methode sei, die Hügel an den Ufern zu sprengen, damit die Trümmer den Fluß eine gewisse Zeit blockierten. Weiter flußabwärts könnte ein behelfsmäßiger Damm errichtet werden, der dann später durch einen ständigen Staudamm ersetzt würde.

Durch die Blockierung der Stelle, an der Kongo seinen Abfluß zum Meer beginnt, würde sich das Becken allmählich füllen. Damit würde ein Binnensee von 600 000 Quadratmeilen entstehen, der eine durchschnittliche Tiefe von 325 Yards² hätte und mit dem Meeresspiegel auf gleicher Höhe liegen würde.

Seit dieser Zeit haben sich neue technische Möglichkeiten ergeben, die die Ausführung dieses Plans wesentlich erleichtern. Besonders die sowjetischen Techniker ziehen die Anwendung von atomaren Explosionen in Erwägung.

Auch das Becken des Tschad-Sees bietet interessante Möglichkeiten. An der Stelle, wo sich der Ubangi, der größte Nebenfluß des Kongo, nordwärts wendet, nähern sich die beiden Becken des Kongo und des Tschad einander so weit, daß es möglich wäre, sie miteinander zu verbinden. Durch das Bergland könnte ein Flußbett gegraben werden, in dem das Wasser vom Kongobecken in den Schari fließen könnte, der für den Tschad-See die bedeutendste Wasserquelle darstellt.

Durch die Wasserversorgung vom Kongo-See würde der Tschad-See allmählich in das Becken des Mittleren Sudan vordringen. Nach einiger Zeit müßte er sich dann einen Abfluß suchen, der sich

¹ loe [stænli pu:l].

² 1 Yard = 91,44 cm.

nach Norden richten und bis an die südlichen Hänge der Aggar-Berge vordringen würde. Die einzige Aufgabe wäre dann noch, einen Flußarm durch den Iforas Adrar nordwestwärts abzuzweigen. Damit würde ein Fluß geschaffen, der in Richtung Südalgerien quer durch die Sahara fließt, sich ostwärts wendet, durch Tunesien vorläuft und in den Golf von Gabes mündet. Dieser Fluß wäre wirklich ein „zweiter Nil“, würde schiffbar sein und einen Wasserweg quer durch Afrika von den Häfen der Mittelmeerküste bis nach Brazzaville bilden.

Die Industrialisierung des Landes würde sich folgerichtig aus dieser Entwicklung ergeben. Gegenwärtig ist der Kohlenmangel eines der Hindernisse für den Abbau von Edel- und Leichtmetallen wie z. B. Aluminium. Die neugeschaffenen Wasserreservoirs würden eine schnelle Entwicklung der elektrometallurgischen Industrie garantieren.

Düngemittel könnten in großen Mengen hergestellt werden, womit eines der Hauptprobleme der Landwirtschaft gelöst wäre. Man würde nicht nur die Gefahr beseitigen, daß sich weitere Gebiete in Wüsten verwandeln, sondern das „Tanezrouift“ (Land des Durstes) würde ein blühender Garten werden. Der Schiffsverkehr auf den afrikanischen Seen ließe sich dann mit dem des Missouri oder Ohio vergleichen.

Die Flüsse Tibets werden in die Wüsten Mittelasiens fließen

Fünf große Ströme Ostasiens entspringen in den Bergen Tibets. Einige Wissenschaftler haben den Plan gefaßt, diese Flüsse an ihrem Oberlauf zu blockieren, sie durch Tunnel und Kanäle miteinander zu verbinden und die überschüssigen Wassermassen nach eigenem Willen in die Wüstengebiete Mittelasiens fließen zu lassen. Das wäre ein gigantisches hydrotechnisches Werk, das nur durch die weitestgehende Anwendung der Atomenergie verwirklicht werden kann.

Nach diesem Plan würden die Wasser des neuen mittelasiatischen Flusses das Tal des Hwangho in zwei Richtungen verlassen und damit die große Wüste Gobi bewässern und fruchtbar machen. Einer dieser Stromarme würde in den Amur münden, während der andere seine Wasser in den Balkasch-See ergießt. Gemeinsam würden sie dann den großen transasiatischen Wasserweg bilden, der Kasachstan, China, die Mongolei und die Mandchurei miteinander verbindet. Die Gesamtlänge dieses Wasserweges würde mehr als 5000 Meilen betragen. Durch das Stromgefälle von mehreren tausend Yards würde der neue Fluß Kraftwerke speisen, die Tausende und aber Tausende Millionen Kilowattstunden Energie liefern könnten.

Neue sibirische Flüsse

Die sowjetischen Wissenschaftler befassen sich mit dem Problem der Beseitigung der gelben Wüstenflächen, die heute noch große Teile ihres Landes bedecken. Der Plan des Ingenieurs M. Dawydow sieht so aus: einen Teil des Wassers der sibirischen Flüsse Ob und Jenissei nach Mittelasien abzuzweigen, die trockenen Landstriche Mittelasiens durch einen neuen Fluß, der nach Süden fließt, zu bewässern, das Kaspische Meer mit dem Aral-See und die Wolga mit den sibirischen Flüssen zu verbinden. Damit würde gleichzeitig die Errichtung eines einheitlichen Wassertransportsystems für das ganze Land vervollständigt.

A. Schulga, ein anderer sowjetischer Wissenschaftler, hält es für besser, im Norden und Süden zwei sibirische Breitenflüsse zu schaffen an Stelle der gegenwärtigen Ströme, die in Meridianrichtung fließen. Der südliche Fluß würde die Wasser der südsibirischen Flüsse sammeln, sie dann mit Hilfe von Staudämmen in Richtung Westen in das Tiefland des Aral-Sees und des Kaspischen Meeres leiten, um damit die Wüsten und Halbwüsten zu bewässern.

Wir sehen, daß auf allen Kontinenten, überall auf unserer Erde, für die Menschen noch viel zu tun ist, wenn sie davon träumen, unseren ganzen Planeten zu einem schönen Aufenthaltsort zu machen. Das alles kann natürlich nur durch die freundschaftliche Zusammenarbeit aller Völker erreicht werden!

ATOMKRAFTWAGEN REAL?

(Von Ingenieur J. Suschkow, „Junge Welt“ 26./27.
Januar 1957)

Für unser Zeitalter, da die Menschheit immer mehr die Atomenergie für friedliche Zwecke nutzt, entsteht die Frage, ob man die Atomenergie für den Autoverkehr nutzen kann. Wenn das gelingt, wird der Kraftwagen viele tausend Kilometer zurücklegen können, ohne Kraftstoff zu tanken.

Zum Beispiel wird der Kraftwagen „Pobeda“, der ein Stückchen Uran-235 in der Größe eines Kopekenstückes verbraucht, in der Lage sein, fünfmal von Moskau nach Wladiwostok zu fahren! Welch ein Vergleich mit den heutigen Möglichkeiten des Kraftwagens, der auf die Tankstelle angewiesen ist. Befördern doch heute die Autos über die weiten sibirischen Strecken, Tausende Kilometer von den Eisenbahnlinien entfernt, mit der Fracht auch das Benzin für den Wagen.

Inwieweit ist nun die Aufgabe der Schaffung eines Atomautos real? Wie wird der Motor eines Atomkraftwagens aussehen?

Reaktor plus Turbine

Die bestehenden und projektierten Atomkraftmotoren schließen eine Dampf- oder Gasturbine ein, die die im Reaktor ausgeschiedene Wärme nutzt. Wahrscheinlich werden noch Jahre vergehen, bis das Verfahren der direkten Umwandlung von Atomenergie in Elektroenergie entdeckt sein wird. Und bis dahin werden Reaktor und Turbine die notwendigen Elemente jeglicher Atomkraftmotoren bilden.

Ist es möglich, einen Kraftwagen zu bauen, bei dem statt eines Kolbenmotors eine Turbine benutzt würde? Ja, es ist möglich. Es sind bereits Muster von Kraftwagen mit Gasturbinenmotoren gebaut worden. Im wesentlichen sind es Rennwagen. Das bedeutet, daß die Aufgabe darin besteht, einen in seinen Ausmaßen kleinen Reaktor zu schaffen, den man in Kraftwagen montieren könnte.

Es ist möglich, einen solchen leistungsfähigen und leichten Reaktor zu bauen. Doch wie schützt man die Menschen vor seinen gefährlichen Ausstrahlungen? In den Atomkraftwerken wird der

Reaktor mit vieltonnigen Schichten von Beton und Roheisen umgeben. Für das Auto eignet sich diese Maßnahme nicht.

Doch kann man einen Ausweg finden. Die Ausstrahlung des Reaktors besteht im wesentlichen aus Neutronen und Gammastrahlen. Mannigfaltige Stoffe schwächen diese Ausstrahlungen in verschiedenem Maße. Der Strom der Neutronen wird mehr geschwächt durch Elemente von geringem Atomgewicht, zum Beispiel Wasserstoff und Natrium — und die Gammastrahlen durch schwere Elemente, wie Blei. Indem man verschiedene Kombinationen von Schutzmaterialien auswählt, ist der Schutz viel leichter zu gestalten, als durch Beton oder Stahl.

Die Berechnungen ergeben, daß man gegenwärtig, solange keine neuen Schutzmaterialien geschaffen sind, Atomautos mit einem Gewicht von 50 bis 60 Tonnen haben wird. Das werden „Chaussee-Atomkraftwagen“ sein, die über nicht weniger als drei führende Achsen verfügen werden, und die fähig sind, einige schwerbeladene Anhänger zu fahren.

Zylinderförmiger Motor

Wer erstmalig einen Atomkraftwagen sieht, den überrascht die hinten emporragende Röhre. Sie ist nicht für den Rauch gedacht, sondern dazu bestimmt, die heiße Luft, die dem Gasturbinenmotor entströmt, nach oben zu führen. Würde man das nicht tun, wäre der aus dem Motor entweichende mächtige heiße Strahl für Menschen und Gegenstände gefährlich, die sich in der Nähe des Atomwagens befänden.

Der Gasturbinenmotor des Atomautos wird in Form eines Zylinders mit einem Durchmesser etwa eines halben Meters und einer Länge von etwa zwei Metern gebaut. Unterbringen kann man ihn an einer der Seitenwände im unteren Teil der Karosserie. Der Reaktor wird am vorteilhaftesten in der Nähe des Wärmeumwandler angebracht, um die Länge der Rohrleitungen zu verkürzen. Da er außerdem den wesentlichen Teil des Gewichtes des gesamten Motors ausmacht, muß man ihn, um eine hohe Standfestigkeit zu erreichen, möglichst tief aufstellen. Daher wird die Kraftanlage des Autos die gesamte „untere Etage“ der Karosserie einnehmen. Darüber wird sich der Laderaum der Karosserie befinden, deren Nutzlast 5 bis 10 Tonnen betragen wird.

Laderaum für 60 t Last

Auf einer guten Straße mit leichten Kurven vermag der Atomwagen hintereinander vier bis fünf Lastanhänger mit einer Nutzlast von je 15 bis 20 Tonnen zu fahren, oder zwei bis drei große Fahrgastwagen, die für je 50 bis 80 Personen berechnet sind.

Das Atomauto wird ein unersetzliches Mittel des örtlichen Verkehrs in Wüsten, im Hohen Norden und in anderen, weit von den Eisenbahnlinien entfernten Gebieten der Sowjetunion sein, wohin man schwer Kraftstoffe befördern kann.

WELTRAUMFAHRT

(Aus „Nachtrag zum Brockhaus ABC der Naturwissenschaft und Technik“)

Unter Weltraumfahrt — auch Astronautik genannt — versteht man die Fortbewegung ferngesteuerter unbemannter oder bemannter Flugzeuge geeigneter Konstruktion (Raumschiffe) durch den Weltraum, d. h. den Raum oberhalb der Atmosphäre der Erde zwischen den Planeten, mit dem Ziel, diesen Raum und die benachbarten planetarischen Körper (Mond, Venus, Mars, Planetoiden) in den Lebens- und Einflußbereich des Menschen einzu-beziehen.

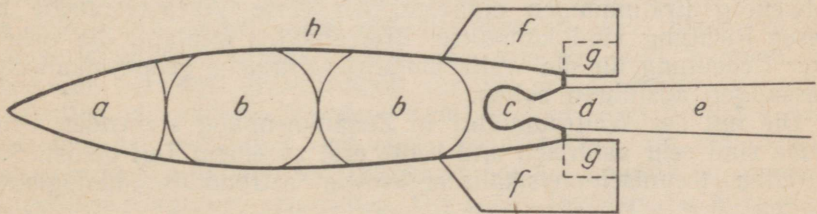


Abb. 1

Schematische Darstellung einer einstufigen Startrakete: a Nutzlastraum, b Kraftstoffbehälter, c Brennkammer (Ofen), d Lavaldüse, e Feuerstrahl, f Flossen, g Ruder, h Mantel.

Vorbedingung für die Weltraumfahrt ist es, das Schwerkraftfeld der Erde und der Sonne durch Beschleunigung der Flugzeuge auf Geschwindigkeiten von 8—17 km/sec zu überwinden. Erreichbar sind die erforderlichen Geschwindigkeiten durch den Antrieb mit Raketenmotoren (Reaktionsmotoren), die den Rückstoß gemäß dem dritten Bewegungsgesetz von Newton¹ (1687) ausnutzen. Das Raketenprinzip wirkt nicht nur im luftgefüllten, sondern auch im leeren Raum, ist somit die Grundlage jeglicher spontaner Bewegung im Weltall. Die Bewegung mit Überschallgeschwindigkeit erfordert für die von der Erdoberfläche startenden Flugzeuge einen Mantel mit kegelförmiger Spitze sowie Flossen und Ruder mit Überschallprofilen. (Abb. 1). Mantel und Flossen müssen genü-

¹ s. Seite 6.

gend starr sein, um dem großen Luftwiderstand, besonders beim Überschreiten der Schallgeschwindigkeit, standhalten zu können.

Für die eigentliche Weltraumfahrt, also die Fahrt im Weltraum selbst, sind Raumschiffe leichter Bauart vorgesehen, da im interplanetaren Raum nur der wesentlich geringere Trägheitswiderstand auftritt. Diese eigentlichen Raumschiffe können aber nur außerhalb der Erdatmosphäre zusammengebaut werden. Zu diesem Zwecke ist es nötig, jenseits der abbremsend wirkenden Lufthülle der Erde eine Raumschiffswerft in Gestalt einer Weltraumstation

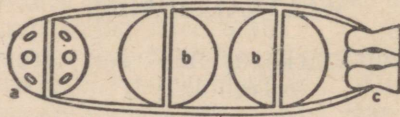


Abb. 2. Schematische Darstellung eines Raumschiffes: a Kabine, b Kraftstoffbehälter, c Öfen (Brennkammer).

einzurichten, die gleichzeitig als physikalisch-technisches Forschungslaboratorium und als astrophysikalisches Observatorium von größter wissenschaftlicher Bedeutung sein wird. Vor dem ersten Start bemannter Raumschiffe müssen unbemannte Raketen notwendig Erkundungen einholen. Als erste Vortastversuche in dieser Richtung sind künstliche Erdtrabanten geplant, die neben ihrer Bedeutung für die Weltraumfahrt zahlreiche geophysikalische Messungen ausführen sollen.

