

Hermann Heinz Wille

WUNDERWELT DER LUFT



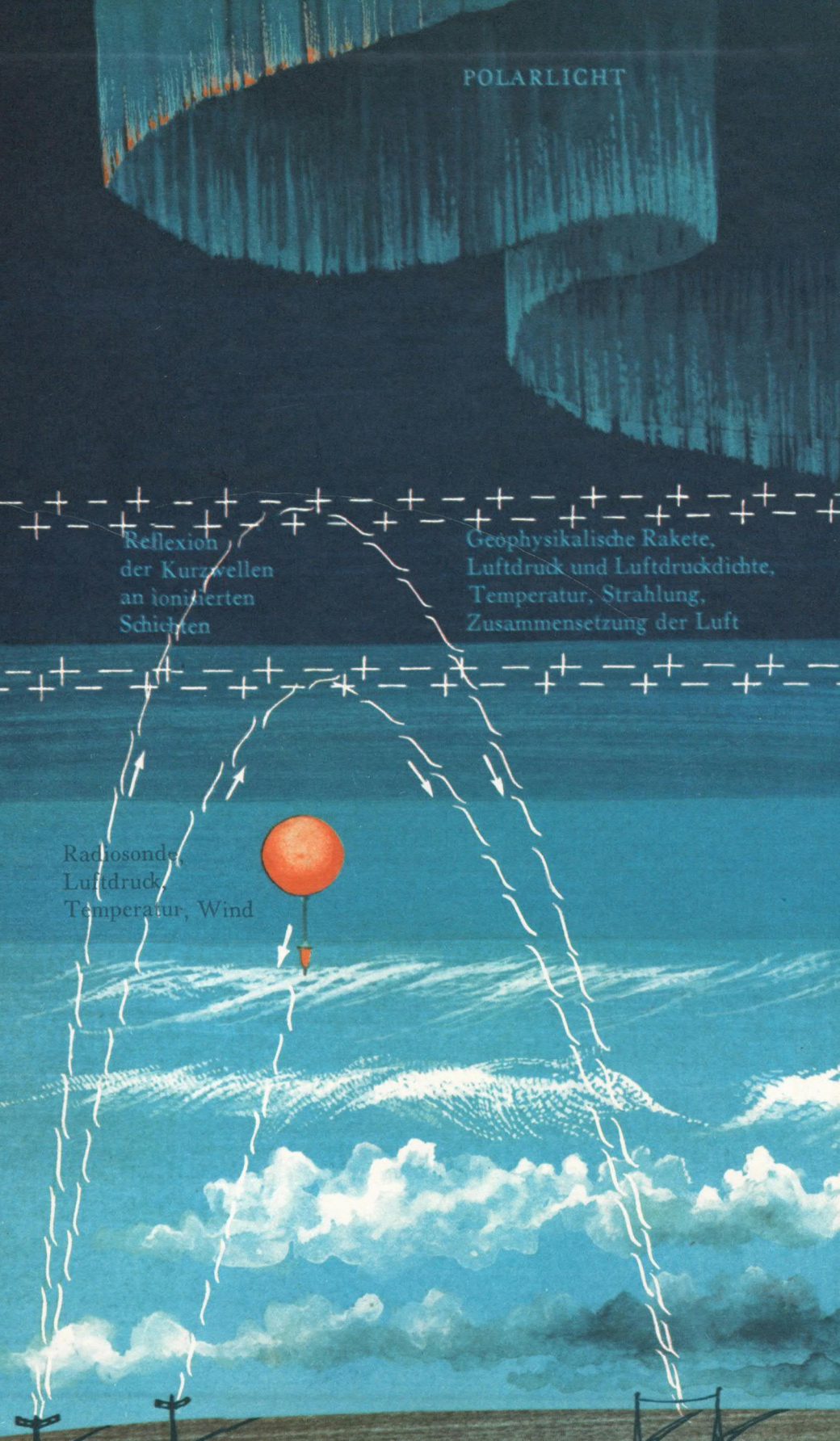
400 km
350 km
300 km
250 km
200 km
190 km
180 km
170 km
160 km
150 km
140 km
130 km
120 km
110 km
100 km
90 km
40 km
30 km
20 km
12 km
11 km
10 km
9 km
8 km
7 km
6 km
5 km
4 km
3 km
2 km
1 km

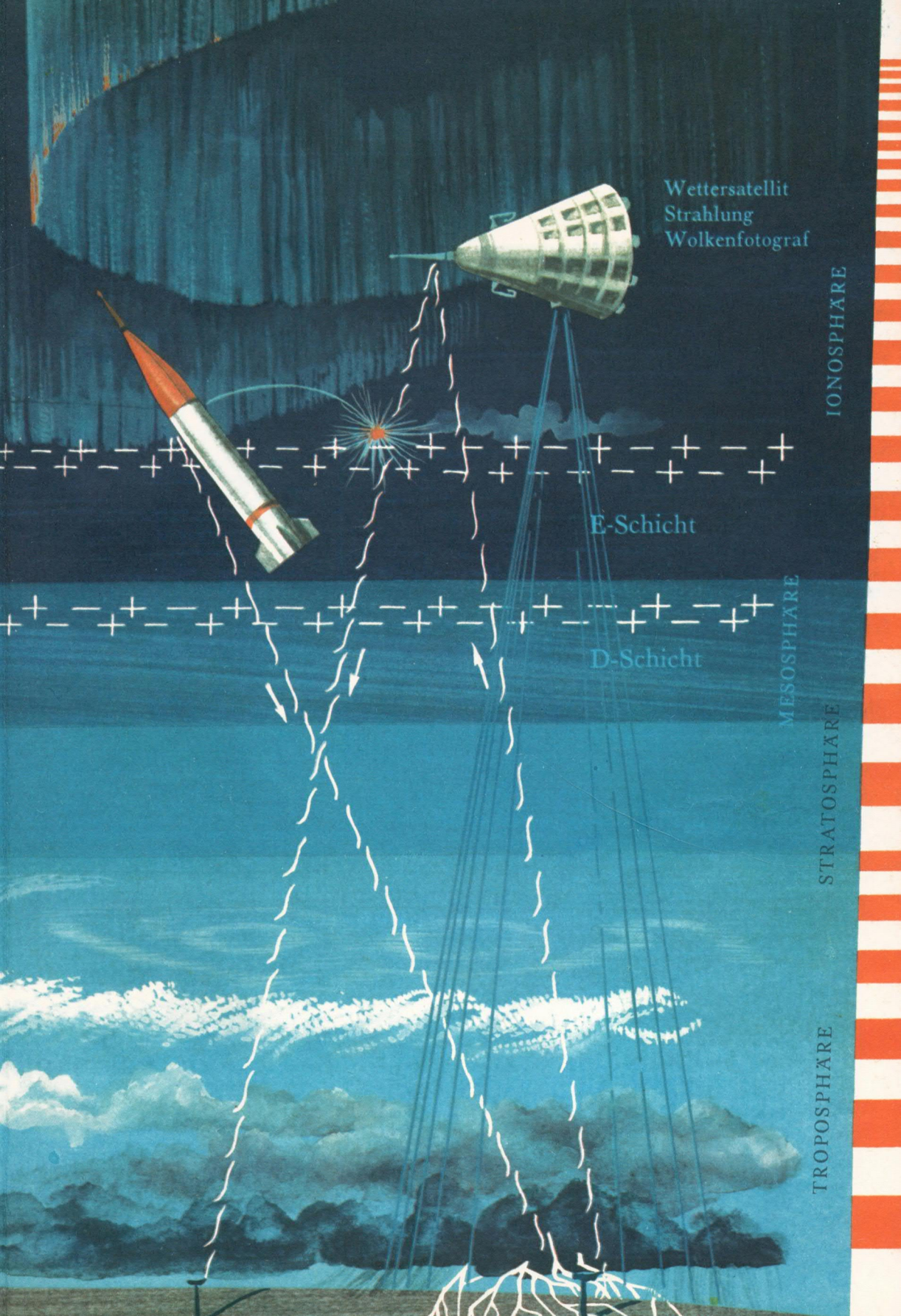
POLARLICHT

Reflexion
der Kurzwellen
an ionisierten
Schichten

Geophysikalische Rakete,
Luftdruck und Luftdruckdichte,
Temperatur, Strahlung,
Zusammensetzung der Luft

Radiosonde,
Luftdruck,
Temperatur, Wind





Wettersatellit
Strahlung
Wolkenfotograf

IONOSPHERE

E-Schicht

D-Schicht

MESOSPHERE

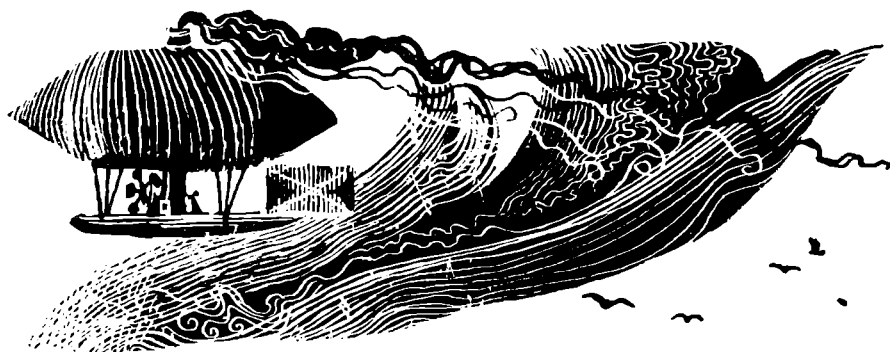
STRATOSPHERE

TROPOSPHERE

Hermann Heinz Wille Wunderwelt der Luft

Der Kinderbuchverlag Berlin





Hermann Heinz Wille

Wunderwelt der Luft



Dem Unsichtbaren auf der Spur



Der Irrtum des Aristoteles

Vom Himmel strahlte die Sonne. Aus der Bucht von Athen wehte eine frische Brise herüber und raschelte in den Blättern des Lorbeers. In langen, faltigen Gewändern wandelten Aristoteles und seine Schüler in den schattigen Säulenhallen und Alleen des Lykeions auf und ab. Die wissensdurstigen Jünglinge bemühten sich, mit dem Lehrer Schritt zu halten, um keines seiner Worte zu verlieren.

„Was ist die Erde? Was ist das Wasser? Was ist das Feuer? Was ist die Luft?“ fragte Aristoteles. Er stellte diese Fragen nicht das erste Mal. Die Schüler kannten die Antworten, die er erwartete.

Theophrast, der Lieblingsschüler des Meisters, meldete sich sogleich zum Wort: „Die Erde bildet eines der vier Grundelemente, aus denen die irdische Materie besteht. Der Schoß der Erde birgt die Kohle und das Erz; ihm entwachsen der Halm, die Blume und der Baum.“

„Klug geantwortet, Theophrast!“ Aristoteles nickte beifällig.