Die mit der Weltraumfahrt in Zusammenhang stehenden Probleme sind sehr zahlreich und heute erst zu einem Teil gelöst. Sie betreffen technisch-physikalische sowie astronomisch-biologische Fragen.

WOHLBEHALTEN AUS DEM „WELTALL“ ZURÜCK INTERVIEW MIT DEN RAKETENHUNDEN — ZWECK UND ZIEL DER KOSMISCHEN EXPERIMENTE MIT TIEREN

(„Der Morgen“, 15. März 1957)

Die jüngsten Erfolge der Raketenforschung lassen keinen Zweifel mehr daran bestehen, daß sich der Mensch schon sehr bald, wahrscheinlich schon in den nächsten zehn Jahren, die technischen Voraussetzungen, die nötig sind, um in den Weltraum vorzustoßen, geschaffen haben wird. Die noch offenen technischen Probleme bieten, nach Ansicht fast aller Fachleute, keine unüberwindlichen Schwierigkeiten mehr. Eine andere Frage ist aber, ob der Mensch als lebendiger Organismus die biologischen und medizinischen Schwierigkeiten bewältigen kann, die sich bei dem Versuch, in einen Teil der Welt einzudringen, für den er von Natur aus nicht geschaffen ist, ergeben werden. Kein Wunder, daß Biologen und Mediziner seit geraumer Zeit eifrig bemüht sind, die mit diesem vielleicht problematischsten Teilgebiet der Astronautik zusammenhängenden Fragen zu erforschen. Die große Problematik ihrer Forschungen liegt darin, daß sie alle einschlägigen Untersuchungen ja eigentlich im Weltraum selbst vornehmen müßten, was ihnen jedoch eben nicht möglich ist.

Im wesentlichen sind es fünf fragwürdige Punkte die den Raumfahrtmedizinern und -biologen Kopfzerbrechen machen. Erstens muß die Wirkung von großen Beschleunigungen auf den menschlichen Organismus untersucht werden, zweitens gilt es, die günstigsten „klimatischen“ Verhältnisse für Raumschiffkabinen zu ermitteln, drittens müssen die Wirkungen der Schwerelosigkeit erforscht, viertens die Einflüsse der verschiedenen Weltallstrahlungen genau untersucht und fünftens die psychologischen Reaktionen, die beim Flug im freien Weltraum zu erwarten sind, festgestellt werden.

Auf die Fragen, welche die ersten beiden Punkte betreffen, liegen schon hinreichend viele wissenschaftlich gut fundierte Antworten vor. Versuche mit Zentrifugen, Raketenschlitten und Überschallflugzeugen gestatteten eingehende Untersuchungen, die sichere Rückschlüsse auch auf die Verhältnisse beim Weltraum-

flug zulassen. Schlechter steht es um die Problematik der übrigen Punkte. Ein Zustand der Schwerelosigkeit ist beispielsweise in Erdnähe technisch nur für wenige Sekunden zu bewirken. Man hat Untersuchungen im Sturzflug angestellt; da aber sehr bald der Luftwiderstand auf das Flugzeug bremsend einwirkt, wodurch sofort wieder ein Schwerezustand auftritt, kommen für die Untersuchungen nur allzu kurze Augenblicke in Betracht. Wie wichtig jedoch Untersuchungen über längere Zeiträume hinweg wären, kann man ermessen, wenn man bedenkt, welch unangenehmes Gefühl uns schon beim Anfahren eines abwärtsgleitenden Fahrstuhls überkommt. Dabei tritt ein sogenannter Entspannungsreflex auf, der eine Muskelerschlaffung bewirkt, die — was man noch nicht weiß — bei längerer Dauer für den Menschen eventuell unerträglich werden kann.

Am allerschlechtesten steht es um die Forschung der Fragen, die unter die letzten zwei Punkte fallen. Hierüber liegen bisher nur sehr dürftige Untersuchungsergebnisse vor. Die Wirkungen der im Weltall vorkommenden Strahlungen kann man schließlich nur an Objekten untersuchen, die den Weltallstrahlungen ausgesetzt worden sind. Und die psychologischen Reaktionen, die beim Flug durch das Weltall auftreten, kann man praktisch überhaupt nur im Weltall selbst feststellen.

Um Antworten auf wenigstens einen Teil der offenen Fragen zu erhalten, haben sich die Wissenschaftler entschlossen, zunächst einmal Versuchstiere sozusagen als Vorhut mit Großraketen ins Grenzgebiet des Weltalls zu schicken. Amerikanische Wissenschaftler haben Mäuse und kleine Affen als erste „Passagiere“ auf Raumfahrt gesandt, und nun haben — wie gemeldet — sowjetische Wissenschaftler bekanntgegeben, daß auch Hunde bereits 110 Kilometer hoch über der Erde waren und wohlbehalten aus dem „Weltall“ zurückgekehrt sind. Allen Tierfreunden, die sich nur schweren Herzens mit dem Gedanken vertraut machen können, daß man bei derartigen Experimenten lebende Tiere einem ungewissen Schicksal aussetzt, sei an dieser Stelle gesagt, daß die Wissenschaftler keineswegs etwa versuchen, sich ihre Aufgaben durch Experimente mit Tieren leichtzumachen. Wieweit sich Raketenforscher oft selbst für gefährliche Versuche einsetzen, mag das Beispiel des amerikanischen Raumfahrtspezialisten Dr. med. Stapp zeigen, der — wie Heinz Mielke in seinem Buch „Der Weg ins All“ berichtet — wohl schon in übertriebener Weise am eigenen Leibe Beschleunigungsversuche von geradezu tollkühnen Ausmaßen unternommen hat. Er benutzte dazu einen Raketenschlitten, der aus einer Geschwindigkeit von 1000 km/st (!) in 1 bis 2 Sekunden in einem Wasserbecken zum Halten gebracht wurde, wodurch eine sogenannte „Bremsbeschleunigung“, die in ihrer Wirkung der einer „Startbeschleunigung“ gleich ist, von 35 g erzielt wurde. Das heißt, daß der Wissenschaftler für Sekundenbruchteile mit einem Gewicht von 2700 kg in seiner Anschnallvorrichtung hing! Eine Fachzeit-

schrift für Raketentechnik und Weltraumflug berichtete über dieses selbstmörderische Unternehmen lakonisch: „Sobald das rasende Vehikel steht, steigt der Forscher, der sein eigenes Versuchskaninchen ist, leicht schwankend vom Sitz und stellt fest, welche Knochen kaputt sind, ob in der Netzhaut der Augen ein Bluterguß aufgetreten ist und ob sich der Kopf noch an der richtigen Stelle befindet. Manchmal bekommt er Kopfschmerzen, die mehrere Tage anhalten und im Versuchsprotokoll registriert werden, und nach einem besonders scharfen Versuch konnte er zwölf Wochen lang kaum noch etwas sehen.“

Derartigen an das Unsinnige grenzenden Selbstversuchen gegenüber sind die Experimente mit Tieren, wie sie von sowjetischen Wissenschaftlern geschildert werden, wohl auch von jedem Tierfreund zu vertreten. In der Zeitschrift „Trud“ berichtete K. Raspewin kürzlich ausführlich über die Vorbereitungen der Raketenflüge und den Verlauf der Experimente, die in zwei Etappen durchgeführt wurden.

Die Versuche in der ersten Etappe wurden mit neun Hunden durchgeführt. Zwei Monate lang wurden sie allmählich an ihre Schutzanzüge gewöhnt. Für den Flug wurden schließlich nur Tiere ausgewählt, die in den letzten sieben bis zehn Tagen einen dreistündigen Aufenthalt im Schutzanzug und alle langwierigen Experimente in der Luftdruckkammer eines Flugzeuges und in der eigentlichen Rakete auf dem Prüfstand ruhig überstanden hatten. Ständig wurden von den Tieren Elektrokardiogramme aufgenommen, sie wurden durchleuchtet und ihre Nahrungsreflexe sorgfältig untersucht.

Für ihren ersten Weltraumflug wurden die Tiere im hermetisch abgeschlossenen Kopfteil einer Mehrstufenrakete untergebracht, die drei Minuten vor Sonnenaufgang gestartet wurde und mit Geheul und Getöse 100 Kilometer hoch in die Ionosphäre raste. Während des Fluges wurden die Tiere von eingebauten Kameras automatisch gefilmt. Meßgeräte registrierten ihre Puls- und Atemtätigkeit und ihre Körpertemperatur. Auf diese Weise konnte festgestellt werden, daß sich das Verhalten der Tiere und ihr Zustand während des Fluges kaum veränderten. Es ergaben sich nur geringe Abweichungen der Pulsfrequenz und kleine Unregelmäßigkeiten in der Atemtätigkeit, die Körpertemperatur blieb gleichmäßig.

Aus der Höhe von 100 Kilometern kehrte der Kopfteil der Rakete mit den Hunden an einem Fallschirm sicher zur Erde zurück. Nach der Landung verhielten sich die Tiere völlig normal, sie fraßen Zucker, und wenig später spielten sie bereits wieder miteinander. Selbst nach einem zweiten Fluge konnten im Organismus der Tiere keine Veränderungen festgestellt werden, auch ihre bedingten Reflexe blieben voll erhalten.

In der zweiten Etappe der Versuche, an denen zwölf Hunde beteiligt waren, hatte man im Kopfteil der Rakete zwei Katapultsitze eingebaut, auf die man je ein Tier mit seinem Schutzanzug festge-

schnallt hatte. Bei diesen Versuchen stiegen die Kopfteile der Raketen 110 Kilometer hoch und stürzten dann im freien Fall durch den Raum zur Erde zurück. In etwa 80 Kilometer Höhe wurde einer der beiden Katapultsitze mit einer Geschwindigkeit von 700 Metern in der Sekunde aus dem Raketenkörper herausgeschleudert. Drei Sekunden später öffnete sich der Fallschirm. Eine Stunde lang schwebte das eine Versuchstier auf diese Weise durch die oberen Schichten der Atmosphäre und war dabei allen Einwirkungen der dort auftretenden kosmischen Strahlungen ausgesetzt, ohne Schaden zu nehmen.

Der zweite Katapultsitz löste sich erst in 30 bis 50 Kilometer Höhe aus dem Kopfteil der Rakete und stürzte mit dem Hund weiter im freien Fall bis in eine Höhe von nur drei bis vier Kilometern. Erst dann öffnete sich automatisch der Fallschirm. Auch bei diesen Versuchen, die mehrmals mit jeweils zwei Hunden ausgeführt wurden, ist keins der Tiere umgekommen.

Als K. Raspewin das sowjetische Raketenversuchsfeld besuchte, um Albina und Kosjawka, zwei der ersten „Weltraumbummler,“ zu interviewen, wedelten sie ganz fröhlich mit ihren Schwänzen und machten schön, um sich ein Stückchen Zucker zu erbetteln. „Ich bin etwas enttäuscht“, meinte Raspewin, „die berühmten Raketenhunde sind völlig normale, durch nichts auffallende Stubenhunde. Als ich mich von ihnen verabschiedete, bellten sie mir hinterher wie alle anderen Hunde auch!“

INTERVIEW MIT KES

(„Junge Welt“, 9./10. Februar 1957)

Während des Internationalen Geophysikalischen Jahres¹ wird ein großes Ereignis stattfinden: In der Familie unseres Planeten, die zur Zeit aus Mond und Erde besteht, erwartet man Zuwachs...

Unser Sonderkorrespondent beschloß, in diese bereits nahe Zukunft einen Blick zu werfen und mit dem neuen Satelliten der Erde ein Interview zu machen. Der Satellit befindet sich zur Zeit noch auf den Zeichen- und Entwurfsbrettern, wird aber bald am Himmelsgewölbe auftauchen. Hier das Stenogramm des Interviews:

„Bevor ich das Interview beginne, möchte ich gern erfahren, ob Sie ein so abgekürzter Name: 'KES' nicht beleidigt?“

„O nein, keineswegs. Noch wissen nicht alle, was 'KES' ist. — Es bedeutet Künstlicher Erdsatellit.“

„Wir hätten gern ein Foto von Ihnen veröffentlicht. Könnten Sie es uns nicht schenken?“

„Das ist verhältnismäßig schwierig. Ich weiß selbst noch nicht genau, wie ich aussehen werde. Die einen entwerfen mich in Form einer Kugel von der Größe eines Basketballes. Die anderen verleihen mir eine zylindrische Form. Für mich persönlich ist wohl die Kugelform angenehmer: Ich werde weniger der Reibung ausgesetzt sein und dadurch länger leben. Doch auch für Sie wird eine solche Form meiner Meinung nach mehr Nutzen bringen. Die Wissenschaftler können dann, wenn sie mich mit den Teleskopen und Funkpeilanlagen beobachten, genaue Fakten über die Luftdichte in jenen Höhen erhalten, in die ich mich begeben werde. Deshalb schenke ich ihnen eben dieses Bild, wo ich in Form einer Kugel abgebildet bin. Höchstwahrscheinlich werden wir aber mehrere Satelliten am Himmel sein. Denn die Wissenschaftler stellen den KES so viele Aufgaben, daß ich ihrer allein einfach nicht gerecht werden kann.“

„Welche Aufgaben sind das?“

¹ Das Internationale Geophysikalische Jahr begann am 1. Juli 1957 und dauert bis zum 31. Dezember 1958. Aufgabe dieser bisher größten internationalen Forschungsunternehmens ist in erster Linie die weitere Aufhellung der Zusammenhänge und Wechselwirkungen zwischen Sonnen- und Erdgeschehen.

„Oh, das sind so viele, daß mir einfach der Kopf davon schwirrt. Werde ich doch in die höchsten Schichten der Atmosphäre fliegen, über die wir beinahe nichts wissen. Natürlich waren bereits einzelne Raketen dort, sie warfen aber nur für einige Sekunden einen Blick dorthin. Ich denke aber, mich mehrere Monate dort oben aufzuhalten, indem ich mich auf der elliptischen Flugbahn rund um die Erde bewege. Dabei nähere ich mich ihr bald auf eine Entfernung von ungefähr 400 Kilometern, bald entferne ich mich auf 1300 Kilometer von der Erdoberfläche. Und die ganze Zeit, solange die Energie für die Speisung meiner Radiostation ausreicht, werde ich Ihnen erzählen, was ich auf meinem Weg empfinde und antreffe. Es wird ein schwieriger Flug werden.“

„Weshalb? Was schreckt Sie?“

„Die völlige Ungewißheit. Denn wir leben zusammen auf dem Boden eines Luftmeeres, das die Erde vor vielen kosmischen Katastrophen schützt. Was aber erwartet mich dort oben? Eisiger Frost der interplanetaren Räume oder eine höllische Hitze, die 3000 Grad erreicht? Die Wissenschaftler streiten sich darüber, aber ich muß auf alles bereit sein. Die Konstrukteure müssen sich den Kopf darüber zerbrechen, welche Kleidung mir am besten stehen wird — eine aus Stahl, Aluminium oder vielleicht aus Kunststoff ...

Denn ich muß unter so ungewöhnlichen Bedingungen arbeiten wie sie in keinem einzigen Laboratorium auf der Erde geschaffen werden können. Die Wissenschaftler vermuten, daß in den oberen Schichten der Atmosphäre eine chemische Verbindung existiert, die auf der Erde in freier Form unbekannt ist — die Hydrosäure OH. Sie bildet sich angeblich unter dem Einfluß der ultravioletten und Röntgenausstrahlung der Sonne. Denn nur dort kann man diese Formen der Sonnenausstrahlung studieren. Die Erdoberfläche erreichen sie nicht. Und die Wissenschaftler äußern den Verdacht, daß gerade die ultravioletten Ausstrahlungen und die von der Sonne ausgeschiedenen Röntgenstrahlen die Ionisierung hervorrufen und dabei die obere Schicht der Lufthülle der Erde — Ionosphäre — bilden.

Wir wissen noch sehr wenig um die elektrischen Ströme in der Ionosphäre. Wie beeinflussen sie den magnetischen Erdpol? Um dies zu erfahren, werde ich Spezial-Magnometer mitnehmen. Ich bemühe mich, Ihnen bei der Enträtselung des Geheimnisses der Magnetstürme und der Polarlichter zu helfen. Ich will nicht prahlen, aber gerade mir fällt die Ehre zu, zum erstenmal einen Blick in die interplanetaren Räume zu werfen, die durch den unsichtbaren Schild der Erdatmosphäre allen unseren Wissenschaftlern verborgen sind.

Ich werde bestimmt auf Meteoriten stoßen, deren so viele in die Erdatmosphäre eindringen. Ehrlich gesagt, wird dies eine wenig angenehme Begegnung sein, und ich fürchte sie auch ordentlich.“

„In der Tat, viele gefährliche Abenteuer warten auf Sie.“

„Ich weiß, wem ich entgegengehe. Ich kehre ja nicht zur Erde zurück. In dem Augenblick, wo mich die zusammengesetzte Drei-

stufenrakete, die nacheinander ihre verbrauchten Teile verliert, in eine Höhe von ungefähr 400 km schleudern wird, wird mein Lied bereits zu Ende gesungen sein. Sie werden meinen Bericht nur über Radio hören (das wird ihnen übrigens auch sehr nützlich sein beim Studium der Gesetze von der Verbreitung der Radiowellen). Ich werde mit ihnen solange sprechen, bis meine Batterien versiegen. Danach werde ich für immer verstummen, wobei ich allmählich an Geschwindigkeit verliere und solange falle, bis ich durch die Reibung restlos verbrenne."

„Kann man Sie mit dem Teleskop oder dem unbewaffneten Auge sehen?"

„Man kann, aber nur für eine kurze Zeit. In der Nacht wird mich die Dunkelheit verbergen, und bei Tage werde ich ebenso nicht sichtbar sein, wie die Sterne in dem Schein des von der Atmosphäre zerstreuten Sonnenlichts. Man wird mich nur zweimal am Tage erblicken können: In der kurzen Zeitspanne der Morgen- und Abenddämmerung."

„Nun, uns verbleibt nur noch, Ihnen, verehrter KES, für das Interview zu danken und Ihnen eine glückliche Reise in das Unge- wisse zu wünschen. Auf ein baldiges Wiedersehen an unserem Himmelszelt!"

SOWJETISCHER ERDSATELLIT IM WELTRAUM

(„Wochenpost,“ 12. Oktober 1957)

Am 4. Oktober 1957 haben sowjetische Forscher mit Hilfe einer Mehrstufenrakete den ersten künstlichen Satelliten der Erde erfolgreich aufgeschossen und in seine Bahn gelenkt, die der Miniaturmond seither in einer Höhe von 900 km an der Grenze zwischen Atmosphäre und Weltraum durchläuft. Der sowjetische Satellit besitzt einen Durchmesser von 58 cm und ein Gewicht von 83,6 kg. Mit der unvorstellbaren Geschwindigkeit von rund 29000 Stundenkilometern umrast diese kleine Kugel in anderthalb Stunden die Erde.

* * *

Die Welt hält den Atem an. Der Mensch hat einen künstlichen Weltkörper geschaffen, der sich nicht nach den Regeln der Flugtechnik, sondern nach kosmischen Gesetzen um die Erde bewegt, und der dabei keine inhaltlose Kugel darstellt, sondern der ein kompliziertes Laboratorium mit sich führt. Obwohl sich mit dem Gelingen dieses kühnen Projektes des Menschen ein alter Traum verwirklicht hat, so handelt es sich bei dem künstlichen Erdsatelliten doch nicht um ein Experiment, das um seiner selbst willen gerade jetzt ausgeführt wurde, sondern um die Realisierung eines seit einigen Jahren fest umrissenen Programmpunktes der Forschungsarbeiten im Internationalen Geophysikalischen Jahr 1957/58, die der Wissenschaft in allen Ländern der Erde die Aufgabe stellen, Zusammenhänge zwischen Weltall und Erde bis zu den letzten Konsequenzen mit allen Mitteln der modernen Technik zu untersuchen.

In diesem vielfältigen Forschungsvorhaben der Wissenschaft galt das Satellitenprojekt zunächst als problematisch, zumal Vorversuche nicht bekannt geworden waren. Von vornherein stand deshalb fest, daß die Weltöffentlichkeit eines Tages vor vollendeten Tatsachen stehen würde; denn ein Probeflug des Satelliten ließ sich im Grunde genommen gar nicht durchführen, da das Projekt nur zwei Möglichkeiten kannte: Gelingen oder Versagen. Und es ist gelungen! Die Sowjetunion, die sich neben den USA seit Jahren um das Satellitenprojekt bemühte, hat im Ringen mit den technischen Erfordernissen und den Gesetzen der Natur den Sieg davongetragen und damit das Zeitalter der kosmischen Flüge eröffnet, das den Menschen triumphierend über Raum und Zeit erhebt und vor aller Welt und ent-

gegen allen pessimistischen Vorbehalten offen darlegt, daß der menschlichen Erkenntnis keine Grenzen gezogen sind.

Wir wollen uns hier nicht mit den technischen Entwicklungen und Notwendigkeiten beschäftigen, die dem Satellitenflug vorangegangen sind, sondern einige Aufgaben herausgreifen, die dem Satelliten und seinen komplizierten Einrichtungen von der Wissenschaft gestellt sind.

Am Himmel ein Bogen

Für alle davon berührten Probleme und Fragen ist die Kenntnis der genauen Bahn und ihrer Veränderungen eine der wichtigsten Voraussetzungen. Beim Start kann dem Satelliten nur seine Richtung und durch das Steigvermögen der Rakete seine Höhe und Geschwindigkeit zugewiesen werden. Sobald er aber die Obhut der letzten Raketenstufe verlassen hat, ist er zu einem selbständigen Himmelskörper geworden, der dem Anziehungsbereich der Erde zwar nicht entrückt ist, sondern sich ebenso wie der große Erdmond in einer Bahn um die irdische Planetenkugel bewegt, in der er mit den technischen Möglichkeiten des Menschen nicht mehr beeinflußt werden kann. Er folgt viel mehr seiner ihm „aufgezwungenen“ Bahn so lange, bis eine störende oder hemmende Kraft auf ihn einwirkt und dadurch Änderungen seiner Bahn verursacht.

Beispiele hierfür bieten sich in der Welt der Sterne in vielfältiger Weise dar. So beschreiben die Planeten im Sonnensystem zwar elliptische Bahnen, allein untereinander stören sie sich doch vermöge der gegenseitig wirksamen Anziehungskräfte in einer Weise, daß die sich daraus ergebenden geringfügigen Bahnveränderungen bei der Vorausberechnung des Planetenlaufs Berücksichtigung finden müssen. Ähnliches gilt auch für den Mond, dessen Bewegungen um die Erde zu den kompliziertesten Beispielen der Himmelsmechanik gehören, zumal die Ursachen seiner Bahnstörungen nicht restlos geklärt sind. Dies ist der Grund, weshalb die Astronomen die Bewegung des Mondes auch heute noch genauestens verfolgen.

Zur Sicherung der Bahn des künstlichen Erdsatelliten sind ständige Beobachtungen in Verbindung mit Fixsternen erforderlich. Zu diesem Zweck ist ein besonderes Beobachtungsnetz errichtet worden, an dem auch Liebhaberastronomen mitwirken. Die Schwierigkeiten solcher Beobachtungen liegen aber darin, daß der Satellit angesichts seiner geringen Dimension am Himmel nur als schwaches Sternchen erscheint, dessen Helligkeit an der Grenze der menschlichen Sehschärfe liegt. Seine kleine Kugel ist ja nicht selbstleuchtend, sondern nur im reflektierten Sonnenlicht zu erkennen. Infolgedessen kann er nur in der Morgen- und Abenddämmerung mit Hilfe eines Feldstechers gefunden werden, wenn die Erde bereits in Dunkelheit getaucht ist, die Satellitenkugel aber von den Strahlen

der unter dem Horizont stehenden Sonne getroffen wird, sofern zu dieser Zeit die Bahn des Satelliten über den Beobachtungsort verläuft. Erschwerend für die Beobachtung ist jedoch, daß es sich bei dem Satelliten um ein schnell bewegtes Objekt handelt, das in der Sekunde am Himmel einen Bogen von 1 Grad (das ist der doppelte Vollmonddurchmesser) zurücklegt.

Die durch Beobachtungen annähernd festgelegte Bahn des Satelliten läßt sich mit Hilfe von elektronischen Rechenmaschinen unter ständiger Kontrolle halten und zuverlässig für jeden Zeitpunkt vorausberechnen, so daß fotografische Spezialkameras in vielen Ländern der Erde auf bestimmte Bahnpunkte schon vorher eingestellt werden, um den Durchgang des Satelliten durch ihr Gesichtsfeld festzuhalten.

Blick aus der Höhe

Man wird die Frage stellen: Warum das alles? Nun, neben der angestrebten Sicherung der Satellitenbahn und den gleichzeitig festgestellten Störungen ergeben sich daraus wichtige Rückschlüsse auf die Eigentümlichkeiten der Erde. Unser Planet ist ja keine genaue Kugel; er ist um den Äquator herum ausgebuchet und infolgedessen an den Polen abgeplattet. Derartige Ungleichförmigkeiten der Erdkugel bilden eine der wesentlichsten störungsquellen der Satellitenbahn, so daß sich umgekehrt aus der Beobachtung der Satellitenbewegung sehr genaue Bestimmungen der Gestalt und Größe der Erde herleiten lassen, die zuverlässigere Werte ergeben, als sie bisher verfügbar waren. Weitere Einwirkungen auf die Satellitenbahn ergeben sich aus der Massenverteilung in der Erde, die wiederum die Massenanziehung bestimmt. Und da die Massenverteilung geographischen Schwankungen unterliegt, können aus den in der Satellitenbewegung sich auswirkenden Einflüssen gewisse Rückschlüsse auf die Zusammensetzung der Erdkruste gezogen werden.

Alle in dieser Weise auftretenden Störungen der Satellitenbahn haben in ihren schließlichen Konsequenzen zur Folge, daß sich der Satellit langsam der Erde nähert. Er verliert also an Höhe und taucht dabei in dichter werdende Luftschichten ein, die auf die Bewegung wiederum einen bremsenden Einfluß gewinnen, so daß sich daraus neue Bahnänderungen und weitere Annäherungen an die Erde ergeben, aus denen sich Bestimmungen der atmosphärischen Dichten herleiten lassen, die anderweitig bisher nur schwierig zu gewinnen waren oder als völlig unbekannt galten.

Auf solche Weise wird der künstliche Erdsatellit zu einem neuen und wichtigen Forschungsmittel der Wissenschaft, der außerdem noch, wie schon erwähnt wurde, mit einem Miniaturlaboratorium ausgestattet ist, das automatisch bestimmte Messungen über den Satellitensender zur Bodenfunkstelle zu übermitteln vermag.

Als Feuerkugel

Von besonderem Interesse ist dabei die Temperatur, die im Innern und an der Außenwand des Satelliten auftritt. Die Außenhülle ist aus einem Kunststoff hergestellt, der infolge der starken Luftreibung in tieferen atmosphärischen Schichten verbrennt und den Satelliten dabei als Feuerkugel aufleuchten läßt. Die Temperaturen während seines Verweilens in der äußeren Bahn sind aber bestimmt durch die Eigenwärme der Geräte und die aufgenommene Sonnenenergie. Mit Hilfe von Thermometern lassen sich hier keine Messungen ausführen. An ihrer Stelle werden Metalloxydkristalle verwandt, deren elektrischer Widerstand sich ändern kann, sobald die Temperatur Schwankungen zeigt. Der meßbare Temperaturbereich liegt zwischen -130° und $+150^{\circ}$ C. Da sich die Schwankungen der elektrischen Widerstände messen lassen, gelangen sie über den Sender zur Bodenstation.

Andere Vorhaben beziehen sich auf die Beobachtung des Ultraviolettpektrums der Sonne, das durch die Atmosphäre unwirksam gemacht wird und deshalb nur an der Grenze der irdischen Luft-hülle nachweisbar ist.

Ein Meteorkonzert

Es gilt aber auch, die durchschlagende kosmische Strahlung, bestimmte Zustände in den oberen Stockwerken der Ionosphäre und das Verhalten eindringender meteoritischer Partikel in die Hochatmosphäre zu messen. Die Gesamtmasse des täglich in die Atmosphäre der Erde einströmenden kosmischen Staubes wird auf 1000 Tonnen geschätzt. Jedoch ist über die Verteilung und Dichte jener Stoffe an der Grenze der Erdatmosphäre, also im außerirdischen Raum, bisher nur sehr wenig bekannt.

Außerdem sollen größere Meteorpartikel (etwa von 0,1 mm an) mit Spezialmikrophonen „belauscht“ werden, bei denen jeder „Treffer“ ein Knacken verursacht, so daß vom Satelliten ein förmliches „Meteorkonzert“ zur Erde übertragen werden kann.

Das kühne Fernsehauge

Eine große Perspektive der neuen Forschung tut sich hier vor unserem Auge auf. Dem ersten Satelliten werden weitere folgen. Die gesammelten Erfahrungen werden zu neuen Fragen und deren Lösungen zu neuen Erkenntnissen führen, die für die weitere Entwicklung der Natur- und Weltallforschung von größtem Wert sein werden. Einst werden die Satelliten größere Höhen erreichen, ihre Bahnen werden stabiler und die Nutzeffekte günstiger und dauerhafter sein. In ihrem inneren Triebwerk werden von Sonnen- und Kernenergie gespeiste Kraftwerke leistungsfähigere Sender versor-

gen, so daß die Übermittlung von Meßwerten zuverlässiger wird. Und schließlich werden künftige Satelliten Fernsehkameras tragen, die sowohl auf die Erde als auch auf den Himmel gerichtet werden können. Das zur Erde gewandte Fernsehauge wird weite Räume der Atmosphäre überblicken und die sich darin abspielenden Wettervorgänge in dem Sinne zu durchdringen gestatten, daß eine zuverlässige Vorhersage von Witterungserscheinungen ermöglicht wird, während das zu den Sternen gewandte Fernsehauge neue astronomische Meßwerte vermittelt, die dem Astronomen bisher nicht zugänglich waren.

Das ist fürwahr der Anfang einer neuen menschlichen Epoche, eines Zeitalters der Wissenschaften und der Naturbeherrschung, das sich eine frühere Generation des Menschengeschlechts nur erträumen konnte. Schätzen wir uns glücklich, Zeuge dieses Beginns zu sein, und wirken wir alle gemeinsam dahin, daß diese Erfolge dem Wohle des Menschen immer dienen!