„Sprich weiter, Polemarchos!“

„Auch das Wasser ist ein Grundelement“, antwortete der Befragte. „Gleich dem Rauch des Feuers steigt es zum Himmel auf. Aus den Wolken fällt das Wasser auf die Erde zurück. Aus dem Schlamm auf dem Grunde der Tümpel und Teiche, der Flüsse und Meere bildet sich wiederum Erde!“

Zufrieden strich sich der große Gelehrte, dessen Wissen alle Gebiete der Natur und des Lebens umfaßte, über das kurz geschorene Haar, bevor er die letzte Frage stellte: „Was ist die Luft?“

Die Antwort ließ nicht auf sich warten. Einer der Schüler sagte: „Die Luft ist durch das Feuer in Wasser verwandelte Erde. Sie ist ihr Atem, der aufsteigt bis zum Gipfel des Olymps!“



Eudemos, der sich in den Schriften der Alten besser als seine Mitschüler auskannte, ergänzte vorlaut: „Schon Anaximenes aus Milet lehrte: Alles bildet sich aus Luft, alles wird zu Luft. Aus verdichteter Luft entstehen die Wolken. Aus den Wolken fallen Regen, Schnee und Eis. Verdichtet sich die Luft noch weiter, wird sie zu Erde, wird sie zu Stein . . .“

„Schweig, Eudemos!“ befahl Aristoteles mit einer schroffen

Handbewegung. „Du bringst alles durcheinander. Nur ein Ketzer wie Anaximenes konnte behaupten, die Bewegung der Luftteilchen hätte nicht allein die Erde, sondern sogar Sonne, Mond und Sterne erzeugt. Man bedenke: die göttlichen Gestirne!“

Aristoteles raffte sein Gewand, bückte sich nach einem Stein und schleuderte ihn kraftvoll in die Luft. Der Stein flog fast so hoch, wie eine Lerche emporsteigt. Wenige Schritte vor den Schülern fiel er auf die Erde zurück. „Seht, man mag einen Stein noch so hoch werfen, er fällt immer wieder zur Erde zurück. Die irdischen Dinge gehören nun einmal auf die Erde, so, wie die himmlischen Dinge zum Himmel gehören!“ Den Blick zur Sonne gerichtet, fügte Aristoteles hinzu: „Das Taggestirn und das Nachtgestirn sind nicht aus irdischer Materie erschaffen. Sie bestehen aus reinem, unvergänglichem und göttlichem Äther. Er bildet das fünfte Element!“

Ohne seine Schüler noch weiter zu beachten, kehrte Aristoteles in die Hallen des Lykeions zurück und schloß sich in seinem Zimmer ein. Die ganze Nacht erhellte der Schein der Öllampe die Fenstervierecke. Mit gerunzelter Stirn saß der Gelehrte vor den vergilbten Schriften seiner Vorgänger, aber es gelang ihm nicht so recht, sich in ihre Gedanken zu vertiefen. Im flackernden Lichtschein erschien ihm immer wieder das Bild des jungen und mächtigen Makedonierkönigs Alexander vor Augen, der bis vor wenigen Jahren zum Kreise seiner Schüler zählte. Er, Alexander, war es auch gewesen, der zum Ruhme seines Lehrers das Lykeion hatte errichten lassen.

Die Makedonier hielten Griechenland fest in den Händen. Der junge König hatte sich nun zur Unterwerfung des persischen Weltreichs angeschickt. In ungestümem Vormarsch durchquerten seine Heere Kleinasien. Das Weltbild weitete sich von Tag zu Tag. In den Köpfen der Daheimgebliebenen aber spukten noch immer die Vorstellungen aus der Vergangenheit. Die einen hielten das Wasser, die anderen das Feuer und wieder andere die

Erde oder die Luft für das wichtigste Grundelement, für den Ursprung aller Dinge. Es wurde Zeit, diese Irrlehren auszurotten und dem Göttlichen wieder zu seinem Recht zu verhelfen. So jedenfalls meinte der große Gelehrte.

Als vor dem Fenster der Morgen graute, weckte Aristoteles seinen Schreibsklaven. Er befahl ihm, reichlich Schreibgriffel und Pergamentrollen bereitzulegen. Nachdenklich auf und ab gehend, formulierte Aristoteles die Grundgedanken seiner „Physik“. Er diktierte: „Die irdische Materie besteht aus vier Grundelementen. Zu ihnen gehören paarweise vier Eigenschaften, die mit dem Tastsinn wahrnehmbar sind...“

An der Öllampe hantierend, fragte er den Sklaven: „Wie ist das Feuer?“

Der Sklave streckte die Hand nach der Flamme aus, zog sie aber schnell wieder zurück. „Die Flamme ist heiß!“

„Heiß?“ Aristoteles schüttelte unwillig den Kopf. „Das Feuer ist warm und trocken. Im Gegensatz zum Feuer ist das Wasser kalt und feucht. Weiter schreibst du: Kalt und trocken ist die Erde. Wie aber ist die Luft?“

Der Schreibsklave pustete auf seinen verbrannten Finger. Der Luftzug kühlte. Dann hob er schnuppernd die Nase. Von Feuchtigkeit keine Spur. „Die Luft ist ebenfalls kalt und trocken“, antwortete er überzeugt.

„Dummkopf!“ brummte Aristoteles, dem die Antwort des Sklaven nicht in seine Überlegungen paßte. „Die Luft ist warm wie das Feuer und feucht wie das Wasser. Wird die Luft kalt und trocken, verwandelt sie sich in Erde. Schreibe und unterstreiche: Durch die Veränderung der Eigenschaften entsteht ein neuer Stoff!“

Der Sklave konnte sich die Verwandlung von Luft in Erde nicht vorstellen, aber er schrieb, wie ihm geheißen.

Lautlos, um die Gedankengänge ihres Lehrers nicht zu stören, waren die ersten Schüler in die Halle getreten. Unter ihnen

Theophrast und Eudemos. Aristoteles hatte ihr Eintreten bemerkt. „Wodurch wird die Veränderung der Eigenschaften, von denen ich spreche, bewirkt?“ fragte er seinen Lieblingsschüler.

Theophrast antwortete ohne Zögern: „Die Veränderungen bewirkt der göttliche Beweger. Nur die Gestirne bewegen sich ohne ihn!“

Eudemos trat einen Schritt vor, räusperte sich vernehmlich und sagte: „Ihr lehrt, verehrter Meister, die Eigenschaften der Elemente seien mit dem Tastsinn wahrnehmbar. Beim Feuer, beim Wasser, bei der Erde will ich's glauben. Aber die Luft . . ., die Luft kann ich nicht greifen!“

Der Schreiber horchte auf. Am Ende war er nicht der einzige Dummkopf im Lykeion.

Aristoteles überlegte eine Antwort. „Ich will dir und allen Zweiflern beweisen, daß das Unsichtbare, das zwischen und neben uns steht, greifbar ist. Laufe zum Schlächter. Bring eine Ochsenblase!“

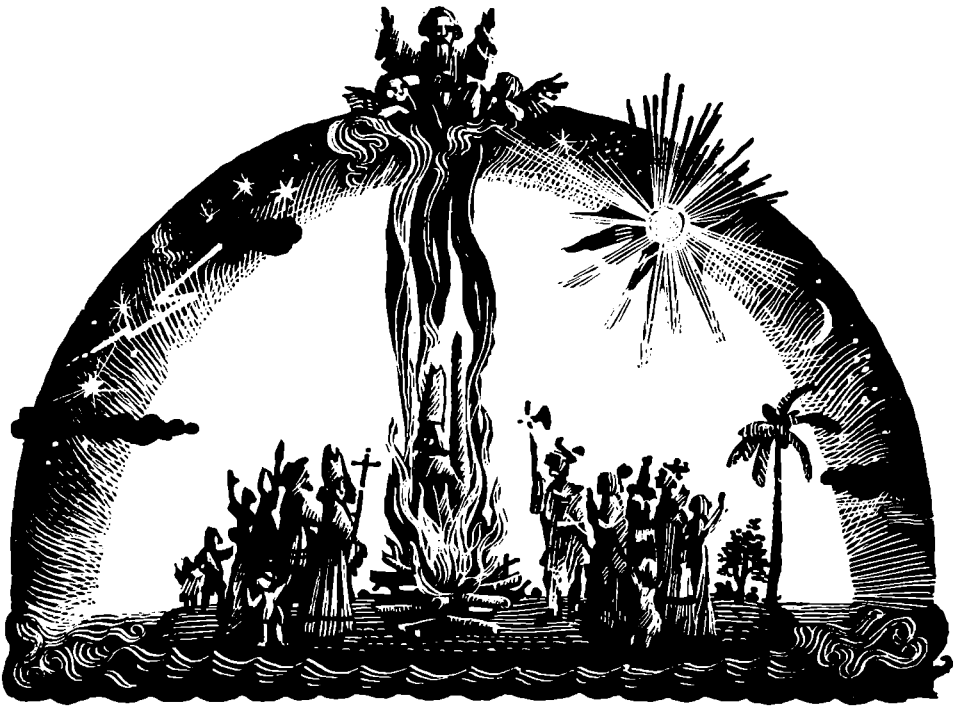
Eudemos eilte mit rotem Kopf davon, während Theophrast die Schüler zusammenholte. Selbst der Schreibsklave schob die Pergamentrollen beiseite und trat in ihren Kreis.

Aristoteles legte die Blase auf die Waage. Ihr Gewicht machte kaum einen Teilstrich aus. „Das ist verständlich“, bemerkte Aristoteles. „Die Blase enthält nur wenig Luft. Aber Luft enthält sie auf alle Fälle; denn die Natur duldet keinen luftleeren Raum, kein Vakuum!“ Auch diesen Lehrsatz ihres Meisters kannten die Schüler.

Aristoteles blies in die Blase, bis sie prall und rund wie ein gefüllter Ochsenmagen war.

„Tritt näher, Eudemos“, befahl der Lehrer. „Nun kannst du das Unsichtbare greifen. Und wägen kannst du die Luft auch!“

Aristoteles' unermüdliches Bemühen, die Gesetzmäßigkeiten der Naturvorgänge zu erkennen und zu erklären, bedeutete



Jahrhunderte vor Beginn unserer Zeitrechnung einen großen Fortschritt. Aber der in die Luft geworfene Stein, die Versuche mit der Öllampe und der Ochsenblase ließen viele Deutungen zu. Die von Aristoteles angestellten Beobachtungen und die daraus gezogenen Schlußfolgerungen waren nicht immer richtig. In vielen Fällen irrte der Lehrer gleich seinen Vorgängern, und mit ihm irrten seine Schüler. Ihre Irrtümer wucherten durch die Jahrhunderte und verstellten lange Zeit die Sicht auf die Wirklichkeit.

Der mittelalterlichen Kirche waren die Lehren des Aristoteles von den vier Elementen, dem himmlischen Äther und dem göttlichen Beweger wohlgefällig. Aristoteles hatte gelehrt, daß sich Erde in Luft, Luft in Erde verwandeln lasse. Also konnten die Priester behaupten, in ihren Händen verwandle sich Brot und Wein in das Fleisch und Blut Christi. Jedoch die Erkenntnis des Aristoteles, daß die Erde eine Kugel sei, verschwieg die mittel-

alterliche Kirche. Ja, sie fälschte sogar seine Schriften, um sie den Lehren der Bibel untertan zu machen.

Den Priestern standen die Alchimisten und Schwarzkünstler nicht nach. Warum sollte es nicht möglich sein, aus unedlen Metallen Gold zu gewinnen? Sie nutzten die Erkenntnisse des Aristoteles aus, münzten sie auf ihre unsauberen Geschäfte um, und so fanden sie, Goldmacher und Scharlatane, auch Zugang zu den Höfen der nach Macht und Reichtum gierenden Fürsten.

Wer anderer Meinung zu sein wagte als die geistliche Obrigkeit, verfiel dem Bannfluch der Kirche.

Zu den von der päpstlichen Zensur verbotenen Büchern gehörte auch das Hauptwerk des polnischen Astronomen Nikolaus Kopernikus „Über den Umlauf der Himmelskörper“. Kopernikus lehrte darin, daß nicht die Erde, sondern die Sonne im Mittelpunkt des Planetensystems stehe. Seiner Auffassung nach bildete die Erde nur einen winzigen Punkt in der Unendlichkeit des Weltalls, wobei von einem „göttlichen Beweger“ keine Rede sein könne.

Giordano Bruno, ein ehemaliger Dominikanermönch, mußte im Jahre 1600 in Rom den Scheiterhaufen besteigen, weil er sich in Wort und Schrift für die Verbreitung der Kopernikanischen Lehre eingesetzt hatte. Auch hatte sich Giordano Bruno geweigert, den von Aristoteles erklärten Unterschied zwischen Himmel und Erde anzuerkennen.

Aber der Papst und seine Kardinäle warteten vergeblich auf einen Widerruf, einen Schmerzensschrei aus dem Munde des „Ketzers“. Von Flammen umloht, schleuderte Giordano Bruno seinen Richtern die mutigen Worte entgegen: „Ihr fällt das Urteil gegen mich mit größerer Furcht, als ich es empfangel!“ Giordano Bruno starb in der Überzeugung: Bücher und Menschen kann man verurteilen und verbrennen, aber die Wahrheit läßt sich nicht aufhalten. Der Mensch wird den Himmel erforschen und die Luft erobern.