SÖNASTIKUS TARVITATUD LÜHENDID

A	—	Akkusativ
adj	—	adjektiiv, omadussõna
adv	—	adverb, määrsõna
D	—	Dativ
e.	—	ehk
etw.	—	etwas
f	—	feminiinne, naissugu
füüs.	—	füüsika
G	—	Genitiv
jm.	—	jemand
keem.	—	keemia
konj	—	konjunktsioon, sidesõna
kõnek.	—	kõnekeelne
lüh.	—	lühend
m	—	maskuliinne, meessugu
mat.	—	matemaatika
med.	—	meditsiin
mäend.	—	mäendus
n	—	neutrum, kesksugu
pl	—	pluural, mitmus
s	—	konjugeeritav abiverbiga „sein”
sg	—	singular, ainsus
tehn.	—	tehnika
vi	—	verbum intransitivum
vt	—	verbum transitivum
v.	—	või;

SELETAVAID MÄRKUSI

1. Kogu saksakeelne sõnavara on antud tähestikulises järjekorras. Siinjuures on **B** võrdsustatud **ss**-ga ja **ä, ö, ü**, vastavalt **a, o, u**-ga, näit.:

messen	Betracht
Meßgerät	beträchtlich
Messing	betragen

2. Kõigil saksakeelsetel nimisõnadel on ära märgitud grammatiline sugu (meessugu *m*, naissugu *f*, kesksugu *n*) näit.:

Meteorit	<i>m</i>	(loe: der Meteorit)
Mine	<i>f</i>	(loe: die Mine)
Muster	<i>n</i>	(loe: das Muster)

3. Saksakeelsete nimisõnade käändeist on antud ainsuse genitiiv ja mitmuse nominatiiv, näit.:

Atom *n* -s, -e (loe: das Atom, des Atoms, die Atome)

4. Juhul kui antud saksakeelse sõna mitmuse vormi ei kasutata, on antud vaid ainsuse nominatiiv ja genitiiv, näit.:

Messing *n* -s,
Gießen *n* -s,

5. Kõigi saksakeelsete tegusõnade juures on ära märgitud, kas on tege-
mist sihilise või sihitu tegusõnaga (*vt*—*verbum transitivum*, sihiline tegusõna;
vi — *verbum intransitivum* sihitu tegusõna), näit.:

fragen *vt*
rasen *vi*

6. Tegusõna taha asetatud (*s*) tähendab, et tegusõna pööratakse abitegu-
sõna „sein“ abil. Kui lühend (*s*) puudub, pööratakse vastavat tegusõna abi-
tegusõnaga „haben“.

7. Reegliparaste tugevate tegusõnade järel on ümarsulgudes ära märgitud
tegusõna põhivormides esinev tüve sisevokaali muutus, näit.:

klingen (*a, u*) *vi* (loe: klingen, klang, geklungen)

8. Erandlikel ja ebareeglipärastel tegusõnadel on põhivormid sõnades välja
kirjutatud, näit.:

auf|stehen (stand auf, aufgestanden).

9. Tegusõna käändeline või eessõnaline rektsioon on toodud ümarsulgudes
tegusõna järel, näit.:

helfen *vi* (D)
sorgen *vi* (für A)

Siinjuures tähendab (D) tegusõna „helfen“ järel, et „helfen“ nõuab daativit,
näit.: ich helfe dir; (für A) tegusõna „sorgen“ järel tähendab, et „sorgen“
nõuab eessõnalist sihitist akusatiivis, näit.: ich Sorge für meinen Bruder.

10. Tegusõnade lahutatavad eesliited on eraldatud püstkriipsuga |, näit.:

aus|laugen
hervor|gehen

11. Sõna grammatiline kuuluvus (näit. *adj, adv, konj*) on kursiivkirjas ära
märgitud vaid siis, kui sõna esineb mitmes grammatilises kategoorias tundu-
valt erinevas tähenduses, näit.:

weiter *adj* laiem, suurem, edaspidine;
adv edasi, kaugemale

je *adv* ikka, alati, kunagi, kumbki;
konj: ~ nach vastavalt (millelegi);
~ ..., desto... mida..., seda...

12. Asendusmärk - asendab saksakeelsete sõnade nimistus märksõna või
märksõna osa selle täheni, mis järgneb sidekriipsule, näit.:

Frau *f* -, -en
Feld *n* -(e)s, -er
Verhältnis *n* -ses, -se

13. Asendusmärk ^z tähendab, et antud märksõna omab mitmuses umlauti,
näit.:

Plan *m* -(e)s, ^ze (loe: der Plan, des Plan(e)s, die Pläne)

14. Asendusmärk ~ asendab saksakeelsetes näitelausetes ja väljendites
märksõna või märksõna osa selle täheni, mis järgneb asendusmärgile ~, näit.:

Kraft *f* -, ^ze...in ~ treten (loe: in Kraft treten)
weiter *adj*...ohne ~es (loe: ohne weiteres)

15. Märk ~ näitab, et märksõna ei kasutata üksi, vaid koos mingi teise
sõnaga, näit.:

imstande : ~ sein

A a

Abart *f* -, -en teisend, teisendlik
Abbau *m* -s, ekspluateerimine, kaevandamine; šaht
ab|brechen (a, o) *vt* ära murdma; maha lõhkuma; *vi* (s) murduma; lõppema; katkema
ab|bremsen *vt* pidurdama
Abdrehen *n* -s, treimine
ab|flachen *vt* lamendama, tasandama
abgeplattet lamendatud, kokku surutud
abgeschlossen kinnine; eraldatud; lõpetatud
ab|lagern *vt* lattu panema; sich ~ ladestuma; sadestuma, settima
Ablauf *m* -(e)s, ^ze äravool; (tähtaja) möödumine
ab|sehen (a, e) *vt* ära nägema; **abgesehen** davon sellele vaatamata, seda mitte arvesse võttes; **es ist noch nicht abzusehen** selle üle ei saa veel otsustada
ab|schließen (o, o) *vt* eraldama; lukustama; lõpetama
Absperrhahn *m* -(e)s, ^ze sulgemiskraan
Abstand *m* -(e)s, ^ze kaugus; vahemaa; erinevus
Abstufung *f* -, -en astendus; varjund
ab|suchen *vt* (läbi) otsima; uurima
ab|ziehen (zog ab, abgezogen) *vt* (von D) ära võtma; ära tõmbama; mat. lahutama; *vi* (s) lahkuma
ab|zweigen *vt* haruliseks tegema, eraldama; sich ~ harunema; eralduma
Achse *f* -, -n telg, ass
Achsenrichtung *f* -, telje siht; in ~ telje sihis
Alge *f* -, -n vetikas
allerhand igasugune, igasugu
Amboß *m* -sses, -sse alasi
Ammoniak *n* -s, ammoniaak
Anblick *m* -(e)s, -e pilk; beim ~ (seda) nähes
an|bringen (brachte an, angebracht) *vt* asetama, paigutama; an etw. ~ millegi külge kinnitama
anderweitig *adj* teine, muu; *adv* mujal, teisel
Anfahren *n* -s, käivitamine
Anflug *m* -(e)s, ^ze (kohale) lend; varjund, kerge kate
angeblich oletatav, arvatav, näilik;
angemessen mõõdukas; kohane

angesichts (G) juuresolekul, nähes; arvestades; ~ **seiner geringen Dimension** arvestades tema väikesi mõõtmeid
an|greifen (i, i) *vt* haarama; kallale tungima; alustama; nõrgestama
Anhänger *m* -s, - pooldaja, poolehoidja; järelveok
Anlage *f* -, -n plaan; asutamine; seadeldis; sisseseadmine; **die ~ der elektrischen Beleuchtung** elektrivalgustuse sisseseadmine
an|läßlich (G) puhul, põhjusel; ~ **des Geburtstages** sünnipäeva puhul
an|legen *vt* panema (millegi külge); ehitama, rajama
an|muten *vi* tunduma, näima; **geheimnisvoll** ~ salapärasena näima
Annahme *f* -, -n vastuvõtmine; palkamine; oletus
an|nehmen (a, o) *vt* vastu võtma; oletama
Anordnung *f* -, -en korraldus; järjestus; paigutus; määrus; **die nötigen ~en treffen** vajalikke korraldusi tegema
Anpassungsfähigkeit *f* -, -en kohanemisvõime
an|regen *vt* algatama; **zu etw. ~** tõuget andma millekski, virgutama
Anreiz *m* -es, -e kihi, tung; õhutus
Antipper *m* -s, - puudutus, tõuge
Ansatz *m* -es, ^z jätk, hoovõtt; kalduvus; alge; sadestus
an|schirren *vt* (vor D) (ette) rakedama
an|schnallen *vt* (an D) pandlaga kinnitama; pannalrihmadega (millegi külge) kinnitama
Anschnallvorrichtung *f* -, -en rihmseadeldis, rihmad (sõitja istme külge kinnitamiseks, *näit.* lennukis)
an|sehen (a, e) *vt* vaatama, otsa vaadata; **als etw. ~** pidama millekski; **er ist als der Schöpfer dieser Methode anzusehen** teda tuleb pidada selle meetodi loojaks
Ansicht *f* -, -en vaade; arvamus; **meiner ~ nach** minu arvates
an|weisen (ie, ie) *vt* õpetama, juhatama; sõltuma; **der Kraftwagen ist auf die Tankstelle angewiesen** auto on sõltuv bensiinijaamast
Anziehungsbereich *m* -(e)s, -e külgetõmbepiirkond, külgetõmbesfäär
Anziehungskraft *f* -, ^z külgetõmbejõud
Atom *n* -s, -e aatom

Atom-Ära *f* -, aatomisajand
Atomaufbau *m* -s, aatomi ehitus
Atomauto *n* -s, -s aatomiauto, aatomi-energia jõul liikuv auto
Atomenergie *f* -, aatomienergia; die **friedliche Anwendung der ~** aatomienergia kasutamine rahulikel eesmärkidel
Atomgewicht *n* -(e)s, -e aatomikaal
Atomkernphysik *f* -, tuumafüüsika
Atomkraftmotor *m* -s, -en aatomimootor, aatomienergia jõul töötav mootor
Atomkraftwerk *n* -(e)s, -e aatomijõujaam
Atomkraftwagen *m* -s, - aatomiauto, aatomienergia jõul liikuv auto
Atomphysik *f* -, aatomifüüsika
Atomzeitalter *n* -s, aatomiajastu
ätzen *vt* söövitama, etsima
aufarbeiten *vt* ümber töötama, ära kasutama; **auf Gold ~** kulla eraldamiseks ümber töötama
Aufarbeitung *f* -, -en ümbertöötamine, töötlemine
auffallen (ie, a) *vi* (s) peale kukkuma; silma torkama
aufhorchen *vi* kuulatama; ~ lassen kuulatama panema; tähelepanu äratama
Auflösung *f* -, -en laialisaatmine; lahutamine; lahus
aufmerksam tähelepanelik; **jm. auf etw. ~ machen** kellegi tähelepanu millelegi juhtima
auffnehmen (a, o) *vt* üles võtma; vastu võtma; endasse imema; **das Studium ~** õppima asumata (kõrgemas koolis)
Aufsehen *n* -s, ülesvaatamine; tähelepanu; kõmu; ~ **erregen** tähelepanu äratama, kõmu tekitama
aufspringen (a, u) *vi* (s) püsti kargama; löhenema
Aufwand *m* -(e)s, toredus, luksus; ~ **an Kosten** kulu, kulutus
aufwerfen (a, o) *vt* üles viskama; **eine Frage ~** küsimust tõstatama
Auge *n* -s, -en silm; **mit dem unbewaffneten ~** palja silmaga
aus|bauchen *vt* mõhutama, kumerdama; **sich ~** mõhkuma, kumerduma
auseinander|klaffen *vi* haiguli lahti olema; haiguli lahti minema
Ausfällung *f* -, -en väljasadestamine; sade; **chemische ~** keemiline väljasadestamine
Ausführung *f* -, -en teostus, läbiviimine; **technische ~** tehniline teostus

Ausgangspunkt *m* -(e)s, -e lähtepunkt
ausgebuchtet välja venitatud
ausgedehnt laialdane; pikk
aus|gleichen (i, i) *vt* tasandama; ühtlustama; õiendama (arvet)
Auskunft *f* -, ^{2e} teade
aus|laugen *vt* leelistama, (välja) leelistama; leetima; *geol.* lahustama
Ausmaß *n* -es, -e ulatus, mõõtmed
ein Strom von den ~en des Golfstromes Golfi hoovuse suurune voolus
Ausrüstung *f* -, -en varustus
aus|scheiden (ie, ie) *vt* eritama; eraldama; välja heitma; kustutama (nimistust); *vi* (s) lahkuma, välja astuma
aus|schließen (o, o) *vt* välja sulgema; kõrvaldama; välja heitma; **sich ~** välistama; mitte osa võtma
Ausschnitt *m* -(e)s, -e väljalõige, lõik; sektor
aussetzen *vt* (D) välja panema; millegi kätte jätma; **den Weltallstrahlung ~** kosmilise kiirguse kätte v. alla panema; **einem ungewissen Schicksal ~** saatuse hooleks jätma
aus|spannen *vt* laiali laotama; pingule tõmbama
aus|strahlen *vt* välja kiirgama, kiirgama; **ein Programm ~** (raadio)programmi saatma
Ausstrahlung *f* -, -en kiirgus
aus|üben *vt* (millegagi) tegelema; **ein Gewerbe ~** töönduse alal tegelema; **Einfluß ~** mõju avaldama
aus|werten *vt* hindama, hinnangut andma; ära kasutama
avancieren *vi* (s) kõrgemale kohale jõudma, edasi jõudma

B b

Bahn *f* -, -en tee; lendjoon, orbiit, trajektor; **die äußere ~ des Satelliten** satelliidi kaugem orbiit
Bahnelektron *n* -s, -en orbiidiline elektron (kindlal orbiidil tuuma ümber tiirlev elektron)
Bahnstörung *f* -, -en orbiidi häire e. häiritus
Bai *f* -, -en (mere) laht
Balken *m* -s, - palk, pruss; kaaluvinn, kaaluõlgpuu; adrapuu; mõhnkeha (ajus)
beanspruchen *vt* nõudma; pretendeerima millelegi
Becken *n* -s, - kauss; bassin; nõgu
bedienen *vt* teenima; käitlema, käsitsema (masinat)

Beeinträchtigung *f* -, -en kahjustus, kahju; õiguserikkumine
befähigen *vt* võimaliseks tegema; õigust andma (kellelegi)
befassen *vt* puudutama, katsuma; **sich ~ (mit D)** tegemist tegema, tegelema (millegagi)
befördern *vt* saatma, kohale toimetama, vedama; kiirendama; soodustama
Begleichung *f* -, -en (võla) tasumine; (tüli) lahendamine *v.* lõpetamine
Begleiterscheinung *f* -, -en kaasnähutus
behaupten *vt* väitma, kinnitama; enda käes pidama; **das Feld ~** võitjaks tulema; **sich ~** püsima, püsima jääma
Behebung *f* -, -en õiendamine; kõrvaldamine
beihilfsmäßig ajutine; hädapärane
beiläufig *adj* juhuslik, muuseas esinev; *adv* muuseas; ligikaudu
Beitrag *m* -(e)s, ^{2e}osa; osamaks; artikkel, kirjutis; panus
beitragen (*u, a*) *vt* (**zu D**) kaasa aitama, soodustama; (*oma*) panust *v.* osa andma
belichten *vt* valgustama; säritama
beliebig mistahes, ükskõik milline; **jeder ~e** kehtahes, igaüks
bemannet *adj* meeskonnaga, mehitatud; **~es Raumschiff** meeskonnaga *e.* mehitatud kosmiline laev
bemühen *vt* vaevama; tülitama; **sich ~** vaeva nägema; püüdma
benötigen *vt* vajama
Beobachtung *f* -, -en vaatlus; jälgimine; tähelepanek; **~en anstellen** vaatlusi teostama; tähelepanekuid tegema
Beobachtungsnetz *n* -es, -e vaatlusjaamade võrk
Berichtigung *f* -, -en õiendus; parandamine
Berufung *f* -, -en kutse, kokkukutsumine; nimetamine
beruhen *vi* (**auf D**) põhinema, rajanema
besagen *vt* ütleva; tunnistama; tähendada
Beschaffenheit *f* -, -en laad, omadus; loomus
bescheiden (*ie, ie*) *vt* (kellelegi) vastata *v.* teatama; **jm. etw. ~** määrata kellelegi midagi; **das ist ihm beschieden** see on tema osa
beschießen (*o, o*) *vt* tulistama, pommitama