Galileo Galileis Freunde und Feinde

Die Kunde von der Hinrichtung Giordano Brunos verbreitete sich mit Windeseile im ganzen Land. Sie gelangte auch in die oberitalienische Handelsstadt Padua, wo Galileo Galilei, ein junger Gelehrter, als Mathematikprofessor wirkte. Er vernahm die Unglücksbotschaft mit Erschütterung und Abscheu. „Brunos Feinde sind auch meine Feinde“, sagte Galilei zu seinen Freunden. „Mit frommen Sprüchen werden keine Ozeane erobert, keine neuen Länder entdeckt, keine Städte, Paläste und Dome erbaut. Dazu bedarf es der exakten Wissenschaften!“

„Das alles hat seine Richtigkeit“, antworteten Galileis Freunde. „Aber bedenkt, daß man jeden Eurer Schritte überwacht, jedes Eurer Worte belauert. Seid Ihr nicht deshalb von Pisa fortgegangen und zu uns nach Padua gekommen?“

„Was wirft man mir vor? Daß ich meine Schriften nicht im Kirchenlatein abfasse? Es sind keine Kirchenbücher! Ich schreibe in der Sprache des Volkes; denn die Wahrheit soll jeder verstehen! Zwischen Himmel und Erde gibt es Dinge genug, die der Erklärung bedürfen!“

Entgegen den Warnungen seiner Freunde setzte Galilei seine wissenschaftlichen Forschungen fort. Mit einer neukonstruierten Waage wiederholte er den Versuch des Aristoteles zur Gewichtsbestimmung der Luft. Dabei glaubte er feststellen zu können, daß die Luft 460mal leichter sei als Wasser.

Auch das Wasser, das Aristoteles den vier Grundelementen zugerechnet hatte, untersuchte Galilei genauer. An einer hohlen Glaskugel in Hühnereigröße befestigte er ein strohhalmähnliches Röhrchen. Dann erwärmte er die Kugel mit der Hand und tauchte das Röhrchen ins Wasser. Aufmerksam beobachtete Galilei einen wichtigen physikalischen Vorgang: Kühlte sich die Kugel ab, sog die Luft das Wasser in das Röhrchen. Erwärmte sich die in der Kugel befindliche Luft, trieb sie das Wasser

zurück. Auf einfache Weise ließen sich mit diesem Instrument Wärme und Kälte sichtbar und meßbar machen. Außer den Temperaturunterschieden registrierte der „Wärmeanzeiger“ den Luftdruck, der das Wasser aus dem Gefäß in das Röhrchen trieb. Die gläsernen Zwillinge, Thermoskop genannt, wurden später voneinander getrennt. Als Thermometer und Barometer sind sie allen bekannt.

Von Padua übersiedelte Galilei nach Florenz. Hier wandte sich sein ungestümer Forscherdrang neuen Aufgaben zu. Er vereinigte als einer der ersten zwei geschliffene Gläser zu einem Mikroskop und stellte damit fest, daß der Floh Krallen an den Beinen hat. Die Geistlichkeit lachte über diese Entdeckung. „Seht, welch ein einfältiger Mensch dieser Galilei ist!“ sagten die Kuttenträger. Aber sie lachten zu früh . . . Galilei tauschte die Linsen aus und setzte sie zu einem Fernrohr zusammen. Mit seinem „Teleskop“, das die fernsten Gegenstände dreißigfach vergrößerte, beobachtete er die Gestirne. Dabei entdeckte er Wunder über Wunder: Auf dem Mond türmten sich Gebirge! Dunkle Flecke beschatteten die Sonne! Der Planet Saturn schien von einem Ring umgeben! Kleine Monde umkreisten den Planeten Jupiter! An der Bewegung der Erde und des Erdenmondes um die Sonne konnte es eigentlich keinen Zweifel mehr geben. Nikolaus Kopernikus und Giordano Bruno hatten recht gehabt.

Als Galilei in diesem Sinne zu seinen Studenten sprach, griff die Kirche ein. Im Jahre 1616 erfolgte seine erste Vernehmung vor der Inquisition. 1633 machte man ihm endgültig den Prozeß. Vor dem Altar der Kirche Santa Maria in Rom preßten ihm die päpstlichen Richter den Widerruf ab: „Ich, Galileo Galilei, siebenzig Jahre alt, persönlich im Zustand der Urteilsfähigkeit und auf den Knien liegend vor Euren Eminenzen, den hochwürdigsten Herren Kardinälen und Generalinquisitoren, vor meinen Augen die Heilige Schrift, ich schwöre ab, verfluche und verabscheue mit aufrichtigem Herzen und ohne Hintergedanken den



Irrtum und die Ketzerlehre von der Bewegung der Erde...“ Galilei, der mit eigenen Händen seine Schriften verbrennen mußte, blieb bis an sein Lebensende ein Gefangener. Sein Lehramt an der Universität Florenz übernahm sein ehemaliger Schüler Evangelista Torricelli. Der junge Professor war ein treuer Anhänger seines Lehrers.

Eines Tages wurde Torricelli zu einem Gärtner gerufen, der eine Pumpe aufstellen wollte. Der Brunnenschacht war tief genug ausgehoben. Der Mechanismus der Pumpe funktionierte einwandfrei. Trotzdem reichte die Saugkraft nicht aus, das Wasser zu heben. Wo lag der Fehler? Torricelli schlug vor, den gelehrtesten Mann der Stadt, Galilei, um Rat zu befragen. Für ein paar Stunden öffneten sich für den weißhaarigen, fast erblindeten Alten die Gefängnistore.

Galilei, der schon in jungen Jahren den physikalischen Eigenschaften des Luftdrucks nachgespürt hatte, wußte, welche wertvollen Dienste dieser beim Wasserheben leistete. Er brauchte

nur an sein Thermoskop zu denken. Doch das Geflüster und Getuschel der ihn begleitenden Gefängniswärter ließ vermuten, daß sie ihm eine Falle zu stellen beabsichtigten. Sollte er aus Furcht und wider besseres Wissen behaupten, der Fehler könne nur an der Pumpe liegen? Der Gefangene sann auf eine Antwort, mit der er Torricelli zum tieferen Nachdenken über das Wesen des Luftdrucks veranlassen könnte.

„Es scheint, das Wasser steigt in einem Brunnenschacht niemals höher als zweiunddreißig Fuß (10 m)!“ sagte Galilei betont gleichgültig. Die Kuttenträger fanden an der Antwort nichts auszusetzen. Torricelli aber merkte auf. Was will Galilei damit sagen, überlegte er. Ist es der Luftdruck selbst, der das Wasser am Höhersteigen hindert? In sein Laboratorium zurückgekehrt, beschloß er die Probe auf das Exempel.

Um der Wirklichkeit möglichst nahe zu kommen, hätte er für seinen Versuch ein zehn Meter langes Rohr benötigt. Verwendete er eine Flüssigkeit mit größerer Dichte als Wasser, mußte ein entsprechend kürzeres Rohr genügen. Torricelli füllte eine etwa 1 m lange, oben zugeschmolzene Glasröhre mit Quecksilber. Mit der Öffnung nach unten stellte er die Röhre senkrecht in eine ebenfalls mit Quecksilber gefüllte Schale, wobei er annahm, daß sich das Quecksilber aus der Röhre in die Schale ergießen und einen luftleeren Raum hinterlassen würde. Doch die silberne Säule blieb, wie von einer unsichtbaren Kraft gehalten, in einer Höhe von etwa 760 mm stehen.

Wenn wir den Versuch heute wiederholen, gelangen wir zu demselben Ergebnis; denn bei 760 mm halten sich im allgemeinen der Bodendruck des Quecksilbers und der Luftdruck, in Meereshöhe, das Gleichgewicht. Zu Ehren Torricellis bezeichnet man den Luftdruck, der einer 1 mm hohen Quecksilbersäule das Gleichgewicht hält, als „1 Torr“. Wir kennen diese Maßeinheit aus dem täglichen Wetterbericht.

Im Laufe der Zeit konnte Torricelli beobachten, daß das

Quecksilber manchmal etwas höher, manchmal etwas niedriger stand. Wenn das Quecksilber fiel, regnete es meist danach. Stieg das Quecksilber, war gewöhnlich mit schönem Wetter zu rechnen. Ohne Zweifel bildete der Luftdruck ein wichtiges Wetterelement. Im Wechselspiel der Kräfte bewegte sich die in der Röhre eingeschlossene Flüssigkeit ruhelos auf und ab, verkleinerte oder vergrößerte sich der luftleere Raum über der Quecksilbersäule.

Torricelli überlegte: Wie hoch mochte die Luftsäule sein, die dem glitzernden Quecksilber in der Glasröhre und dem Wasser im Brunnenschacht das Gleichgewicht hielt? Reichte sie bis zur Kirchturmspitze, bis zu den Wolken oder gar bis zu den Sternen? Erst wenn man das wußte, ließ sich der Bodendruck des Unsichtbaren genau berechnen.

Antwort auf diese Frage suchte auch Torricellis französischer Kollege Blaise Pascal. Die wassergefüllte „Luftwaage“, mit der Pascal anfangs experimentierte, erreichte die stattliche Höhe eines zweistöckigen Hauses. Später nahm er ebenfalls ein kleineres Rohr, bog es in die Form eines ungleichschenkligen „U“ und ersetzte das Wasser durch Quecksilber. Mit dem handlicher gewordenen Instrument ließ sich sogar der Kirchturm von Rouen besteigen. Hoch über den Dächern der Stadt glaubte Pascal einen geringen Luftdruckunterschied zu bemerken.

Sollte es möglich sein, daß sich mit zunehmender Höhe der Luftdruck verringerte, die Luft verdünnte? Was aber bedeutete bei einem solchen wichtigen Versuch die Höhe eines Kirchturms im Vergleich zur Höhe der Bergriesen in der Umgebung seiner Geburtsstadt Clermont-Ferrand? Beispielsweise der des 1465 m hohen, malerischen Puy de Dôme? Koste es, was es wolle: Der Berg mußte bestiegen werden!

Weil das Reisen damals noch zeitraubend und umständlich war, schrieb Blaise Pascal seinem in Clermont-Ferrand wohnhaften Schwager Perrier einen langen Brief. Darin erläuterte er

ihm die Beschaffenheit und Wirkungsweise des Barometers und die Ergebnisse seiner bisherigen Versuche. Der Brief schloß mit der dringlichen Bitte: „Fertige dir ein solches Barometer an, und ermittle damit den Luftdruck auf unseren heimatlichen Bergen!“

An einem Septembersonnabend des Jahres 1648 war es soweit. Im Beisein der vornehmsten Bürger der Stadt Clermont-Ferrand füllte Perrier das gebogene Glasrohr mit Quecksilber. Schon zu Füßen des Puy de Dôme, in 470 m Höhe über dem Meeresspiegel, stand die Quecksilbersäule mehrere Millimeter niedriger als in den tiefer gelegenen Städten Rouen, Paris und Florenz. Auf dem Berggipfel fiel das Barometer um weitere 80 mm.

Die Vermutung, daß in den höheren Schichten der Atmosphäre die Dichte der Luft abnimmt und der Luftdruck sich verringert, schien sich zu bestätigen.

Ermuntert und angespornt durch die von Torricelli, Pascal und Perrier gegebenen Beispiele, stellten Wissenschaftler in vielen europäischen Universitätsstädten Luftdruckmessungen an. Die Beobachtungsergebnisse fielen recht unterschiedlich aus. Ihr Vergleich zeigte, daß sich die Lufthülle der Erde in ständiger Bewegung befindet. Hatte man bis dahin angenommen, daß Wetter und Klima vom Stand der Gestirne abhängig seien, begann man von nun an, im Luftdruck und der Lufttemperatur, in Luftbewegung und Luftfeuchtigkeit bestimmende Wetterelemente und Klimafaktoren zu erkennen.