Beschleunigung *f* -, -en kiirendus; kiirustus
Beschluß *m* -sses, ^{2s}sse lõpp; otsus; **einen ~ fassen** otsust tegema, otsustama
beschränkt kitsas; piiratud; puudulik
Beschwerde *f* -, -n raskus; vaev; kaebus
beschweren *vt* koormama, vaevama; **sich ~ (über A)** kaebama; kaebust esitama
besessen (*von D*) kurjast vaimust vallatud; täielikult millegi võimuses olev; **von etw. ~ sein** täielikult millegi võimuses olema
besetzen *vt* ääristama (riiet); okupeerima; (ametikohta) täitma; **ein Lehrstuhl war neu zu ~** kateedrijuhataja koht tuli uuesti täita
bestätigen *vt* kinnitama; tõestama; **sich ~** tõestuma, õigeks osutama
bestehen (*bestand, bestanden*) *vt* läbi tegema, sooritama; *vi* olemas olema; maksev olema; püsima; **aus etw. ~** koosnema millestki; **in etw. ~** seisnema milleski
bestehend olemasolev
Bestreben *n* -s, - püüdmine, jõupingutus
betasten *vt* kompama, katsuma; puudutama
Beton *m* -s, -s betoon
Betracht *m* -(e)s, tähelepanu, kaalutus; **in ~ ziehen** arvesse võtma; **außer ~ lassen** tähele panemata jätma
beträchtlich tunduv, märkimisväärne, tähtis
betragen (*u, a*) *vi* moodustama, välja tegema (summana); **sich ~** käituma
betreffen (*a, o*) *vt* tabama; puutuma (millessegi); **was seine Arbeit betrifft** mis tema töösse puutub
betreiben (*ie, ie*) *vt* käima *v.* liikuma panema; käitama; eksploateerima, harrastama
Betrieb *m* -(e)s, -e käitis; (edasi-tagasi) käimine, elevus; tegevus; **in ~ setzen** käiku laskma
betroffen hämmastunult, rabatult
bewältigen *vt* vallutama; taltsutama; jagu saama, toime tulema; **Schwierigkeiten ~** raskustest jagu saama
bewässern *vt* niisutama
bewirken *vt* põhjustama, tekitama; tegema; mõjustama
bezichtigen *vt* süüdistama
beziehen (*bezog, bezogen*) *vt* peale tõmbama; **eine Wohnung ~** korte-

risse elama asuma; eine Universi-
tät ~ ülikooli astuma
beziehungsweise (lüh. bzw.) yōi, vōi
vastavalt, respective
Bienenwabe *f* -, -n (mee-)kärg
Binnensee *m* -s, -n sisejärv
blank läikiv; haljas; paljas
Blei *n* -(e)s, seatina
Blitzableiter *m* -s, - piksevarras
Blitzbahn *f* -, -en välgukanal
Blitzentladung *f* -, -en välkpurge
Bogen *m* -s, - kaar; kõverus; poo-
gen; der elektrische ~ kaarleek
Breite *f* -, -n laius; laiuskraad
Bremsbeschleunigung *f* -, -en pidur-
duskiirendus, kiirendus pidurdami-
sel
Bündel *n* -s, - pundar, koms, kimp,
kubu
Bunsenbrenner *m* -s, - bunseni põleti

D d

dahin|ziehen (zog dahin, dahingezo-
gen) *vi* (s) ära minema, eemal-
duma; ära sõitma
Dampfturbine *f* -, -n auruturbiin
daran küljes, juures; külge, juurde;
ich war drauf und dran... ma
kavatsesin parajasti; es liegt uns
viel ~ see on meie väga tähtis;
wir sind ~ meie käes on kord;
er ist gut ~ tema seisukord on
hea
dar|stellen *vt* näitama, esitama; val-
mistama, kujundama; kujutama
Deckel *m* -s, - kaas, kapsel; müts,
tekkel
Deichsel *f* -, -n vaheais, tiisel
derartig selline, seesugune
deutlich *adj* selge, arusaadav, loetav;
adv selgesti, arusaadavalt; otse-
koheselt, siiralt
Deutung *f* -, -en tõlgitus, interpre-
tatsioon
Dichte *f* -, tihedus; Uran hat die ~
19,1 uraanil on tihedus 19,1
Dichtungskranz *m* -es, ^ze tihendus-
võru, tihendusrõngas
Dielektrikum *n* -s, ..ken isoleeraine,
dielektrik
dienstbeflissen teenistusvalmis
Differenz *f* -, -en diferents, erinevus,
vahe; lahkarvamus
Docht *m* -(e)s, -e taht
Donnerschlag *m* -(e)s, ^ze pikselöök
dreikantig kolmekandiline, kolmetahu-
line
Dreilapper *m* -s, - trilobiit

Dreistufenrakete *f* -, -n kolmeastme-
line raket; die zusammengesetzte
~ kolmeastmeline liitrakett
driften *vi* triivima, ajuma
Düngemittel *n* -s, - väetis
dünn õhuke; peen; kõhn; hõre; ~e
Luft hõre *v.* hõrendatud õhk
düpiieren *vt* narritama, ninapidi veda-
ma
durchdringen (a, u) läbima; läbi im-
utama
Durchmesser *m* -s, - läbimõõt, dia-
meter
durchschlagend läbitungiv
durchschnittlich keskmine
durchweg eranditult, alati; igal pool;
üldiselt; ainult
D-Zug = Durchgangszug *m* -es, ^ze
kiirrong

E e

Edelmetall *n* -s, -e väärismetall
ein|beziehen (bezog ein, einbezogen)
vt kaasa arvama; jm. mit ~ kedagi
kaasa arvama
ein|finden (a, u) : sich ~ tulema,
kohale ilmuma
Einflußbereich *m* -(e)s, -e mõjuala,
mõjusfäär
ein|gehen (ging ein, eingegangen) *vi*
(s) sisse astuma; *vt* (millegagi)
nõustuma; chemische Verbindun-
gen ~ keemilisi ühendeid teki-
tama
eingehend üksikasjaline, täpne
ein|holen *vt* tooma; järele jõudma
ein|klemmen *vt* kinni *v.* vahele pigis-
tama
Einsatz *m* -es ^ze panus (mängus);
(tööle) rakendamine; ~ mächtiger
Maschinen võimsate masinate tööle
rakendamine
einschlägig asjasse pootuv, asja-
omane, vastav
ein|schließen (o, o) *vt* (sisse) sul-
gema; luku taha panema; ümbrit-
sema; (endas) sisaldama; ühes *v.*
kaasa arvama
einschließlich (G, A) ühes *v.* kaasa
arvatud, inclusive
Einschränkung *f* -, -en piiramine;
kitsendus; tingimus
ein|setzen *vt* (sisse) panema; sich ~
sekka astuma (hääle kohta); end
rakendama; sich für gefährliche
Versuche ~ oma elu hädaohtlike
katsete juures mängu panema

ein|stellen *vt* (sisse) panema; teravustama, sättima (pildistamisel)
 ein|stweilen *esialgu; ajutiselt; vahepeal*
 ein|treffen (a, o) *vi* (s) kohale jõudma; täide minema, teostuma
 Einwirkung *f* -, -en *toime, mõjustus, mõju*
 Eisscholle *f* -, -n jääpank
 eklatant *eklatantne, hiilgav, silmapaistev*
 Elektrokardiogramm *n* -s, -e elektrokardiogramm
 Elektron *n* -s, -en elektron (negatiivse elektrilaengu algosake)
 Elektronenapparat *m* -(e)s, -e elektronseade
 Elektroschweißtechnik *f* -, elektrikeevitus, elektrikeevituse tehnika
 eliminieren *vt* elimineerima, kõrvaldama, eemaldama
 Embolie *f* -, -n veresoone topistus, emboolia
 emittieren *vt* emiteerima, liikvele laskma; välja paiskama
 Empfänger *m* -s, - vastuvõtja
 Energieaufwand *m* -(e)s, energiakulud
 Energiebedarf *m* -(e)s, energiatarvidus
 Energiegehalt *m* -(e)s, -e energiaisisaldus
 entgeistert *hajameelne, segane, hämmeldunud*
 enthüllen *vt* paljastama; ilmutama; sich ~ paljastuma; avalduma
 entladen (u, a) *vt* tühjendama, tühjaks laadima; füüs. purgima; sich ~ vabanema; tühjenema, purguma
 entlegen *kauge, kõrvaline*
 entpressen *vt* välja pressima; survest vabastama
 Enträtselung *f* -, -en lahendus
 Entrichtung *f* -, -en tasumine, (maksu) õiendamine
 entrücken *vt* eemaldama; dem Anziehungsbereich der Erde entrückt sein Maa külgetõmbesfäärist eemaldunud olema
 Entspannungsreflex *m* -es, -e lõtvumisrefleks
 entwerfen (a, o) *vt* kavastama, visandama; koostama (plaane, seadusi)
 Entwicklungsstand *m* -(e)s, -e arenemisseisund, arenguaste
 Entwurfsbrett *n* -(e)s, -er projektorimislaud
 erden *vt* maandama
 Erdkruste *f* -, maakera koor, maakoor

Erdoberfläche *f* -, maakera pealispind; maapind
 Erdrinde *f* -, maakera koor, maakoor
 Erdsatellit *m* -en, -en Maa satelliit, Maa kaaslane; künstlicher ~ Maa kunstlik kaaslane
 Erdtrabant *m* -en, -en Maa kaaslane; künstlicher ~ Maa kunstlik kaaslane
 Erdung *f* -, -en maandus
 erfahren (u, a) *vt* teada saama; kogema; eine Schwächung ~ nõrgenema
 erfinden (a, u) *vt* leiutama
 ergeben (a, e) *vt* andma, tõendama; die Berechnungen ~ arvestused näitavad
 ergiebig *saagirikas, produktiivne, tulus*
 ergründen *vt* sügavust mõõtma; põhjalikult uurima; põhjalikult tundma õppima
 erheblich *tähelepanuväärne, tähtis, tunduv*
 Erkenntnis *f* -, -se tunnetus; arusaamine
 Erkenntnistrieb *m* -(e)s, tung tunnetusele; tunnetusjõud
 erleben *vt* elama (mingi ajani); näha saama, läbi elama; kogema
 erleiden (i, i) *vt* kannatama, taluma; eine Umwandlung ~ muudatusi läbi tegema, muutuma
 erliegen (a, e) *vi* (s) (D) nõrkema, alla jääma; einer Krankheit ~ haigusele ohvriks langema
 Ermangelung *f* -, puudumine, puudus; in ~ puudumisel, puudumise tõttu
 ermitteln *vt* üles otsima; üles leidma; välja uurima; avastama; kindlaks tegema
 erspähen *vt* (luurates) teada saama, välja uurima
 erstrecken *vt* ulatama, küünditama; sich ~ ulatuma, küündima
 ersuchen *vt* paluma
 erwägen *vt* kaalutlema
 Erwägung *f* -, -en kaalutus; in ~ ziehen kaalumisele võtma, arvesse võtma
 erwähnen *vt* mainima, nimetama
 Erzeugnis *n* -ses, -se toode, saadus, produkt
 erzielen *vt* eesmärgiks seadma, taotlema; saavutama
 eventuell *eventuaalne, teataval juhul võimalik; olla võib*
 Experimentalvorlesung *f* -, -en loeng demonstatsioonidega
 Explosivkörper *m* -s, - lõhkekeha

F f

Facette *f* -, -n fassett, tahk; lihvitud pinnake
Facettenauge *n* -s, -n fassettsilm, liit-silm
Faden *m* -s, - ja ^z niit, lõng; süld (möötühik)
fahren (u, a) *vi* (s) sõitma; *vt* sõidutama, vedama
Fahrgastwagen *m* -s, - reisiijate veok
Fall *m* -(e)s, ^ze langemine; kosk; häving; juhtum; *von* ~ *zu* ~ juhtjuhult, igaks juhtumiks eraldi
Fallschirm *m* -(e)s, -e langevari
färben *vt* värvima, koloreerima; *sich* ~ värvuma
Farbenleiter *f* -, -n värvide skaala
Farbenzusammenstellung *f* -, -en värvide koostis
fassen *vt* kinni võtma, haarama; raamistama; sisaldama, mahutama; taipama
Feldstecher *m* -s, - (väli)pikksilm, binokkel
ferngesteuert kaugjuhitav, raadio teel juhitav
Feuchtigkeitgehalt *m* -(e)s, -e niiskusesisaldus, niiskuseaste
Feuerwerk *n* -(e)s, -e ilutulestik, tulevärk
Fixstern *m* -s, -e kinnistäht
Flächenblitz *m* -es, -e pinnavälk
Flanke *f* -, -n külj, tiib; *mit* *fliegen-*den ~ *n* lõõtsutavate külgedega, lõõtsutades
Flugbahn *f* -, -en trajektoor, lennutee; lennuväli
Flügel *m* -s, - tiib; tiibklaver
Fluor *n* -s, *keem.* fluor
flußabwärts allajõge, pärivett, jõge mööda alla
Flußarm *m* -(e)s, -e jõeharu
folgerecht, folgerichtig järjekindel, konsekventne
Förderung *f* -, -en edendamine; kiirendamine; transport
Forschungsvorhaben *n* -s, - uurimistööde kava *v.* plaan
Fortpflanzung *f* -, -en paljundamine; levitamine; sigimine
Fracht *f* -, -en veetav kaup; last, koorem, laadung
Fragstellung *f* -, -en küsimuse esitamine; küsimuse asetus; *die Fülle der* ~ *en* küsimuste rohkus
Freie *n* -n, vaba *e.* sundimatu olek; vaba väli; *ins* ~ *gehen* välja *v.* vaba õhu kätte minema
Freileitung *f* -, -en õhkjuhe

Frequenz *f* -, -en frekvents, sagedus
Frist *f* -, -en aeg; tähtaeg
Frontgewitter *n* -s, - frontaaläike
fundieren *vt* fundeerima, rajama; põhjendama
Funkeninduktor *m* -s, - sädeinduktor
funkensprengend sädemeid pilduv
Funkstrecke *f* -, -n sädevahemik; *mit einer stärkeren* ~ suurema sädevahemikuga
Funkpeilanlage *f* -, -n raadiopelengaa-tor
Funkstelle *f* -, -n raadiojaam; raadio saatejaam; raadio vastuvõtujaam
Funkturm *m* -(e)s, ^ze raadiomast
Funkwelle *f* -, -n raadiolaine

G g

Galvanoplastik *f* -, galvanoplastika (esemeist metalljaljendite saamise viis)
Gammastrahl *m* -(e)s, -en gammakiir
Gasturbinenmotor *m* -s, -en gaasiturbiinimootor
Gebilde *n* -s, - kujund, moodustis, kujutis; toode, produkt
Gebrauch *m* -(e)s, ^ze tava, pruuk; tarvitus, tarvitamine. kasutamise; ~ *machen* *von* *etw.* midagi tarvitama, kasutama; *in* ~ *kommen* tarvitusele tulema
gebühren *vi* (D) kuuluma (kellelegi); *sich* ~ kohane *v.* sünnis olema
gefaßt rahulik, tasakaalukas; ette valmistunud (millelegi); ~ *sein auf* *etw.* midagi rahulikult ära ootama; *auf alles* ~ *sein* kõige vastu valmistunud olema; *sich* ~ *machen auf* *etw.* millekski ette valmistuma
Gefolge *n* -s, - kaaskond, saatjaskond
Gegengewicht *n* -(e)s, vastukaal
Gegenteil *n* -(e)s, -e vastand; *im* ~ vastupidi, vastandina (millelegi)
Gehalt *m* -(e)s, -e maht; sisaldavus; sisu; väärtus
Geheimniskrämer *m* -s, - *kõnek.* salapäratseja
Geigerzähler *m* -s, - geigeri loendaja
gelten (a. o) *vi* maksma, väärt olema; kehtima; *es gilt zu...* tarvitseb..., on vaja (midagi teha)
gemeinlich, gemeiniglich harilikult, tavaliselt
Gerätschaft *f* -, -en riist, riistad;
Gerätschaft *f* -, -en riist, riistad; aparaatuur; majakraam
geraum: ~ *e* *Zeit* pikk aeg, tükk

aega; seit ~er Zeit pikemat aega; juba ammu
gerecht õiglane, kohane; ~ **werden** (D) kellelegi õigust tegema, kedagi rahuldama v. hüvitama; **allen Anforderungen** ~ **werden** kõiki nõudeid rahuldama
geringfügig tühine, tähtsusetu, väike
Geschoß *n* - sses, -sse kuul, mürsk, pomm; *f*üs. „mürsk“ (suure energiaga elementaerosake)
Geschwür *n* -(e)s, -e haavand; paise
Gesichtsfeld *n* -s, -er vaateväli, silma- piir
gesträubt püsti aetud, püsti kammitud; turris
Getöse *n* -s, müra, lärm, kõmin, kohin
getreu truud, ustav; täpne, loomutruu
gewaltig *adj* võimas; suur, tohutu; *adv* tugevalt, rängasti, tohutult
Gewicht *n* -(e)s, -e raskus, kaal; das **spezifische** ~ erikaal
gewichtlos kaalutu, raskusetu
gewinnen (a, o) *vt* võitma; tootma, kaevandama
Gewinnung *f* -, -en (maagi) tootmine, saamine, toodang; (suhkru) valmistamine
Gießen *n* -s, - valamine, valu
gleichkommen (a, o) *vi* (s) võrdne olema, võrduma; (kellegagi) tasavägine olema
Glühlampe *f* -, -n hõõglamp
gradlinig sirgjooneline
Granit *m* -(e)s, -e graniit, raudkivi
Graphit *m* -(e)s, -e grafiit
Gravitationstheorie *f* -, -n gravitatsiooniteooria
greifbar haaratav; kombatav; käegakatsutav; kättesaadav
groß suur; kõrge; avar; **im** ~en (und) **ganzen** üldiselt, kõik kokku
Grund *m* -(e)s, ²e põhi, alus; põhjus; auf ~ **mathematischer Berechnungen** matemaatiliste arvutuste põhjal; **im letzten** ~e õigupoolest, põhjalikult võttes, lõpude-lõpuks
Grünspan *m* -(e)s, vaserooste
gucken *vt* **kõnek.** vaatama, silmitsema
Gurt *m* -(e)s, -e vöö; kanderihm; sedelgavöö (hobusel); **die Pferde warfen sich erneut in die** ~e hobused tõmbasid uuesti sedelgavöö pingule, hobused hakkasid uuesti vedama

H h

Hahn *m* -(e)s, ²e kukk; kraan
Halbwertszeit *f* -, -en poolestusaeg

Halten *n* -s, hoidmine, pidamine; kin-nipidamine; **zum** ~ **bringen** peatama
Hammer *m* -s, ² vasar, haamer; (kla-veril) haamrike
Härte *f* -, -n kõvadus, tugevus, tihkus; karmus, julmus
Hauch *m* -(e)s, -e hingeõhk, hingeaur; tuuleõhk; aspiratsioon (hääldamisel)
Haufe(n) *m* -ns, -n kuhi, hunnik; hulk; auf einem ~ üheskoos
Haufenwolke *f* -, -n rümpilv
Hauptsache *f* -, -n peasi; **in der** ~ peasjalikult
Hebelarm *m* -(e)s, -e tõsteharu; hoob; pumbahoob; **den** ~ **bedienen** pumba-hooba käsitsema, pumpama
heften *vt* (an A) (külge) kinnitama; (külge) traageldama v. naelutama
hegen *vt* taraga ümbritsema; hoidma; **Hoffnung** ~ lootust hellitama, lootma
heiter selge, pilvitu; rõõmus, reibas
Heizwert *m* -(e)s, -e kütteväärtus
Hemmung *f* -, -en pidurdamine; takistamine; takistus
heraus[schleudern] *vt* välja paiskama
Herkunft *f* -, ²e siiatulek, saabumine; päritolu, põlvnenime
her[leiten] *vt* (aus D) tuletama, järeldama; **daraus läßt sich** ~ sellest võib järeldada
Herstellungsverfahren *n* -s, - tootmismenetlus
Hertz (lüh. Hz) *n* -, - herts (võnkesageduse ühik)
hervor[gehen] (ging hervor, hervorgegangen) *vi* (s) (aus D) (välja) tulema; tulenema; tekkima; pärinema; järelduma; selguma
Himmelserscheinung *f* -, -en taevanähtus
hin[deuten] *vi* (auf A) millelegi näitama e. osutama; viitama; mõista andma
hinfällig lagunev; kaduv; ~ sein keh-tetu olema; **diese Rekorde sind** ~ need rekordid ei kehti enam
hinreichend küllaldane, piisav
Hintereinander *n* -s, üksteisele järgne-vus, järjestikkus
Hintergrund *m* -(e)s, ²e tagapõhi, taust; **im** ~e tagaplaanil
hinweg ära; **er ist** ~ ta on ära (läinud); **(über A)** ~ sein millestki üle olema; **sich (über A)** ~setzen millestki mitte hoolima
Hinweis *m* -(e)s, -e vihje, viide

Hochatmosphäre *f* -, atmosfääri kõrgem kiht
 Hochland *n* -(e)s, -e ja ^zer kõrgmaa, kõrgendik
 Hochofen *m* -s, ^z kõrgahi
 Hochschullehrer *m* -s, - ülikooli õppejõud
 Höchstgrenze *f* -, -n ülemmäär
 hocken *vt* hakki panema; *vi* kükitama; zu Hause ~ kodus istuma
 Höhenstrahlung *f* -, -en kosmiline kiirgus
 Hülsenfrucht *f* -, ^z kaunvili
 Hüschspringer *m* -s, - tõkkejooksja
 hydraulisch hüdrauliline; ~e Presse hüdrauliline press, vesipress
 Hydrosäure *f* -, hüdroksüülrühm OH

I i

imstande: ~ sein võimeväline olema (millekski)
 Induktor *m* -s, -en induktor (induktioonivoolu tekitamise aparaat)
 innewohnen *vi* kuskil asuma, (millelgi) olema; ihm wohnt eine seltene Rednergabe inne tal on haruldane kõneand
 Interview [-vju:] *n* -s, -s intervjuu
 inwieweit kuipalju, kuivõrd
 Ionisierung *f* -, ioniseerimine, ionisatsioon (ioonide tekitamine *v.* tekkinimine)
 Ionosphäre *f* -, ionosfäär
 Isotop *n* -s, -e isotoop (keemilise elemendi teisend)

J j

je *adv* ikka, alati, kunagi, kumbki; von ~ her iidsest ajast; ikka, alati; seit eh und ~ ammust ajast; die zwei Enden des Drahts waren mit ~ einer Kugel versehen traadi mõlemad otsad olid kumbki kuuliga varustatud; *konj*: ~ nach dem vastavalt sellele, kuidas; ~ ..., desto... mida..., seda...; ~ mehr, desto besser mida enam, seda parem
 jeweilig igakordne; sel *v.* tol korral kehtiv
 jeweils vastavalt olukorrale; vastavalt vajadusele

K k

Kahn *m* -(e)s, ^ze paat, vene
 Kante *f* -, -n serv, kant; külg; tahk

kaputt *kõnek.* katki, puruks; läbi, otsas; ~ machen katki tegema; ~ gehen katki minema
 Karosserie *f* -, -n karosserii, autokere
 Katapultvorrichtung *f* -, -en katapultseadeldis
 Kautz *m* -(e)s, ^ze öökull, kakk; komischer ~ veider inimene, veidrik
 Kern *m* -(e)s, -e tuum; seemnetera; südamik
 Kernbaustein *m* -(e)s, -e tuumaehituskivi, tuuma osis
 Kernbrennstoff *m* -(e)s, -e tuumakütus
 Kernreaktion *f* -, -en tuumareaktsioon
 Kerntechnik *f* -, tuumatehnika
 Kettenreaktion *f* -, -en ahelreaktsioon
 Kilohertz (lüh. kHz) *n* -, - kiloherts (tuhat hertsit)
 klar selge; läbipaistev; arusaadav; er war sich durchaus ~ darüber, daß... talle oli täiesti selge, et...
 Kleinhandel *m* -s, väikekaubandus, väikemüük
 km/st = Kilometer je Stunde kilomeetrit tunnis
 Kobalt *m* -s, koobalt (metall)
 Kohlenmangel *m* -s, söepuudus
 Kohlenstoff *m* -(e)s, süsinik
 Kolben *m* -s, - tõlv; püssilaad; *tehn.* kolb; kann [-u]
 Kolbenmotor *m* -s, -en kolbmootor
 Konfiguration *f* -, -en konfiguratsioon, koosinemine
 Konterfei *n* -s, -e kujutis; näopilt; portree
 Kopf *m* -s, ^ze pea; inimene, isik; ein ~ ersten Ranges esmaklassiline inimene, esmaklassiline teadlane
 Kopfteil *m* -(e)s, -e peaosa *e.* pea; ~ der Rakete raketi peaosa
 Kraft *f* -, ^ze jõud; tung; võim; mõju; in ~ treten jõusse astuma
 Kraftanlage *f* -, -n jõuseade; jõujaam
 Kraftstoff *m* -(e)s, -e kütteaine, kütus
 Kraftwagen *m* -s, - auto
 Kristallgitter *n* -s, - kristallvõre, ruumvõre
 Kristallgitter-Struktur *f* -, -en kristallvõre struktuur
 Kugelblitz *m* -(e)s, -e keravälk
 kühn julge, hulljulge
 Kupferstange *f* -, -n vasklatt, vaskvarb, vaskkang
 kurzerhand kõhklematult; pikema jututa; kergel käel
 kurzsichtig lühinägelik; sõge

L I

Laderaum *m* -(e)s, ^ze maht; tonnaaz; laadimisruum; trümm, lastiruum
Lage *f* -, -n asend; olukord; **in der ~ sein** võimeline olema (midagi te-gema)
Lagerstätte *f* -, -n laager, laagrikoht; *geol.* maardla, (maagi) leiukoht
Landstrich *m* -(e)s, -e maariba; maa-koht
lang *adj* pikk; *adv* jooksul; **sieben Tage ~** seitse päeva; seitsme päeva jooksul
langwierig kauakestev, vältav; krooni-line
Last *f* -, -en koorem; last; *füüs.* ras-kus
Lastanhänger *m* -s, - (koorma-) järe-lveok
lästig koormav, tülikas; pahandav; *jm.* ~ fallen, werden kellelegi koor-maks *v.* tüliks olema
Lauge *f* -, -n leelis
lauter *adj* puhas, selge, võltsimata; *adv* puha, aina; muud midagi kui
Lebensmittelvorrat *m* -(e)s, ^ze toidu-ainetetagavara
Lederring *m* -(e)s, -e nahkrõngas, nahkvõru
lediglich ainult, üksnes; ainuüksi
Lehrstuhl *m* -(e)s, ^ze õppetool, katee-der
Leichtathletik *f* -, kergejõustik
Leichtmetall *n* -s, -e kergemetall
leidlich *adj* talutav; vastuvõetav; *adv* kuidagiviisi, keskmist viisi
Leine *f* -, -n nõör, ohelik; ohi
leisten *vt* tegema, teostama, korda saatma; looma, tootma; **eine Arbeit ~** tööd tegema
Leistung *f* -, -en jõudlus; teostus; toot-mine; saavutus; tulemus; (masina) võimsus
leistungsfähig jõudlusvõimeline; töö-võimeline; produktiivne
Leiter *m* -s, - juht [-hi], juhataja; (soojuse *v.* elektri) juht [-hi]
lenken *vt* juhtima, pöörama; **Auf-merksamkeit auf etw. ~** (kellegi) tähelepanu millelegi juhtima
Lichtbogen *m* -s, - valguskaar
Lichtschimmer *m* -s, - valguskuma
lichtstark valgusjõuline, tugevasti val-gustatud
Lichtstrahl *m* -(e)s, -en valguskiir
lichtdicht valguskindel, valgust mitte läbilaskev
lichtdurchlässig valgust läbilaskev; läbipaistev

Lichtempfindung *f* -, -en valgustund-likkus; valguse tunnetus
Lichtzerlegungsapparat *m* -(e)s, -e aparaat valguse lahutamiseks spekt-riks, *näit.* spektroskoop
Linienblitz *m* -es, -e joonväik
Linse *f* -, -n lääts
Lochkamera *f* -, -s fotoaparaat, milles eseme kujutis saadakse väikeses avause abil
lösen *vt* lahti päästma, lõdvendada; lahendada; lahustama; (lepingut) tühistama
Luftballon *m* -s, -s õhupall, aerostaat
Luftdichte *f* -, -n õhutihedus
Luftdruckkammer *f* -, -n õhurõhukam-ber
Luftflosse *f* -, -n õhuuim, õhuloib
Luftwiderstand *m* -(e)s, ^ze õhutakistus