Gleich der Physik, der Mathematik und der Astronomie rückte die Wetterkunde, unter dem griechischen Namen Meteorologie, zur exakten Wissenschaft auf. Seither bilden das Thermometer und das Barometer, deren Erfindung wir in diesem Kapitel kennenlernten, das wichtigste Handwerkszeug der Meteorologen.

Um die Mitte des 17. Jahrhunderts berichteten „Fliegende Blätter“, die Vorläufer unserer Tageszeitungen, daß sich auch die Techniker für das Wesen der Luft zu interessieren begannen.

Einem solchen Praktikus war es gelungen, künstlich einen fast luftleeren Raum, ein Vakuum, zu erzeugen und für jedermann sichtbar nachzuweisen, welchen ungeheuren Druck die Luft auf alle Körper ausübt. Sein Name: Otto Guericke, sein Stand: Bürgermeister der Freien Reichsstadt Magdeburg.

Kraft aus dem Nichts

Regensburg glich in den Tagen des Reichstages, den Kaiser Ferdinand III. auf das Jahr 1654 in die Donaustadt einberufen hatte, einem lärmenden Rummelplatz. Endlich, nach dreißig Jahren Krieg und Kriegsgeschrei, herrschte wieder Friede im Land. Auf den Schlössern in der Umgebung, in den Festsälen der Stadt und in eilig aufgeschlagenen Prachtzelten versammelten sich der Hofstaat, die Reichsfürsten und die hohe Geistlichkeit zu üppigen Gelagen und rauschenden Festen. Auf den Wiesen im Schatten der Mauern und Türme vergnügte sich das Volk an den Darbietungen fahrender Künstler und Gaukler.

Unter den von weit her gekommenen Schaustellern befand sich auch Otto Guericke, der Bürgermeister von Magdeburg. Durch eine Vorführung besonderer Art hoffte er die hohen Herren für den Wiederaufbau seiner vom Kriege zerstörten Vaterstadt günstig zu stimmen. Hinter den zu beiden Seiten des Kaiserzeltes errichteten Barrieren drängten sich Stadtleute, Handwerker, Dienstboten und Bauern. Neugierig musterten sie den Magdeburger, der sich inmitten seiner Gehilfen auf die Ankunft des Hofes vorbereitete.

„Der Bürgermeister will sich wohl als Kunstreiter zeigen, weil er so viele Pferde mit sich führt?“ fragte ein kecker Schneidermeister.

„Sieht mir eher wie ein Pferdehändler aus!“ meinte sein Nachbar.

Ein junger Student schnitt eine spöttische Grimasse. „Wartet’s ab, Leute, Magister Guericke wird dem Kaiser blauen Dunst vormachen!“ Die Umstehenden lachten.

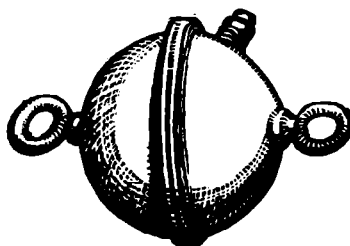
Fanfarenstöße aus der Ferne. Männer hoch zu Roß sprengten heran, Damen in vornehmen Karossen.

Guericke verbeugte sich vor der Hofloge. Mit einem herausfordernden Blick auf die Kirchenfürsten in ihren Purpurmänteln, in den schwarzen und braunen Talaren, erklärte er: „Es ist mir eine große Ehre, Eurer Kaiserlichen Majestät und den Hoheiten des kaiserlichen Hofes meine neuesten Erkenntnisse über das Wesen der Luft vorführen zu dürfen. Meine Versuche beweisen, daß die Luft ein körperliches Etwas ist, das von der Wärme ausgedehnt und durch die Kälte verdichtet wird. Wie alle Körper besitzt die Luft Gewicht, mit dem sie einen Druck auf Erde und Wasser, auf Pflanze und Gestein, auf Tier und Mensch ausübt!“

Die Vertreter der Geistlichkeit rutschten ungeduldig auf ihren Plätzen hin und her. Die Hofdamen langweilten sich. Eine Prinzessin gähnte. Mit lässiger Handbewegung forderte der Kaiser den Magdeburger Bürgermeister zum Weitersprechen auf.

„Ich behaupte nichts, was ich nicht vor aller Welt beweisen kann“, sagte Guericke. Dabei wies er zu einem der Planwagen hinüber.

Zwei seiner Gehilfen waren gerade dabei, vorsichtig zwei kupferne Halbkugeln abzuladen. „Zwei Halbkugeln gleicher Größe, aneinandergesetzt, ergeben eine Kugel. Indem ich die Luft aus der Kugel vertreibe, werde ich einen annähernd luftleeren Raum schaffen. Sechzehn der stärksten Pferde, die ich in Regensburg aufreiben konnte, sollen an der Kugel, die vom äußeren Luftdruck zusammengepreßt wird, ihre Kräfte messen!“ Guericke legte die Halbkugeln behutsam aneinander und fügte einen ölgetränkten ledernen Dichtungsring dazwischen. An dem oben angebrachten Ventil schloß er die von ihm konstruierte Luftpumpe an. Dann gab er seinen Gehilfen das Kommando zum Pumpen.



„Hau . . . ruck! Hau . . . ruck! Kräf . . . tig! Kräf . . . tig!“ rief das Volk. Die Burschen gerieten ins Schwitzen. Hinter dem Rücken des Kaisers zischelte der Bischof von Regensburg: „Narretei! Ketzerei! Es gibt keine Leere. Gott ist allmächtig und allgegenwärtig. Will der Magdeburger mit der Luftpumpe Gott vertreiben?“

Guericke ließ sich durch das Geflüster und Getuschel in der Hofloge nicht verwirren. Mit kräftigem Griff schloß er das Ventil und schraubte die Luftpumpe ab. Die Pferdeknechte schirrten an den beiden eisernen Haken der Kugel die Gäule an. Vier Paar auf jeder Seite.

„Hü, hü, hott!“ Die Pferde zogen vorsichtig an. Langsam hob sich die Kugel aus dem Gras und schwebte zwischen den Ortschaften in der Luft. Die Pferdeknechte schwangen ihre Peitschen. Das Geschirr spannte sich zum Zerreißen. Die beiden Halbkugeln aber hielten so fest zusammen, als wären sie aus einem Guß gefertigt. Mit gesenkten Hellebarden hielt die Stadtwache die aufgeregt vorwärts drängende Volksmenge zurück. Begeistert warfen die jungen Burschen ihre Mützen in die Luft.

„Bravo, Guericke!“ riefen Schneidermeister und Student.

„Es kann . . ., es darf keinen luftleeren Raum geben! Besinnt euch auf Aristoteles!“ Der Bischof bekreuzigte sich. „Entlarvt

den Scharlatan vor den Augen der Kaiserlichen Majestät, entlarvt ihn vor den Augen des Pöbels!“

Einige Kuttenträger hasteten über die Wiese. Von allen Seiten untersuchten sie die Halbkugeln nach versteckten Schrauben oder Klammern. Sie fanden nur das Ventil, das Guericke lächelnd öffnete. Mit Zischen und Fauchen strömte die Außenluft ein. Die Pfaffen sprangen entsetzt zurück und rafften ihre Talare. Sie flohen vor der Luft. Das Volk johlte und pfiff.

Als der Luftdruck innerhalb und außerhalb der Kugel gleich groß war, fielen die beiden Hälften mühelos auseinander, zwei Sirupkesseln gleich, lagen sie im Gras. Der Bischof, zornrot im Gesicht, bedrängte den Kanzler: „Kaiserliche Majestät soll dem Magdeburger Scharlatan befehlen, den Trick zu wiederholen. Diesmal werden wir ihm auf seine Schliche kommen!“

Der Kaiser befahl. Guericke tat, wie ihm geheißen. Der Versuch verlief genauso wie das erste Mal. Wieder wirkte der atmosphärische Luftdruck mit ungeheurer Kraft auf die beiden Halbkugeln und preßte sie fest aneinander. „Das ist die Kraft aus dem Nichts, Majestät, die viele Zeitgenossen noch ableugnen“, erklärte Guericke mit gehobener Stimme. „Aber Tatsachen und Erfahrungen lassen sich nicht leugnen. Eines Tages wird diese Kraft triumphieren und die Welt verändern helfen!“ Der Kaiser rümpfte verlegen die Nase. Der Bischof aber versuchte, seine Autorität und das Ansehen der Kirche zu retten. „Guericke ist und bleibt ein Scharlatan“, flüsterte er beschwörend dem Kaiser zu. „Was zeigt sein Versuch Ungewöhnliches? Wenn es Gott gefällt, besteht auch ein Nichts, gibt es auch eine Leere!“ Ohne Dank, ohne Gruß an die Bürger von Magdeburg wurde Otto Guericke entlassen.

Der erste deutsche Ingenieur

Entgegen den Wünschen seines Vaters, sich mit Jura zu befassen, hatte der junge Guericke in Leipzig und Helmstedt, Jena und Leiden Naturwissenschaft studiert und manche Nacht über den Büchern von Aristoteles, Bruno, Kopernikus und Galilei verbracht. 1627, mitten im Dreißigjährigen Krieg, von seinen Mitbürgern zum Ratsherrn und Ratsbaumeister von Magdeburg berufen, verteidigte er an ihrer Spitze die Tore und Wälle der Stadt gegen die Truppen des kaiserlichen Feldherrn Tilly.

Der Gegner besaß die Übermacht. 20 000 Einwohner Magdeburgs starben in den Flammen der brennenden Stadt oder wurden niedergemetzelt. Guericke geriet in Gefangenschaft. Von den Schweden freigekauft, wirkte er in ihren Diensten als Ingenieur und Festungsbaumeister in Erfurt. Kurz vor Kriegsende nach Magdeburg zurückgekehrt und zum Bürgermeister gewählt, wurde er mit dem Wiederaufbau der Stadt beauftragt und 1648 zu den in Münster stattfindenden Friedensverhandlungen geschickt.

Neben der anstrengenden Berufsarbeit blieb Guericke ein unermüdlicher Forscher. Als Anhänger der Lehre des Kopernikus wollte er auf seine Weise den Nachweis erbringen, daß sich die Planeten in einem luftleeren Raum um die Sonne bewegen. Und wenn es auf der Erde einen solchen luftleeren Raum noch nicht gab, mußte er künstlich geschaffen werden.

Guericke begann seine Experimente mit einem wassergefüllten Weinfäß und einer gewöhnlichen Wassersaugpumpe. Beim ersten Versuch, das mit Pech abgedichtete Faß luftleer zu pumpen, platzten die hölzernen Dauben. Der zweite Versuch gelang schon besser. Noch aber konnte durch die Poren des Holzes Luft eindringen. Für die dritte Versuchsreihe verbesserte Guericke die herkömmliche Pumpe. Außerdem verwendete er eine kürbisgroße Kupferkugel, die für den Anschluß der Luftpumpe mit einem

Messinghahn versehen war. Drei kräftige Männer bedienten im Schweiße ihres Angesichts den Pumpenschwengel. Plötzlich gab es einen Knall, laut wie ein Kanonenschlag. Die unsichtbaren Kräfte aus dem Nichts, der äußere Luftdruck, hatten die Kupferkugel zusammengedrückt.

Der experimentierfreudige Bürgermeister ließ eine neue Hohlkugel anfertigen. Sorgfältig prüfte er, daß die Arbeit des Kupferschmieds nicht die winzigste Delle oder Abplattung aufwies, die dem Luftdruck eine zusätzliche Angriffsfläche bieten konnte. Die Kugel hielt der Prüfung und Erprobung stand. Als sich der Pumpenkolben nicht mehr bewegen ließ, öffnete Guericke das Ventil. Kraftvoll strömte die Außenluft in die künstlich geschaffene Leere, in das Vakuum.

Nunmehr konnte der Magdeburger Bürgermeister den Luftdruck, den er bereits wie Torricelli, Pascal und Perrier mit dem Flüssigkeitsbarometer gemessen hatte, auf neue Weise nachweisen. Er bestieg mit der luftleeren Kugel einen Berg, öffnete das Ventil und ließ Luft einströmen. Zu Füßen des Berges öffnete er das Ventil abermals. Wiederum zischte Luft in die Kugel. Der Luftdruck im Tal war und blieb größer als auf einem Berggipfel. Aus dem Unterschied ließen sich sowohl der Bodendruck der Luft als auch die Höhe des Berges errechnen. Genauer ausgedrückt: In Erdnähe verringert sich der Luftdruck um durchschnittlich 1 Torr, wenn man 10,5 m emporsteigt.

Hoffnungsvoll hatte sich Guericke nach diesen aufsehenerregenden Experimenten auf die Reise nach Regensburg begeben. Enttäuscht kehrte er nach Magdeburg zurück. Und kaum war der Reichstag beendet, entbrannte der Streit zwischen den Anhängern der verstaubten Buchstabengelehrtheit und den Naturwissenschaftlern, die experimentell die physikalischen Eigenschaften der Luft erforschten, heftiger als jemals zuvor. Dabei wurde Guericke von beiden Seiten angegriffen, herausgefordert und sogar geschmäht.

Der Mann, der sich bescheiden „Ingenieur von Magdeburg“ nannte, nahm die Herausforderung an. Als Antwort an seine Widersacher verfaßte er in jahrelanger Nacharbeit eine umfangreiche Schrift, betitelt „Neue Magdeburger Experimente mit dem Vakuum“. Aber in keinem der zahlreichen deutschen Länder fand sich ein Drucker dafür.

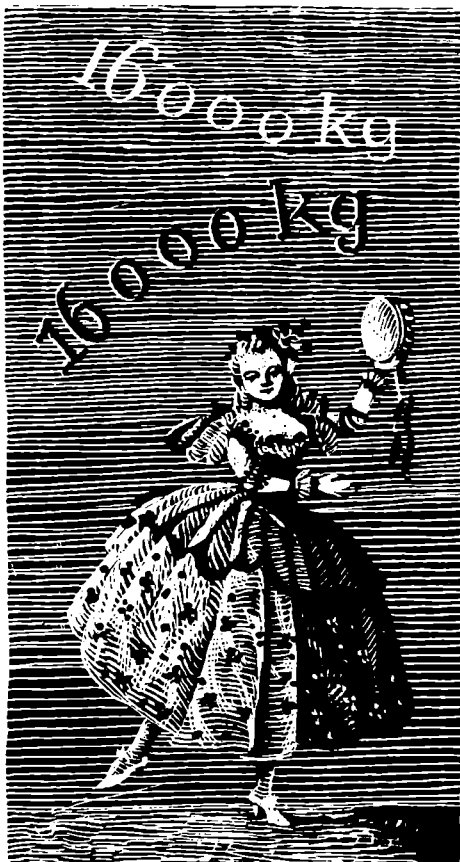
„Wer kann beurteilen, ob Sie recht haben oder ob Sie sich irren?“ sagten die Jünger Gutenbergs. Sie dachten nicht daran, wegen eines „Luftgeschäftes“ ihre Existenz aufs Spiel zu setzen. Sie beharrten selbst dann noch auf ihrer Ablehnung, als der Nachfolger Kaiser Ferdinands III. gnädigst geruhte, den großen Naturforscher und Techniker in den Adelsstand zu erheben.

Erst im Jahre 1672 erklärte sich ein Amsterdamer Buchhändler mit der Drucklegung der Schrift einverstanden. Allerdings zahlte er dem Verfasser, der insgesamt mehr als 20 000 Taler für seine Versuche ausgegeben hatte, keinen Pfennig Honorar. Zu seiner Entschuldigung führte er an: „Es wird mir schwer genug werden, das Buch zu verkaufen und die Druckkosten hereinzubringen!“ Unbegründet waren die Befürchtungen des Amsterdamer Buchhändlers nicht.

Noch hundert Jahre nach Guericke's Tod gab es in Deutschland Leute genug, die den Bodendruck der Luft, weil sie ihn selbst nicht spürten, als „blauen Dunst“ lächerlich machten. Als ein Gelehrter seinem „großen“ König erklärte, die Luft laste mit einem Gewicht von etwa 32 000 Pfund auf der Oberfläche des menschlichen Körpers, nahm ihn der Monarch mit in das Theater. Dort zeigte er ihm eine zierliche, leichtfüßige Tänzerin und herrschte ihn an: „Glaubt Er Dummkopf nun noch, daß der Mensch dreihundert Zentner Luft mit sich herumschleppt?“

Der König, der sich so blamierte, war Friedrich II., von einer liebedienerischen Geschichtsschreibung „Friedrich der Große“ genannt. Weder Kaiser noch Könige, weder Bischöfe noch Päpste konnten die Verdienste des „Ingenieurs von Magdeburg“ schmä-

lern. Mit der Luftpumpe und den Magdeburger Halbkugeln schuf er die physikalisch-technischen Voraussetzungen zur Entwicklung der atmosphärischen Dampfmaschine, der Vorläuferin der Dampfmaschinen von James Watt. Guericke zwang den Luftdruck, die Kraft aus dem Nichts, zur nützlichen Arbeit. Und mehr noch: Ohne luftverdünnten Raum, ohne die Vakuumtechnik gäbe es heute keine Glühlampen und Leuchtröhren, keine Rundfunk- und Fernsehapparate, keine Röntgengeräte, keine Elektromikroskope und keinen Raumflug. Mit seinen physikalischen Experimenten stellte Otto von Guericke den Chemikern die konkrete Aufgabe: Erforscht die chemische Beschaffenheit der Luft!



Vom Feuergeist und Sauerstoff



Diskussion in der „Mondgesellschaft“

Birmingham, der Schauplatz des nachfolgenden Geschehens, bildete bereits um die Mitte des 18. Jahrhunderts ein bedeutendes Wirtschaftszentrum Englands. Gestützt auf die reichen Kohlevorkommen der Umgebung, wuchsen die Fabrikneubauten wie Pilze aus der Erde. Zum Transport der Kohle, der Erze und Fertigerzeugnisse wurden Kanäle und Straßen gebaut. Die großen ökonomischen Umwälzungen durch die kapitalistische Produktionsweise ließen auch die Naturwissenschaften in Birmingham einen günstigen Nährboden finden.

Die einflußreichsten und gelehrtesten Männer der Stadt trafen sich an jedem ersten Montag nach Eintritt des Vollmondes in der sogenannten „Mondgesellschaft“. Ihre wissenschaftlichen Streitgespräche währten oft bis in die späten Nachtstunden.

In der Tischrunde nahm James Watt, der Erfinder der ersten betriebsfähigen Dampfmaschine und Mitinhaber der ersten Dampfmaschinenfabrik der Welt, einen Ehrenplatz ein. Die Dampfmaschinen von Watt fehlten in keinem englischen Bergwerk, keiner Textilfabrik, keiner Brauerei. Jede Dampfmaschine ersetzte Hunderte von Händen und brachte ihren Besitzern großen Gewinn. Neben Watt, der sich seines Ansehens wohl bewußt war, saß Erasmus Darwin, der Großvater des berühmten Naturforschers Charles Darwin. Am untersten Tischende, gemäß seiner Herkunft und Stellung, hatte ein junger Mann seinen Platz: Joseph Priestley, ein Tuchmachersohn. Die Bürger von Birmingham kannten ihn als Prediger. In der „Mondgesellschaft“ führte er als Philosoph und Chemiker das Wort.

Bei einer solchen Zusammenkunft überraschte Priestley seine Freunde mit der Mitteilung: „Es dürfte in Britannien bald einen neuen Luxusartikel für wohlhabende Leute geben. Ich habe die reine, die allerreinste Luft entdeckt!“ Die Tischrunde belachte Priestleys Eröffnung wie einen gelungenen Scherz.

„Habt Ihr wenigstens ein Probetütchen für jeden von uns mitgebracht?“ fragte James Watt.

„Leider – nein, Sir!“ antwortete Priestley. „Außer meiner Person genießen bisher nur zwei weiße Mäuse den Vorzug, diese außergewöhnliche Luft geatmet zu haben!“

Erasmus Darwin strich sich vergnügt den Backenbart. „Erzählt, Priestley, wie habt Ihr das Wunder vollbracht?“

Das Experiment war leicht erklärt. In einem luftleeren Glasgefäß hatte Priestley rotes Quecksilberoxid mit einem Brennglas erhitzt. Als er dem Gas, das sich dabei bildete, einen glimmenden Holzspan näherte, war dieser hell aufgeflammt.

„Die beiden Mäuse, die ich das Gas einatmen ließ, lebten darin fünfmal länger als in gewöhnlicher Luft“, erklärte Priestley nicht ohne Stolz. „Ich selbst, meine Herren, empfand beim Einatmen der veredelten Luft ein ausgesprochenes Wohlbehagen!“

„Wohlbehagen ist gut! Wie nennt Ihr Eure Luxusluft?“ fragte der alte Darwin.

„Noch habe ich keinen Namen dafür.“

„Das ist noch besser“, sagte Darwin. „Mir scheint, lieber Priestley, so originell ist Eure Erfindung nicht. Wir kennen das Luftelement ziemlich genau.“

James Watt nickte eifrig. „Denken wir nur an unseren hochverehrten Landsmann Sir Robert Boyle, den Zeitgenossen des Magdeburger Bürgermeisters Guericke. Boyle lehrte, daß man die Luft wie jedes andere Gas verdichten kann. Wir Techniker haben uns das von Boyle aufgestellte Gasgesetz zunutze gemacht. Das gilt auch für meine Dampfmaschinen, deren Vorzüge darin bestehen . . .“

Darwin winkte ab. „Bleiben wir beim Thema, verehrter Freund. Bekanntlich hat Boyle auch dem alten Unsinn von den vier Elementen den Garaus gemacht und an ihre Stelle die chemischen Grundelemente gesetzt. Wir kennen wohl deren zwanzig. Daraus folgt, daß die Luft sehr wohl aus mehreren verschie-

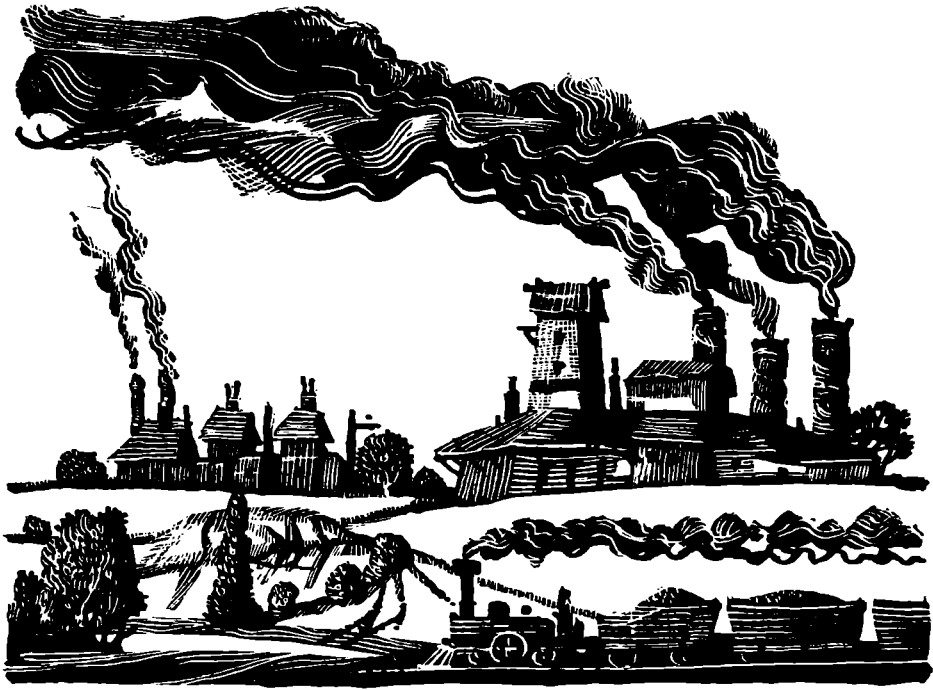
denen Elementen zusammengesetzt sein kann!“ Darwin ließ seine Blicke in die Runde schweifen, bevor er fortfuhr: „In diesem Zusammenhang möchte ich unseren Freund Priestley an das ‚Phlogiston‘ seines deutschen Kollegen Georg Ernst Stahl erinnern. Sagt nicht dieser Stahl, bei allen Verbrennungsprozessen und Umwandlungsvorgängen habe der Feuergeist ‚Phlogiston‘ seine Finger im Spiele?“

„Mit Verlaub, Mister Darwin“, meldete sich Priestley zum Wort. „Ich kenne das von Stahl aufgestellte Prinzip der Verbrennung sehr wohl!“ Und Priestley rezitierte mit geschlossenen Augen monoton: „Alle brennbaren Dinge, von der Wagenschmiere bis zur Kohle, enthalten Phlogiston. Bei ihrer Verbrennung bleibt das ‚Phlegma‘ zurück. Will man aus dem Phlegma die ursprünglichen Stoffe zurückgewinnen, muß man der Asche wieder Phlogiston zuführen!“

Priestley griff nach seinem Glas und nahm einen hastigen Schluck. „Ich aber frage Sie, meine Herren, was hat der Feuergeist mit meiner veredelten Luft zu tun!?“

„Sehr viel, lieber Priestley“, antwortete Darwin mit Nachdruck. „Bekanntlich ist der Feuergeist auch in der Luft enthalten, aus der er bei der Verbrennung entweicht. Sogar in unserem Blut soll Phlogiston rumoren!“ Der Naturforscher, der ein ausgezeichnete Redner war, glich einem wandelnden Lexikon. Seinen Redefluß konnte so leicht keiner hemmen.