M m

Mahnung *f* -, -en meeldetuletamine, meenutamine; hoiatamine; manitse-mine
Mantel *m* -s, ^z mantel, (silindri *v.* koonuse) külgpind; (masina) kate, mantel; (mürsu *v.* raketi) kest, mantel
Maschinenkunde *f* -, masinaõpetus; mehaanika
Maßeinheit *f* -, -en mõõduühik
mäßigen *vt* mõõdukaks tegema; pii-rama; vähendama
Maßstab *m* -(e)s, ^ze mõõt; mastaap; **in großem ~e** suures ulatuses, laias mastaabis, suurel määral
Mattscheibe *f* -, -n mattklaas
Meerespiegel *m* -s, merepind
Mehrstufenrakete *f* -, -n mitmeastme-line rakett
Merkmal *n* -(e)s, -e tunnus, tunde-märk
messen (a, e) *vt* mõõtma; loodima; nivelleerima
Meßgerät *n* -(e)s, -e mõõteriist
Messing *n* -s, messing, valgevask
Messung *f* -, -en mõõtmine
Metalldampf *m* -(e)s, ^ze metalli aur
Meteorit *m* -(e)s, -e meteoriit, me-teoorikivi
Milchstraße *f* -, linnutee
mildern *vt* pehmandama, leevendada
Mine *f* -, -n kaevandus; maa-alune käik; (lõhke-)miin
Molekel *f* -, -n, **Molekül** *n* -s, -e mol-ekul
Mondjahr *n* -(e)s, -e kuu aasta
mürrisch pahur, tusane; nuriseja

Muster *n* -s, - muster; eeskuju, näidis
mutmaßen *vt* oletama; kahtlustama;
aimama

N n

nachholen *vt* järele tooma; tasa te-
gema

nachstehend (all-)järgnev

Nachfalter *m* -s, - ööliblikas

Nachweis *m* -es, -e tõend; seletus;
einen ~ führen tõendust tooma,
tõendama

nachweisen (ie, ie) *vt* teateid andma;
näitama; tõendama, kindlaks tegema

Nachweisverfahren *n* -s, - tõestamis-
menetlus

nahellegen *vt* võimalikuks tegema, või-
maldama; mõista andma; soovita-
tama

Naht *f* -, "e õmblus; jootekoht

Nahtstelle *f* -, -n õmbluse koht; joote-
koht

Naturerkenntnis *f* -, loodusetunnetus,
looduse tunnetamine

Naturschatz *m* -es, "e loodusvara

Nebelkammer *f* -, -n udukamber, Wil-
soni kamber

Nebeneinander *n* -s, kõrvuti olek, pa-
ralleelsus

Netzhaut *f* -, "e võrkkest, võrklike
(silmas)

Neuerer *m* -s, - uuendaja, novaator

Neutron *n* -s, -en neutron (aatomi-
tuuma elektrilaenguta osake)

Neutronenüberschuß *m* -sses, "sse
neutronitelliig

Nichtleiter *m* -s, - füüs. mittejuht
[-hi], isolaator

Nukleon *n* -s, -en nuklon (aatomitu-
ma koostisosakeste — prootonite ja
neutronite ühine nimetus)

Nutzbarkeit *f* -, kasutatavus; kasulik-
kus; kasu

Nutzeffekt *m* -(e)s, -e kasuefekt

Nutzen *m* -s, - kasu; ~ ziehen kasu
saama; von ~ sein kasulik olema

Nutzlast *f* -, -en kasulik koorem

O o

Obhut *f* -, valve, kaitse; hool

Oszillation *f* -, ostsilatsioon, võnku-
mine, kõikumine

Oszillator *m* -s, -en ostsillaator

oszillieren *vi* ostsilleerima, võnkuma;
kõikuma

P p

Pasta *f* -, ..sten pasta

Pechblende *f* -, uraani pigimaak

Perlschnurblitz *m* -es, -e jadaväik

pfiffig nutikas, kaval

Pillenschachtel *f* -, -n rohukarp, ravi-
mitokarp

Plan *m* -(e)s, "e plaan, kava; sein ~
geht dahin tema plaan on selline

Planetenlauf *m* -s, planeedi liikumine

plastisch plastiline; kujukas; painduv
polarisieren *vt* polariseerima, polaar-
sust andma, polaarseks tegema

Polarlicht *n* -(e)s, -er põhjavalgus;
virmalised

polymorph polümorfne; ~e Umwand-
lung polümorfne muutus

Präzision *f* -, -en pretsisioon, täpsus;
täpsustus

preschen *vi* tormama

profitieren *vi* profiteerima, kasu saa-
ma

Propellerantrieb *m* -(e)s, liikumapa-
nek propelleri abil; mit ~ propel-
leri abil (liikuv)

Proton *n* -s, -en proton (aatomituuma
positiivselt laetud osake)

prüfen *vt* (järele) proovima; kontrol-
lima; eksamineerima

Prüfstand *m* -(e)s, "e katsestend

Pumpwerk *n* -(e)s, -e pumbajaam

Pulsfrequenz *f* -, -en pulsisagedus

Pyrometer *n* -s, -e püromeeter, kuuma-
mõõtja; das optische ~ optiline
püromeeter e. kuumamõõtja

Q q

Quadratmeile *f* -, -n ruutmiil

Quadratmeter *m* ja *n* -s, - ruutmeeter

Querschnitt *m* -(e)s, -e ristlõige, läbi-
lõige

R r

Radiostation *f* -, -en raadiojaam

Raketenschlitten *n* -s, - rakettsaan,
rakettkelk

Raketenversuchsfeld *n* -(e)s, -er ra-
kettide katsetamise polügoon

Rang *m* -(e)s, "e järjestusaste; au-
aste; kõrgseisus; ersten ~es esi-
mese järgu, esmajärguline

rasen *vi* raevutsema, märatsema; tor-
mama, kihutama

Rat *m* -(e)s, Ratschläge nõu, nõu-
anne; um ~ fragen nõu küsima
rauh kare; karm

Raumfahrt *f* -, -en planeetidevaheline
sõit, interplanetaarne sõit
räumlich ruumiline; ~es Sehen ruu-
miline nägemine
Raumschiff *n* -(e)s, -e kosmiline laev
(sõiduk planeetidevaheliseks liik-
lemiseks)
Raumschiffswerft *f* -, -en tehas kos-
milise laeva ehitamiseks, interpla-
netaarne laevatehas
Reaktor *m* -s, -en reaktor
redlich aus; otsekohene
Regel *f* -, -n reegel; juhis, eeskiri;
in der ~ harilikult, tavaliselt
Reibung *f* -, -en hõõrumine; konflikt
Renngwagen *m* -s, - võidusõiduauto
Resonanzerscheinung *f* -, -en reso-
nantsnähtus
Ring *m* -(e)s, -e rõngas, võru; sõr-
mus; (keti) lüli; ring
Roheisen *n* -s, toorraud, toormalm
Rohrleitung *f* -, -en torujuhe, torustik
Rotglut *f* -, punahõõgus
Rückschluß *m* -sses, ~sse järelendus
Rückstoß *m* -es, ~e tagasitõuge, taga-
silööb; reaktsioon
rund *adj* ümarik; kumer; nõgus; *adv*
ümmarguselt; umbkaudu
Rundfunkhörer *m* -s, - raadiokuulaja

S s

Sackgasse *f* -, -n umbtänav; ummik
Salpetersäure *f* -, lämmastikhape, sal-
peeterhape
Schachtel *f* -, -n laegas, kast, karp,
sahtel
Schaden *m* -s, ~ kahju; kahjustus;
rike; vigastus; ~ nehmen endale *v.*
oma tervisele kahju tegema; haiget
saama
Schale *f* -, -n kest, kate, koor; kaus,
tass; pealispind
Schallgeschwindigkeit *f* -, helikiirus
Schaltjahr *n* -(e)s, -e lisapäeva-aasta
Schätzen *vt* hindama; sich glücklich
~ end õnnelikuks pidama
schaulustig vaatamishimuline; uudis-
himulik
Schicht *f* -, -en kiht; kord; lade; vahe-
tus (töö!); in drei ~en arbeiten
kolmes vahetuses töötama
schier *adj* puhas, selge; paljas; *adv*
peaaegu; puhtalt
schlicht sile; lihtne
Schluß *m* -sses, ~sse lõpp; järelendus;
den ~ ziehen järeldama, järeldust
tegema

Schmelze *f* -, -n sulametal, sulam
schmettern *vt* paiskama; rabama; kai-
kuma, kõlama
schön/machen *vi* peenutsema; mit jm.
~ kedagi meelitama; kellegi ümber
lipitsema
Schoß *m* -es, ~e süli, rüpp; põu; im
~e der Erde maapõues
Schraube *f* -, -n kruvi; propeller
Schürfen *vt* maake *v.* maapõuevara-
sid otsima; geoloogilisi uurimistõid
teostama
Schwerelosigkeit *f* -, raskusetus, ras-
kustungi puudumine; der Zustand
der ~ raskustungi puudumise sei-
sund, kaaluta olek
Schwerkraft *f* -, raskustung
Schwerkraftfeld *n* -(e)s, -er gravitat-
sioonitungi väli, raskustungi väli
Schwingung *f* -, -en võnge, võnku-
mine; ostsillatsioon; vibratsioon;
(pendli) võnkumine; in ~ setzen
võnkuma panema
Schwingungszahl *f* -, -en võnkearv,
võnkesagedus; sekundliche ~ võn-
kesagedus, võngete arv sekundis
schwirren *vi* surisema; undama
Sehkraft *f* -, nägemisvõime, näge-
mine
Seilbahn *f* -, -en köistee, köisraudtee
Selbstversuch *m* -(e)s, -e katse ise-
endaga
Selen *n* -s, seleen
Sender *m* -s, - saatja; raadiosaatja;
saatejaam
Senke *f* -, -n lohk
senkrecht püstloodne, vertikaalne
Senkung *f* -, -en kallak, langus; ma-
dalam koht
Sepsis *f* -, mädaveresus
setzen *vt* panema, asetama; sich ~
istuma; settima, sadestuma
sollen *modaalverb* pidama, kohusta-
tud olema; was sollen die Fast-
nachtsscherze? milleks need vastla-
naljad?; was sollen die armen Tiere
da oben? milleks saadetakse neid
vaeseid loomi sinna üles?
Sonnenjahr *n* -(e)s, -e päikeseaasta
spalten *vt* lõhestama; mõrastama;
kaheks jagama
Spaltstück *n* -(e)s, -e (millegi lõhes-
tamisel tekkiv) osa; 235 U zerfällt
92
dabei in zwei ~e 235 U jaguneb
92
sealjuures kaheks laguproduktiks

Spannung *f* -, -en pinge; pinevus; põnevus
Speisung *f* -, -en söötmine, toitmine; ~ der **Radiostation** raadiojaama toitmine (elektrienergiaga)
spinnen (a, o) *vt* ketrama; kuduma
sprengen *vt* purustama; õhku laskma; piserdama, peale pritsima
spröde habras; rabe; eputav
stabförmig kepikujuline
Standfestigkeit *f* -, stabiilsus
Standort *m* -(e)s, -e seisukoht; asukoht
Startbeschleunigung *f* -, -en stardikiirendus; kiirendus stardil; **man** erzielte eine ~ von 35 g saavutati kiirendus stardil 35 g
stättlich suurepärase, tore, silmapaistev; suur
Staudamm *m* -(e)s, ^ze paistamm
stechen (a, o) *vt* torkama; nõelama; lõikama (vaske); graveerima; er schreibt wie gestochen kirjutab nagu maalitult; gestochen scharf terav *v.* selge nagu graveeritult
stehen (stand, gestanden) *vi* seisma; es steht schlecht um etw. lugu on halb millegagi; am allerschlechtesten steht es um die Erforschung der letzten Frage kõige halvem olukord viimase küsimuse uurimisega
Stehen *n* -s, seismine; **zum ~ bringen** seisma panema, peatama
Steigvermögen *n* -s, - tõusuvõime
Steuer *f* -, -n maks [-u]
Steuer *n* -s, - tüür, rool
Stickstoff *m* -(e)s, lämmastik
Stirn *f* -, -en otsaesine; laup; ~ haben julgema; häbematust omama (midagi teha)
Stirnhöhlenleiden *n* -s, sinusiit, otsmikuluu kõrvalurgete põletik
Störung *f* -, -en segamine; häire; rike; takistus; ~en der **Satellitenbahn** satelliidi orbiidi häired
stoßen (ie, o) *vt* tõukama, lükkama; (auf A) ~ millegagi kokku sattuma, midagi juhuslikult kohtama
Strahl *m* -(e)s, -en kiir; juga
Strahlennachweisgerät *n* -(e)s, -e kiirguse registreerija
Strahlung *f* -, -en kiirgus, kiirgamine
Strecke *f* -, -en tükk maad; vahemaa; kaugus; *mat.* (sirr-)lõik; *mäend.* strekk
strecken *vt* sirutama; venitama; valtisima; sich ~ sirutama; venima
Streichholz *n* -(e)s, ^zer tuletikk

Streife *f* -, -n haarang; patrull, kulgsalk
Sternbild *n* -(e)s, -er tähtkuju, konstellatsioon
Strom *m* -(e)s, ^ze (suur) jõgi; vool; elektrischer ~ elektrivool
Stromerzeugung *f* -, elektrivoolu tootmine
Stromstärke *f* -, -n voolutugevus
Sturzflug *m* -(e)s, ^ze sõostlend, pikeerimine

T t

Tag-und-Nachtgleiche *f* -, ööpäevavõrdsus, ekvinooktsium
Tankstelle *f* -, -n bensiniijaam
Tat *f* -, -en tegu; in der ~ töepoollest
Tatsachenmaterial *n* -s, -ien faktiline materjal
Teilgebiet *n* -(e)s, -e (aine-)ala, (teaduse) haru; ~ der **Astronautik** astronautika ala
Tiefseewesen *n* -s, - süvamereolend
Tiegel *m* -s, - tiigel (tule- ning sulatamiskindel anum)
Trägheit *f* -, loidus; inertsus
Trägheitswiderstand *m* -(e)s, inertsiist tingitud takistus
tränken *vt* jootma; immutama; impregneerima; küllastama
Triebwerk *n* -(e)s, -e mehhanism, ajam
Trugschluß *m* -sses, ^zsse valejärelendus tükkis kurikaval; õel, tige
tummeln *vt* ringi joosta laskma, jooksutama; sich ~ vallatlema, hullama, mürama

U u

Ubelstand *m* -(e)s, ^ze halbust, varjukülg; viga; puudus; pahe
Überbleibsel *n* -s, - jäänus, jääk; reliikvia
Überdruck *m* -(e)s, ületrükk; *tehn.* ülerõhk
Übereinstimmung *f* -, -en vastavus; kooskõla, üksmeel; in ~ bringen kooskõlastama
Überschallflugzeug *n* -(e)s -e helikiirust ületava kiirusega lennuk
Überschallgeschwindigkeit *f* -, helikiirust ületav kiirus
Überschallprofil *n* -s, -e helikiirust ületavale kiirusele kohandatud profiil (raketil)

überschlagen (u, a) *vt* üle laotama; kinni katma; *vi* üle kargama (sädeme kohta)

Überschuß *m* -sses, "sse ülejääk; *mat.* liig

Überspannung *f* -, -en ülepingutus; ülepinge

übersprudeln *vi* kihinal üle ajama

Überzahl *f* -, -en ülemäärane arv; ülemäär; arvuline ülekaal; **in der** ~ sein arvulises ülekaalus olema