„Mister Watt erwähnte den Namen und die Verdienste von Sir Robert Boyle. Gestatten Sie mir, daß ich Sie an die Versuche meines englischen Arztkollegen John Mayow erinnere. Was tat Mayow? Er setzte brennende Kerzen und auch Mäuse unter eine Glasglocke. Die Kerzenflamme erlosch. Die Mäuse hauchten ihr Leben aus, sobald die unter der Glasglocke gespeicherte Luft verbraucht war. Mayow bezeichnete beide Vorgänge, die Atmung der Kerze und die Atmung der Lebewesen, als Verbrennungsvorgänge!“



Eine Turmuhr schlug Mitternacht. Die kleine Gaststube war von Tabakrauch erfüllt. Priestley aber spürte keine Müdigkeit. Er dachte nicht daran, seine Entdeckung totreden zu lassen. Gespannt lauschte er dem weißhaarigen Alten.

„Ist die verräucherte Gaststube nicht auch eine solche Glasglocke? Die Luft ist zum Ersticken. Wir haben das Phlogiston verbraucht. Mit Sehnsucht denke ich, lieber Priestley, an ihre Mäuse. Sie befinden sich unter der Glasglocke mit der Luxusluft munter und fidel. Also kann es den Mäusen nicht an Phlogiston fehlen. Wissen Sie, mein Freund Priestley, was Sie entdeckt haben?“

Die Frage kam so rasch und zupackend, daß Priestley nur die eine Antwort darauf blieb: „Das Phlogiston. Es scheint so, wie Ihr befindet!“ Und mit gesenkter Stimme fügte er hinzu: „Deshalb werde ich die von mir erzeugte Luxusluft, das von mir erzeugte Gas, ‚brennbare Luft‘ nennen! Einverstanden?“

„Einverstanden!“ antwortete die Tafelrunde der „Mondgesellschaft“ von Darwin bis Watt einstimmig.

Unter diesem Namen fand der von Priestley entdeckte Sauerstoff Aufnahme in sein Hauptwerk mit dem Titel „Sechs Bände von der Luft“.

Von Georg Ernst Stahl, der als Leibarzt eines Preußenkönigs in Berlin, Potsdam und Halle amtierte, als unsichtbar und gewichtslos bezeichnet, war es dem Feuergeist noch einmal gelungen, sich der Entlarvung zu entziehen. Wie ein Kobold geisterte er noch viele Jahre durch die Köpfe und Retorten der Chemiker und stiftete nicht nur in der Birminghamer „Mondgesellschaft“ Verwirrung an.

Scheele entdeckt die „Feuerluft“

Der Apotheker Lökk in der berühmten schwedischen Universitätsstadt Uppsala konnte mit seinem neuen Laboranten zufrieden sein. Die Zeugnisse des aus Stralsund gebürtigen Carl Wilhelm Scheele, der in Göteborg, Malmö und Stockholm eine solide Ausbildung genossen hatte, waren ausgezeichnet. Sie alle lobten seine Bescheidenheit, Zuverlässigkeit und Begabung. Obwohl Scheele, als er 1770 nach Uppsala kam, noch keine dreißig Jahre zählte, waren ihm im Reiche der Chemie mehr Entdeckungen gelungen als manchem weißhaarigen und hochberühmten Gelehrten. So fand er das Chlor und viele chemische Verbindungen.

Etwa zu derselben Zeit wie der Engländer Priestley beschäftigte sich Scheele mit der chemischen Zusammensetzung der Luft, der Erklärung des Verbrennungsvorganges und der Phlogistontheorie. In seinen Kolben und Absperrschüsseln verbrannte er alle brennbaren Stoffe, deren er habhaft werden konnte.

Jedesmal gelangte Scheele zu dem gleichen Ergebnis: Bei der Verbrennung verschwand ein Fünftel der Luft, während vier

Fünftel in dem Kolben zurückblieben. Die Restluft, die im Kolben zurückblieb, bildete das glatte Gegenteil von der „Wunderluft“, die Priestley gefunden hatte. In ihr brannte weder eine Kerze, noch vermochte sich darin eine Fliege am Leben zu erhalten. Was hatte das zu bedeuten? Wohin war die „brennbare Luft“ entwichen? Konnte überhaupt ein Teil der Luft aus einem geschlossenen Glasgefäß entweichen? Fragen über Fragen, die Scheele keine Ruhe ließen.

Wie ein Jäger an die Fährte des Wildes heftete sich der Laborant an die Fährte der verschwundenen Luft. Er erhitzte Schwefelsäure mit Braunstein, fing die aufsteigenden Dämpfe ab und machte die Kerzenprobe. Die Flamme reckte und streckte sich und – erlosch. Wieder war ein Fünftel der Luft entwichen, blieben vier Fünftel verdorbene Luft zurück. Tags darauf erhitzte Scheele ein Gemisch von Salpeter und konzentrierter Schwefelsäure, bis sich im Rezipienten dunkelrote Dämpfe niederschlugen. Scheele gelangte zu einer wichtigen Erkenntnis: Aus Salpetersäure ließ sich brennbare Luft herstellen.

In den nun folgenden Versuchen mischte Scheele die künstlich gewonnene brennbare Luft mit verdorbener Luft. Er erhielt ein Luftgemisch, in dem die Kerze ebenso hell und so lange brannte wie in normaler Luft. Es konnte keinen Zweifel mehr geben: Die uns umgebende atmosphärische Luft mußte aus mindestens zwei verschiedenen Stoffen bestehen. Dabei konnte das Phlogiston nur in der brennbaren Luft enthalten sein. Erregt schrieb Scheele in sein Experimentierbuch: „Da diese Luft notwendig zur Entstehung des Feuers erfordert wird, werde sie der Kürze halber in Zukunft die Feuerluft genannt; die andere Luft aber, welche zur feurigen Erscheinung gar nicht dienlich ist, will ich in der Folge mit dem Namen verdorbene Luft (Stickluft) belegen!“

Nach Auffassung Scheeles setzte sich die den Erdball umgebende Lufthülle aus vier Teilen „Stickluft“ und einem Teil, dem flüchtigen Fünftel, „Feuerluft“ zusammen. Das angenommene

Mischungsverhältnis kommt der Wirklichkeit sehr nahe, dennoch suchen wir die Bezeichnungen „Stickluft“ und „Feuerluft“ in unseren Chemiebüchern vergebens. Die geheimnisvolle Feuerluft ist nichts anderes als das Element Sauerstoff (Oxygenium), die Stickluft das Element Stickstoff (Nitrogenium). Die Erstentdeckung des Stickstoffes war übrigens schon zwei Jahre vor Scheele, 1772, dem Engländer Daniel Rutherford gelungen.

Es ist bezeichnend für den verhängnisvollen Einfluß, den der preußische Leibmedikus Georg Ernst Stahl auf den Fortschritt der chemischen Forschung ausübte; weder Priestley noch Scheele erkannten ihren Irrtum. Noch ein dritter fiel ihm zum Opfer, der englische Chemiker und Physiker Henry Cavendish.

Als Entdecker des Wasserstoffs (Hydrogenium) glaubte Cavendish, das von ihm entdeckte Gas sei ebenfalls eine Verbindung der Luft mit dem Phlogiston. Die Vertreibung des Feuergeistes blieb einem Franzosen vorbehalten.

Monsieur Lavoisier bedient sich der Waage

Im Jahre 1774 reiste Mr. John Priestley von Birmingham nach Paris, um seine „Wunderluft“ in Frankreich vorzuführen. Sein Gastgeber in der Stadt der Paläste, Gärten und Kirchen, der Theater und Hochschulen hieß Antoine Laurent Lavoisier.

Als Verwalter der französischen Salpeter- und Pulverfabriken zählte Lavoisier zu den einflußreichsten Männern seines Landes. Bewandert auf dem Gebiete der Chemie, erkannte Lavoisier sogleich die Bedeutung der von Priestley gezeigten Versuche. Er beschloß, sie in seinem eigenen chemischen Laboratorium zu wiederholen und dabei ganz von vorn zu beginnen, gewissermaßen bei Aristoteles.

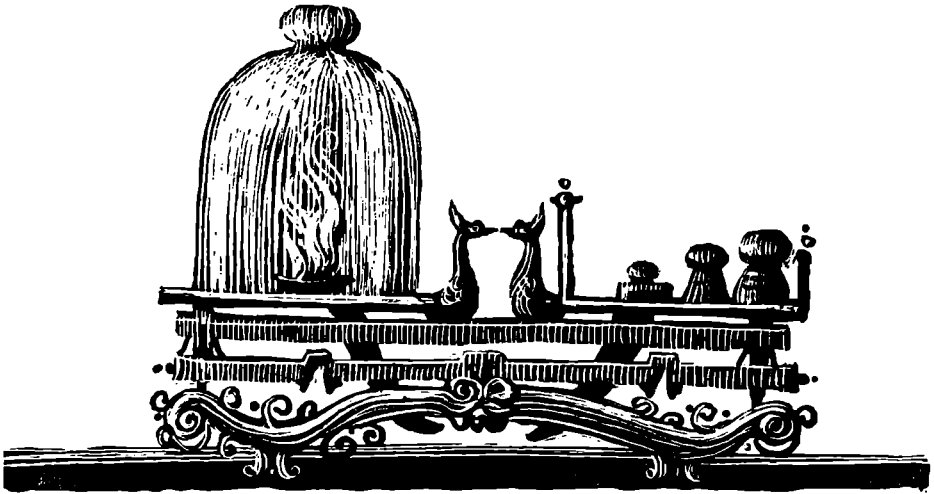
Aristoteles hatte behauptet, Wasser verwandle sich beim Verdampfen in Erde. Also erhitzte Monsieur Lavoisier eine genau

abgewogene Wassermenge 100 Tage lang in einem geschlossenen Glasgefäß. Ergebnis: Das Gewicht und der Zustand des Wassers blieben unverändert. Von Erde nicht die geringste Spur. Lavoisier hatte es nicht anders erwartet. Schon Sir Robert Boyle, sein Name wurde bereits in der Tischrunde der „Mondgesellschaft“ genannt, hatte den Nachweis erbracht, daß durch die Mischung und Verwandlung von Feuer, Erde, Wasser und Luft höchstens zufällig etwas Neues und Brauchbares entsteht. Danach wiederholte Lavoisier die Versuche von Priestley und Scheele. In einer Retorte erhitzte er Zinn, Blei und Quecksilber. Ergebnis: Die Metalle verbrannten, wobei ein Fünftel der Luft verbraucht wurde. Mit der Feinwaage wies Lavoisier nach, daß die Metalle um ebenso vieles schwerer geworden waren, wie der Verlust an „Feuerluft“ ausmachte.