überzählig liigarvuline; ülemäärane; üleliigne

Umfang *m* -(e)s, "e ümbermõõt; ulatus; maht; **in vollem** ~e täies ulatuses, täiel määral

unfaßbar tabamatu, arusaamatu;

umfassend ulatuslik; mitmekülgne

um|reißen (i, i) *vt* visandama, skitseerima

Umschau *f* -, ringvaade; ~ halten ringi vaatama; ülevaatust tegema

um|setzen *vt* ümber asetama; (millekski) muutuma; **in die Tat** ~ teostama, realiseerima

umwälzend murranguline

Umwandlung *f* -, -en muutumine, muundumine; transformatsioon

unbemann meeskonnata e. mehitamata (lennuk, raket)

unbeständig püsimatu; ebakindel

unbestreitbar vaieldamatu

unerläßlich mõõdapääsmatult vajalik, paratamatu

unersetzlich asendamatu

ungerade mittesirge, kõver; ~ **Zahl** paaritu arv

Unterbrechungsstelle *f* -, -n katkestuskoht, katkemiskoht

unter|bringen (brachte **unter**, **untergebracht**) *vt* paigutama; ulualla viima; majutama

Unterlage *f* -, -n alus; tõend

unterliegen (a, e) *vi* (s) alla jääma, kaotajaks pooleks jääma; **er unterlag der Krankheit** ta ei suutnud haigusele vastu panna

unübersehbar määratu, mõõtmatu; ettenägematu

unverrückbar kõikumatu, vankumatu; kindel

unwiderlegbar ümberlökkamatu

unzulänglich mitteküllaldane, mittepiisav

Urheberrecht *n* -(e)s, -e autoriõigus

Urquelle *f* -, -n algallikas; algpõhjus

Vakuum *n* -s, ..kua vaakuum (õhutuhi ruum)

Vehikel *n* -s, - sõiduk

verabscheuen *vt* järelestanta

verabschieden *vt* (kedagi) teenistusest vabastama; **sich** ~ (von D) (kellegagi) hüvasti jätma

veranschaulichen *vt* näitlikustama, näitlikuks tegema

verdamm *vt* (ära) needma; hukkamõistma; **zum Tode** ~ surma mõistma

Verfahren *n* -s, - menetlus, meetod

verfehlt nurjunud; asjatu; ekslik

verfügbar käepärast v. käsutuses olev

verfügen *vi* (über A) oma käsutuses omama; **Atomkraftwagen verfügt über drei führende Achsen** aatomiautol on kolm veotelge

vergnügt heatujuline, rõõmus, lõbus

verhalten (ie, a) *vt* kinni pidama; alla suruma; **sich** ~ suhtuma; **drei verhält sich zu sechs wie sechs zu zwölf** kolm suhtub kuuesse nagu kuus kaheteistkümnesse; **die Sache verhält sich so** asi on nii

Verhalten *n* -s, tagasihoidmine; suhtumine; käitumine; menetlus

Verhältnis *n* -ses, -se vahekord, suhe; **im** ~ **dazu** võrreldes sellega

verhelfen (a, o) *vi* (zu D) (kellegi midagi) saavutada aitama; **jm. zum Rechte** ~ kellegi õigust jalule seadma aitama

verkehrt *adj* ümberpöördu; pahupiidine; *adv* ümberpöördult, valesti

verlegen kohmetu, segadusse sattunud

vermischen *vt* segama, segustama

vermitteln *vt* vahendada, vahetalitajaks olema; üle andma

vernieten *vt* kinni neetima, needistama

Veröffentlichung *f* -, -en avaldamine, publitseerimine; publikatsioon, väljaanne

versagen *vt* (D) (kellegi midagi) keelama, **jm. eine Bitte** ~ kellegi palvet tagasi lükkama; *vi* üles ütlemata, mitte töötama; mitte lahti minema

Versagen *n* -s, tõrgestumine, mitte-töötamine; **Gelingen oder** ~ õnnestumine või ebaõnnestumine

verschmitzt kaval, riukaline

Verschnapfpaufe *f* -, -n vaheaeg hingetõmbamiseks, puhkepaus

verschrauben *vt* kinni kruvima

verschwommen laialivalgunud; ähmane, segane, udune
versiegen *vi* ära kuivama; (otsa) lõp-pema
vertauschen *vt* ära vahetama; (millegi vastu) ümber vahetama
vertraut kodune, lähedane; tuntud;
sich mit etw. ~ machen millegagi tutvuma
vertreten *vt* teed sulgema; (kedagi) esindama; kaitsema (oma arva-must)
verwaschen laialivalgunud; ähmane;
verwenden (verwandte, verwandt) *vt* ära pöörama; tarvitama; rakendama
verwirklichen *vt* teostama, realisee-riima
verzerrern *vt* moonutama; kõveraks tõmbama
Völkerbund *m* -(e)s, Rahvasteliit
voraus|berechnen *vt* ette arvutama, kalkuleerima
vor|bringen (brachte vor, vorgebracht) *vt* ette *v.* esile tooma; kuuldavale tooma; **Vorschläge** ~ ettepanekuid esitama
voreingenommen eelarvamuslik; era-poolik
Vorgang *m* -(e)s, ²e juhtumus; menet-lus; asjakäik; *keem., füüs.* toimus, protsess
vorhanden *adj* olemasolev; ~ sein ole-mas olema
vorher enne seda; varem; **kurz** ~ veidi enne seda; **ein Jahr** ~ aasta eest
Vorkommen *n* -s, - esinemine, leidu-mine; *geol.* leiukoht, maardla
vornherein: von ~ juba ette, aprior-velt; endastmõistetavalt
Vorrichtung *f* -, -en seadeldis; abi-nõu; aparaat, mehhanism
Vorstoß *m* -es, ²e edasitung; rünnak
vor|stoßen (ie, o) *vi* (s) edasi tun-gima, ründama
vorübergehend ajutine, mööduv

W w

waagrecht rõhtne, horisontaalne
Wachs *n* -es, -e vaha
wagen *vi* julgema, riskeerima; **sich** ~ (an A, zu D) julgema *v.* ris-keerima kuhugi *v.* kellegi juurde minna; **ich wage mich nicht zu ihm** ma ei julge tema juurde minna
waghalsig hulljulge
Wahlspruch *m* -(e)s, ²e deviis, juht-lause; hüüdlause

wahr|nehmen (a, o) *vt* nägema; tai-pama
Walzen *n* -s, valtsimine, rullimine
Wandung *f* -, -en sein
Wärmegewitter *n* -s, - lokaaläike
Wärmeumwandler *m* -s, soojustrans-formaator, soojuse muundaja
Wärmewirkung *f* -, soojuslik mõju
Wasseroberfläche *f* -, -n veepind
Wasserstoff *m* -(e)s, vesinik
Wasserversorgung *f* -, veega varusta-mine; vesivarustus
Wechselstrom *m* -(e)s, ²e vahelduv-vool
Wechselwirkung *f* -, -en vastastikune mõju
weiden *vt* karjatama (loomi); **sich** ~ (an D) (midagi) nautima, (mil-lestki) lõbu tundma
Weißglut *f* -, valgehõõgus
weitaus *adv* kaugelt; ~ der größte teistest kõigist kaugelt suurem
weiter *adj* laiem, suurem; edaspidine; **ohne** ~es ilma pikema jututa; **adv** edasi, kaugemale; **des** ~en edasi
Weiterleitung *f* -, -en edasijuhtimine; (elektrienergia) ülekandmine
weitsichtig kaugenägelik; ettenägelik
Wellenerreger *m* -s, - laineteketitaja
Wellenlänge *f* -, -n lainepikkus
Weltall *n* -s, kogu maailm, universum, kõiksus
Weltkörper *m* -s, - taevakeha
Weltstrahlung *f* -, -en kosmiline kiir-gus
Weltraum *m* -(e)s, maailmaruum
Weltraumbummler *m* -s, - rändur maailmaruumis
Weltraumfahrt *f* -, -en kosmiline lend, planeetidevaheline sõit
Weltraumflug *m* -(e)s, ²e kosmiline lend, planeetidevaheline lend, lend maailmaruumi
Weltraumstation *f* -, -en interplane-taarne jaam, planeetidevaheline jaam
Wert *m* -(e)s, -e väärtus, hind; **auf etw. ~ legen** midagi hindama, mi-dagi tähtsaks pidama
widerlegen *vt* ümber lükkama; vastu vaidlema; **was soll ich derartiges Gerede** ~! milleks pean ma selli-sele jutule vastu vaidlema!
Widerstand *m* -(e)s, ²e vastupanu; elektrischer ~ takistus
willkürlich meelevaldne, omavoliline; *med.* tahteale alistuv
winzig pisike, tilluke

wirken *vt* tegema; põhjustama; *vi* toimima; töötama; mõjuma (milles-segi)

Wirkungsbereich *m* -(e)s, -e mõju-
piirkond, mõjusfäär

wirtschaftlich majanduslik; kokku-
hoidlik, ökonoomne

Wissenszweig *m* -(e)s, -e teadusharu
Witterungerscheinung *f* -, -en ilmas-
tikunähtus

wohlbehalten hästihoitud; vigasta-
mata, terve

Wort *n* -(e)s, -e ja "er sõna; zu ~
kommen võimalust saada kõnelda

Wucht *f* -, -en raskus, hoog; voller ~
täie hooga, täie raskusega

Würdigung *f* -, -en hindamine, lugu-
pidamine; arvestamine

Z z

Zange *f* -, -n tangid; pihid

Zeichenbrett *n* -(e)s, -er joonestus-
laud

Zeitspanne *f* -, ajavahemik

Zentrifuge *f* -, -n tsentrifuug; vurr-
masin

Zerfall *m* -(e)s, lagunemine

zerlegen *vt* tükeldama; koost lahti
võtma (masinat); koostisosadeks
lahutama; keem. lagundama; liigen-
dama

zersprühen *vi* (s) laiali piisklema;
laiali lendama

zerstreuen *vt* laiali pillama, hajutama

Zeuge *m* -n, -n tunnistaja

Zinn *n* -(e)s, (inglis-)tina

zucken *vi* tõmblema; sähvatama; die
Schultern ~ õlgu kehitama

Zuerkennung *f* -, -en määramine; ~
des Preises auhinna määramine

zu|fallen (ie, a) *vi* (s) kinni langema;
jm. ~ kellelegi osaks langema;

großes Glück ist ihm zugefallen
suur õnn on talle osaks langenud
zu|gehen (ging zu, zugegangen) *vi*
(s) sulguma; minema (millelegi poole);
toimuma; wie geht das zu?
kuidas see saab olla? kuidas see
on võimalik? kuidas see toimub?

zunächst kõigepealt, esmajoones, ees-
kätt

züngeln *vi* loitlema; tulekeelena tõus-
ma

zurück|legen *vt* tagasi panema; kat-
ma e. läbima (teatud vahemaa)

zurück|stellen *vt* tagasi panema; aja-
pikendust andma, edasi lükkama

zu|sagen *vt* lubama, töötama; jm.
etw. auf den Kopf ~ kellelegi mi-
dagi otse näkku ütlema; *vi* jaata-
valt vastama, nõustuma

zusammen|fügen *vt* kokku liitma;
ühendama

Zusammenhang *m* -(e)s, "e seos; kok-
kukuuluvus

Zusammenschluß *m* -sses, "sse ühine-
mine; liitumine; ühendus; liit

zusätzlich *adj* lisandatud; lisa ...;
täiendav; *adv* lisaks, täiendavalt

zu|schlagen (u, a) *vt* kinni lööma;
juurde arvama, juurde lisama

zu|schneiden (i, i) *vt* juurde lõikama;
kohandama

zu|schreiben (ie, ie) *vt* juurde kirju-
tama; (kellelegi) omistama

Zuspruch *m* -(e)s, kõnetlus; julgus-
tus; lohotus; poolehoid

Zuständigkeit *f* -, asjaomasus; vasta-
vus; kompetentsus; pädevus

Zutun *n* -s, kaasabi; kaastegevus;
osavõtt

Zweifel *m* -s, - kahtlus; es besteht
kein ~ pole kahtlust

Zweiheit *f* -, kahesus, kakssus

Zwischenkern *m* -(e)s, -e vahepealne
tuum

Zylinder *m* -s, - silinder; lambiklaas

Inhalt

	S
1. Eessõna	3
2. Physik im Rahmen der Naturwissenschaften (Aus „Physik Ein Lehrbuch von Wilhelm H. Westphalen“)	5
3. Beitrag der russischen Elektrotechniker zur Entwicklung der Welttechnik (Aus „Rußlands Beitrag zur Entwicklung der Welttechnik“ von V. Danilevski)	8
4. Die Erfindung der drahtlosen Telegraphie (O. M. Белостоцкая E. Ю. Мазурская «Учебник немецкого языка для вузов заочного обучения», ч. I)	11
5. Zum 100. Geburtstag von Heinrich Hertz („Der Morgen“, 22. 2. 1957)	13
6. Ein großer Forscher — R. W. Bunsen (Illustrierte „Zeit im Bild“, Nr. 77, 1956)	16
7. Pierre Curie — Wegbereiter des Atomszeitalters („Neues Deutschland“, 14./15. 4. 1956)	17
8. Die Sache mit der Gravitation (Aus „Das kann ja heiter werden“ von Fritz Bernhard)	22
9. Das Geheimnis der Magdeburger Halbkugeln (Aus der Erzählung „Das Geheimnis der Magdeburger Halbkugeln“ von Walter Basan)	24
10. Bedeutung des Druckes und seine Nutzung in der modernen Technik („Der Morgen“, 2. 3. 1957)	29
11. Die Geburt des Bildes (Aus „Der Alltag lehrt uns Optik“ von H. J. Gramatzki)	33
12. Was das Licht von den Dingen erzählt (Aus „Der Alltag lehrt uns Optik“ von H. J. Gramatzki)	43
13. Sonnenjahr und Kalendertage („Der Morgen“, 1. 1. 1957)	47
14. Gewitter (Aus „Wissenschaft und Fortschritt“, Heft 8, 1956)	50
15. Die Grundlagen der Atomkernphysik (Aus „Nachtrag zum Brockhaus ABC der Naturwissenschaft und Technik“)	52
16. Von Uran und seiner Gewinnung („Der Morgen“, 10. 2. 1957)	57
17. Atome verändern Kontinente (Aus „Weltjugend“, Nr. 1, 1957)	60
18. Atomkraftwagen real? (Von Ingenieur J. Suschkow, „Junge Welt“ 26./27. 1. 1957)	65
19. Weltraumfahrt (Aus „Nachtrag zum Brockhaus ABC der Naturwissenschaft und Technik“)	67
20. Wohlbehalfen aus dem „Weltall“ zurück. Interview mit den Raketenhunden — Zweck und Ziel der Kosmischen Experimente mit Tieren („Der Morgen“, 15. 3. 1957)	69
21. Interview mit KES („Junge Welt“, 9./10. 2. 57)	73
22. Sowjetischer Erdsatellit im Weltall („Wochenpost“, 12. 10. 57)	76
23. Sõnastikus tarvitatud lühendid	81
24. Seletavaid märkusi	81
25. Deutsch-estnisches Wörterverzeichnis	83

ТЕКСТЫ ДЛЯ ФИЗИКОВ СО СЛОВАРЁМ

На немецком языке

Учебное пособие. Составила Л. Отсмаа.

Тартуский Государственный Университет,

Тарту, ул. Юликооли 18

Редактор К. Канн

Ladumisele antud 16. XI 1957. Trükkimisele antud
4. III 1958. Paber 60×92, 1/16. Trükipoognaid 6,25.

Trükiarv 1500. MB-1098. Tellimise nr. 3080.

Hans Heidemanni nim. trükikoda, Tartu, Vallikraavi 4.

Hind rubl. 3.50

Hind rbl. 3.50



TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00604792 4