Das stand im Widerspruch zur Phlogistontheorie, wonach der „Feuerstoff“ bei der Verbrennung entweichen sollte. Wäre es an dem, dürften die Metalle nach dem Verbrennungsvorgang jedoch nicht schwerer werden, sondern hätten an Gewicht verlieren müssen. Der Feuergeist war eingekreist, der flüchtige Teil der Luft endlich gefunden!

Im September 1777, Priestley war längst nach England zurückgekehrt, fand in der Akademie der Wissenschaften zu Paris eine bedeutende Sitzung statt. Mit einer Feinwaage in der Hand betrat Monsieur Lavoisier den überfüllten Vortragssaal und schritt zum Katheder. Während er die schwarze Wandtafel mit Zahlen und Zeichen bedeckte, erklärte er den klügsten Köpfen seines Landes den Verbrennungsvorgang. Die Herren Professoren tuschelten, murrten und protestierten wie einst die Pfaffen auf dem Regensburger Reichstag.

Einer der Gelehrten forderte: „Bitte, Monsieur Lavoisier, erbringen Sie uns den Beweis, daß es keinen Feuerstoff gibt! Beweisen Sie, daß beim Verbrennungsprozeß nichts entweichen kann!“



„Ich will und ich werde es Ihnen beweisen!“ Lavoisier warf energisch den Kopf in den Nacken. Sein Famulus rückte die Versuchsanordnung zurecht: eine auf einem Kohleofen erhitzte Retorte, die mit einer Glasglocke verbunden war. Lavoisier wog die Luft und den chemischen Grundstoff Zinn ab, der sich mit dem Sauerstoff vereinigen sollte. Der Versuch selbst beanspruchte nur wenige Minuten. Danach griff Lavoisier wiederum zur Feinwaage. Durch die Verbrennung hatte sich der Sauerstoff in den Gefäßen derartig verringert, daß bei ihrem Öffnen die Luft mit hörbarem Zischen eindrang.

Die Zweifler, die Anbeter des Feuergeistes, triumphierten. Aber das Lachen erstarrte auf ihren Gesichtern, als Lavoisier das Zinnoxid wog. Es war schwerer geworden.

Lavoisier erklärte: „Bei chemischen Vorgängen entsteht nichts Neues, und nichts geht verloren. Es ändert sich nur die Form der Materie. Die Summe der in den Umwandlungsprozeß eingeschlossenen Stoffmengen ist und bleibt unveränderlich!“ Bei diesen Worten griff Lavoisier zur Waage und erhob sie gegen das Publikum. „Die Waage beweist es; sie widerlegt den Augenschein und das Vorurteil!“

Am Vorabend der Französischen Revolution, im Jahre 1789, versammelte Lavoisier seine Freunde und Anhänger abermals um sich. In einem halbdunklen Raum loderte in einer Tonschale ein offenes Feuer und warf gespenstische Schatten gegen die Wände. Musik ertönte, gedämpft und feierlich; ein Requiem, wie zu einer Totenmesse. Lautlos öffnete sich die Tür. Eine Priesterin trat über die Schwelle. Es war Madame Lavoisier, gekleidet in ein Theaterkostüm. In den Händen trug sie eine Schriftrulle. Die Anwesenden wußten, was damit symbolisiert werden sollte, Stahls Lehre vom Phlogiston. Den züngelnden Flammen übergeben, loderte das Papier hell auf und erlosch. Der Feuergeist, der die Wissenschaftler lange genug genarrt und irregeführt hatte, war gerichtet.

Der Sauerstoff steht im Mittelpunkt

Mit dem Zeitalter der Aufklärung, mit der Französischen Revolution und der Beseitigung des Feudalismus, brach auch für die Naturwissenschaften eine neue Epoche an.

Lavoisiers Schüler wirkten nach seinem Tode im Sinne ihres Lehrers weiter. Sie gesellten dem von ihm aufgestellten System der Elemente, in dessen Mittelpunkt er den Sauerstoff gerückt hatte, immer neue Elemente hinzu. Betrug ihre Zahl im Todesjahr Lavoisiers erst 23, so waren 1850 schon 59 und gegen Ende des 19. Jahrhunderts fast alle natürlich vorkommenden Elemente bekannt. Der Sauerstoff ließ sich dadurch nicht aus seiner Schlüsselstellung verdrängen. Sauerstoff ist das auf der Erde verbreitetste chemische Element und als solches zu etwa 50 Prozent am Aufbau der gesamten Erdrinde beteiligt. Die Verbrennung ist einer der häufigsten chemischen Vorgänge und deshalb von größter Bedeutung für fast alle chemischen Umsetzungen. Die größten Sauerstoffvorräte enthält aber nicht die Luft, sondern

das Wasser, mit 88,8 Prozent. Der Sauerstoffgehalt der Luft beträgt hingegen nur 20,75 Prozent, das vielgenannte und lange gesuchte Fünftel.

Der von Scheele gegebenen ersten chemischen Analyse der Luft fügte Lavoisier eine wichtige Ergänzung hinzu. Er stellte fest, daß in der atmosphärischen Luft außer Stickstoff und Sauerstoff noch andere Gase vorkommen. Besonders Kohlendioxid mit 0,03 Prozent und Wasserstoff mit 0,01 Prozent. Ihr Gehalt an Edelgasen blieb Lavoisier mit seinen bescheidenen Apparaten noch verborgen. Die Elemente Argon, Neon, Krypton und Xenon wurden erst ein Jahrhundert später entdeckt.

Der „Kreislauf des Lebens“



Ausgerechnet „Knallerbsen“ ...

Markttag in der hessischen Residenzstadt Darmstadt. Hinter den Körben mit Obst und Gemüse, Butter und Eiern hockten die Bäuerinnen aus der Umgebung. Hühner gackerten, Ferkel quietschten. Am Marktbrunnen hatte ein Zahnbrecher seine Praxis aufgeschlagen. Daneben, ein roh gezimmerter Tisch, ein Stück Leinwand als Dach darüber, der Stand eines landfahrenden Raritätenhändlers.

Aus Kruken und Flaschen goß er Flüssigkeiten in ein bauchiges Gefäß, warf eine Silbermünze hinein und bedeckte den Zaubertopf mit einem bunten Tuch. Die dünnen, behaarten Hände zu geheimnisvollen Gebärden erhoben, murmelte der Händler unverständliche Beschwörungsformeln.

Die neugierigen Stadtleute und Bauernburschen drängten näher. Ein Schulbube, die Mappe mit den Büchern unter den Arm geklemmt, beobachtete mit großen, durchdringenden Augen den Hokusfokus. Zufrieden mit dem Zulauf, den seine Schau-stellung fand, zog der Raritätenhändler das Tuch von dem Gefäß. Rote und gelbe Dämpfe wallten auf. Es brodelte und zischte. Und es stank. Die Zuschauer hielten sich die Nasen zu, wichen zurück. Der Schulbube aber lief, mit einem schelmischen Lachen im Gesicht, davon.

So also werden Knallerbsen gemacht! dachte er auf dem Heimweg. Salpetersäure, Alkohol und ein paar Silberplättchen braucht man dazu. Das kann ich mir beschaffen. Gleich heute nachmittag will ich das Experiment wiederholen ... Georg Liebig, der Vater des Schulbuben, freute sich darüber, daß sich sein Sohn Justus für die Chemie interessierte.

Als Materialwarenhändler und Drogist besaß Georg Liebig in Darmstadt nicht nur einen wohlgefüllten Laden. In einem Gartenhaus vor den Toren der Stadt hatte er sich ein richtiges Laboratorium eingerichtet. Hier mischte er seine Farben, Lacke und

Firnisse. War die Arbeit getan, experimentierte er auf gut Glück. Justus durfte ihm dabei helfen, und gemeinsam freuten sie sich über ihre Entdeckungen.

Hatte das ein Aufsehen in der Stadt gegeben, als Georg Liebig sein Haus mit „brennbarer Luft“ illuminierte! Sogar die Darmstädter Zeitung berichtete davon. Die erste Gasbeleuchtung im Großherzogtum Hessen brannte nicht im Schloß, sondern in Liebig's Laden! Nein, der „Hexenmeister“ hatte nichts dagegen einzuwenden, daß sich sein Sohn in der Freizeit mit Chemie beschäftigte.

Ungestört konnte Justus mit den Chemikalien aus Vaters Magazin Knallerbsen fabrizieren. Eine ganze Schachtel voll, damit sie auch für die Klassenkameraden reichten. Darüber wurde es Abend. Die Schularbeiten blieben unerledigt liegen. –

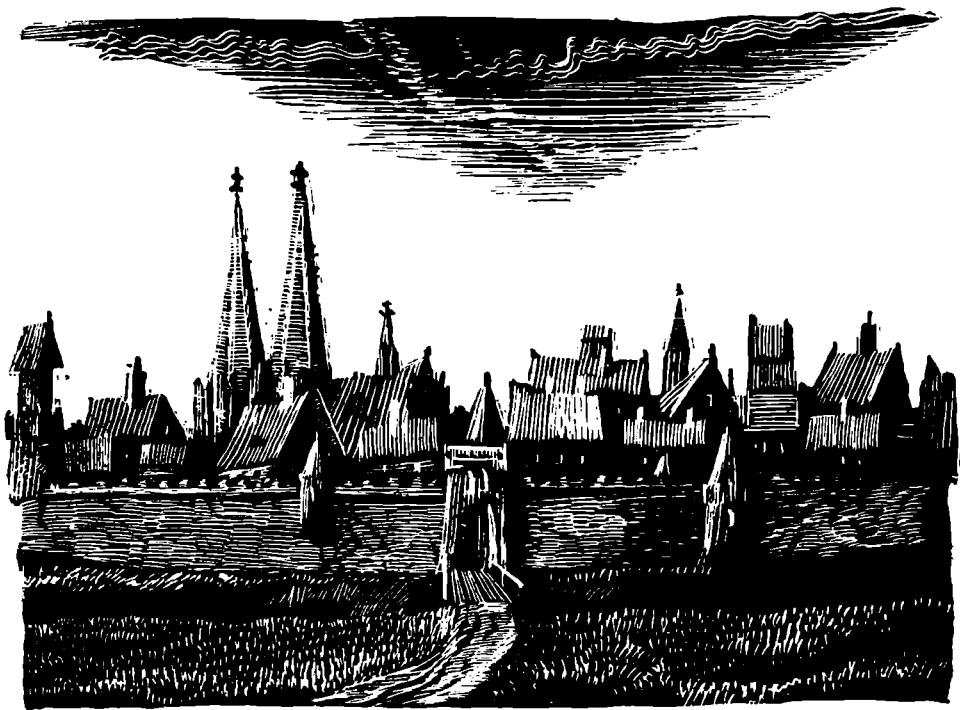
„Hausaufgaben vorzeigen!“ sagte der Lehrer am nächsten Morgen, kaum daß er das Klassenzimmer der Sekunda betreten hatte. Justus schreckte auf. Sollte er eingestehen, daß er sich anstatt mit den Lehrbüchern mit Chemie beschäftigt hatte? Niemals! Am Darmstädter Gymnasium wurde keine Chemie, keine Physik gelehrt. Selbst um die Mathematik war es schlecht bestellt.

Plötzlich ein Knall, eine knatternde Flamme. Justus und seine Mitschüler lachten, denn der Lehrer war auf eine Knallerbse getreten, die sie aus Übermut aufs Podium gelegt hatten.

Fassungslos starrte der Lehrer seine Schüler an, drehte sich dann um und verließ geräuschvoll das Klassenzimmer. Kurze Zeit darauf kehrte er mit dem Rektor zurück. Die Aussprache, die nun folgte, war kurz. Justus, der sich von seinem Platz erhoben hatte, bekannte seine Schuld als Hersteller der Knallerbsen. Da der Rektor wußte, daß Liebig in seinen Leistungen nachgelassen hatte, fragte er: „Was willst du eigentlich mal werden?“

Justus antwortete erregt: „Chemiker!“

„Ein Scharlatan also, wie sie von Jahrmarkt zu Jahrmarkt



ziehen?“ Der Rektor mußte lachen. „Na gut, ich werde mit deinen Eltern sprechen.“

Dem Drogisten Georg Liebig blieb nach diesen Vorkommnissen keine andere Wahl, als seinen Jungen aus der Schule zu nehmen.

Das war 1817. Er schickte Justus zu einem Apotheker nach Heppenheim an der Bergstraße in die Lehre. Sollte er sich in der Praxis bewähren! Zehn Monate später kehrte Justus Liebig mit seinem Reisebündel nach Darmstadt zurück. „Der Herr Apotheker hat mich an die Luft gesetzt!“ erklärte er dem verutzten Vater. „Warum? Beim Experimentieren hat’s einen Knall gegeben!“ Die Tatsache, daß dabei eine Dachecke herausgerissen worden war, ließ er unerwähnt.

Vater Liebig rautte sich die Haare. Aber er ließ die Hoffnung nicht sinken. Verbindungen zur Universität in Bonn wurden

geknüpft. Professor Kastner, der dort lehrte, erbot sich, den jugendlichen Sprühkopf unter seine Fittiche zu nehmen, ihn in das Studium der Chemie, der Physik und Mineralogie einzuführen. Bald darauf gingen Schüler und Lehrer nach Erlangen, wo der achtzehnjährige Justus, der ehemalige „Knallerbsen“-Hersteller, seine erste wissenschaftliche Arbeit veröffentlichte. Sie beschäftigte sich mit den knallsauren Salzen.

Der große Knall ließ auch in Erlangen nicht auf sich warten. Doch er war von anderer Art als in Darmstadt und Heppenheim. Der Student Liebig beteiligte sich aktiv an den patriotischen Studentenbewegungen seiner Zeit. Mehrere seiner Freunde wurden verhaftet. Politischer Umtriebe verdächtigt, mußte Liebig Hals über Kopf aus Bayern flüchten. Über Hessen ging er 1822 nach Paris.

In Paris, seit Lavoisier die „Stadt der Chemie“, konnte Liebig seine Studien zielstrebig fortsetzen. Seine Doktorarbeit „Über das Verhältnis der Mineralchemie zur Pflanzenchemie“ erregte beträchtliches Aufsehen. Größeres Aufsehen noch erregte Liebig's Berufung als Professor für Chemie an die hessische Landesuniversität Gießen.

Liebigs künftige Professorenkollegen steckten die grauhaarigen Köpfe zusammen. „Noch keine einundzwanzig Lenze zählt dieser Grünschnabel namens Liebig...! Welche Schmach – ein Krämersohn als Professor...! Vom Darmstädter Gymnasium soll er ausgeschlossen worden sein...!“ Sie rieben sich schadenfroh die Hände, als Justus Liebig das Wachlokal einer ehemaligen Kaserne zum Ausbau für ein Unterrichtslaboratorium zugewiesen erhielt. Um einen Spitznamen für Liebig und seine Schüler waren die Herren Professoren auch nicht verlegen. Wegen ihrer blauen Arbeitskittel wurden sie respektlos „Blaufärber“ genannt.

Neid und Mißgunst konnten nicht verhindern, daß Liebig und sein Laboratorium innerhalb eines Jahrzehntes Weltruf

erlangten. Durch Einführung neuer Unterrichtsmethoden, fortschrittlicher Arbeitsverfahren und verbesserter Experimentiergeräte brachte Liebig in kurzer Zeit Ordnung in den Wirrwarr der organischen Chemie, der Chemie der Kohlenstoffverbindungen. Besonders angezogen fühlten sich die Studenten aus nah und fern durch das Bestreben ihres Lehrers, die Wissenschaft der Chemie mit der Praxis zu verbinden.

Er führte die Chemie in die Landwirtschaft ein und erforschte den großen „Kreislauf des Lebens“. Damit sind wir wieder beim Hauptanliegen unseres Buches; denn die Luft bildet unser wichtigstes „Lebensmittel“. Der Mensch kann etwa einen Monat lang hungern und einige Tage lang dürsten. Aber bereits nach wenigen Minuten erlischt sein Leben, wenn die Luftzufuhr unterbrochen wird.

Brot für alle hat die Erde

Häufig besuchte Professor Liebig mit seinen Studenten die Bauern auf dem Lande. Im Frühjahr erkundigte er sich nach dem Stand der Aussaat, im Herbst nach dem Ertrag der Ernte. Froh darüber, sich einmal aussprechen zu können, schimpften die Bauern über die hohen Abgaben an die Grundherren und über die zurückgehenden Ernteerträge.

„Früher wuchs das Korn mannshoch auf dem Feld“, sagte ein alter Bauer. „Heuer hat es nur kümmerliche Halme hervorgebracht. Der Boden gibt von Jahr zu Jahr weniger Frucht!“

„Woran mag das liegen?“ fragte Liebig seine Studenten. „Liegt es an der Arbeit des Landmannes? Liegt es am Wetter? Droht der Menschheit der Hungertod?“

Die Studenten überlegten. „Vielleicht fehlt dem Boden etwas, was die Pflanze zu ihrer Nahrung braucht?“ fragte ein langer Blondschoopf.



„Das könnte die Antwort sein!“ sagte Liebig. „Jedenfalls deutet sie an, daß die chemischen Erscheinungen im Mineral-, Pflanzen- und Tierreich in einem Zusammenhang stehen. Nur Dummköpfe können glauben, irgendeine geheimnisvolle Lebenskraft bewirke das Wachstum der Pflanzen!“

Der Bauer, der aufmerksam zugehört hatte, kratzte sich nachdenklich hinterm Ohr. „Auf Sonnenschein und Regen kommt es an!“ sagte er.

„Ja“, pflichtete Liebig ihm bei. „Was aber geben Sonnenschein und Regen der Pflanze? Was entnimmt die Pflanze dem Boden und was der Luft? So müssen wir fragen!“ Unter Liebigs Anleitung begannen die Chemiestudenten mit einer langen Serie von Bodenuntersuchungen und Pflanzenanalysen. Alles erreichbare Grünzeug wurde verbrannt, die Asche gründlichst untersucht. Dabei stellten sie fest: Die Pflanzen enthalten Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff, ferner Phosphor, Schwefel, Magnesium, Kalzium und Eisen. Sogar Silizium, Kalium, Chlor und Spuren solcher Elemente, wie sie bis dahin nur aus der Zusammensetzung der unbelebten Materie bekannt

waren, fanden sich in der Pflanzenasche. Mit diesem „Steckbrief“ in der Hand konnten die Chemiker der Herkunft der Elemente nachforschen.

Den zum Aufbau der Pflanze erforderlichen Kohlenstoff lieferte ohne Zweifel das Kohlendioxid des Luftozeans. Den Nachweis dafür hatte schon der Botaniker Theodore de Saussure, einer der Pariser Lehrer Liebig's, erbracht. Sicher stammte auch der Stickstoff aus der Luft. Daß der Stickstoff von der Pflanze nur auf dem Umweg über den Boden und die Bodenbakterien aufgenommen werden kann, entdeckte Liebig erst später.

Sauerstoff und Wasserstoff entnahmen die Pflanzen vermutlich dem Grundwasser des Bodens. Liebig zweifelte nicht daran, daß auch die Mineralien aus dem Boden stammten, da diese Stoffe in den bodennahen Luftschichten nicht nachgewiesen werden konnten. Selbst in der unscheinbarsten Pflanze mußten demnach erstaunliche Prozesse vor sich gehen.

Das Blatt einer Pflanze läßt sich mit einer komplizierten chemischen Fabrik vergleichen. Unter der Einwirkung der Sonnenenergie und durch Vermittlung des Blattgrüns, des Chlorophylls, entnimmt die Pflanze der Luft das Kohlendioxid. Gleichzeitig saugt sie mit ihren Wurzelfasern aus dem Erdboden das Wasser und die darin gelösten Mineralsalze auf. Aus diesen Rohstoffen bildet die Pflanzenfabrik Kohlenhydrate und Eiweiß, wobei Sauerstoff frei wird, den sie an die Luft abgibt. Diese komplizierten Vorgänge werden als Assimilation und Photosynthese bezeichnet. Ihr Geheimnis konnte Liebig nur ahnen; enträtselt wird es erst von den Wissenschaftlern unserer Zeit.

Dem grünen Blatt gebührt unsere Bewunderung. Allein von den Landpflanzen werden jährlich schätzungsweise 19 Milliarden Tonnen, vom Plankton der Weltmeere 150 Milliarden Tonnen Kohlenstoff gebunden und in organische Verbindungen umgesetzt. Entsprechend groß sind die Sauerstoffmengen, welche die Pflanzen dabei an die Atmosphäre abgeben. Ohne Übertrei-

bung nennt man die Wälder und Grünanlagen die „Lungen der Natur“. Wir könnten ohne sie nicht leben.

Kehren wir aus dem Reich der Zahlen und Elemente in das Landstädtchen Gießen und auf die umliegenden Felder der Bauern zurück. Die Untersuchung der Pflanzenasche und die Auswertung der Bodenproben verrieten, was dem erschöpften Boden fehlte. Die Asche der „Kümmerlinge“ enthielt nur wenig Kali, Phosphor, Stickstoff. Der Bauer hatte sie mit der Ernte davongetragen. Dabei erwies sich selbst der bisher unbedeutende Stickstoff als lebenswichtig. Wenn die Ernteerträge nicht weiter absinken, sondern auf ihrer Höhe gehalten und sogar gesteigert werden sollten, mußten dem Boden Nährstoffe zugeführt werden.

„Grau ist alle Theorie“, sagte Professor Liebig zu seinen Studenten. „Beweisen wir ihre Richtigkeit in der Praxis!“ Gemeinsam karrten Lehrer und Schüler viele Wagenladungen künstlichen Dünger, überlegt ausgewählte Abfallprodukte aus dem Universitätslaboratorium, vor das Stadttor hinaus. Für das Gespött seiner Kollegen brauchten Liebig und seine „Blaufärber“ auch diesmal nicht zu sorgen. Daran aber wollten sich die Spötter nicht mehr erinnern, als sie der Chemieprofessor nach jahrelanger mühevoller Versuchsarbeit zu einem Besuch seines Feldes einlud. Durch sachgemäße Düngung hatte sich die unfruchtbare Sandwüste am Rande des Gießener Philosophenwaldes in einen blühenden Garten verwandelt.

„Warum soll der Mensch der Natur nicht unter die Arme greifen?“ fragte Liebig mit feinem Lächeln seine Gäste. Und mit Nachdruck fügte er hinzu: „Die Zeit wird kommen, meine Herren, wo man den Acker, wo man jede darauf angebaute Pflanze mit dem entsprechenden Dünger versieht. Mit Dünger aus chemischen Fabriken! Die Chemie wird den Hunger besiegen!“

Der Boden, der organische Stoffe in anorganische verwandelt, und das Pflanzenreich, das die Verwandlung anorganischer

Stoffe in organische bewirkt, bilden nur zwei der Stationen im großen Kreislauf des Lebens. Er wäre unvollständig ohne das Tierreich und ohne uns Menschen.



„Maschine“ Mensch?

Liebigs bahnbrechende Studien über die „Agrikulturchemie“ erschienen im Jahre 1840. Zwei Jahre später folgte sein bedeutungsvolles Werk über die „Tierchemie“. Beide Bücher bilden ein Ganzes, verbunden durch die Erkenntnis: „Ein ebenso erhabener als weiser Zweck hat das Leben der Pflanzen und Tiere auf wunderbar einfache Weise aufs engste aneinandergeknüpft.“

Wir erinnern uns: Die Pflanze entnimmt der Luft Kohlendioxid und gibt dafür Sauerstoff ab. Die Atmung dient dem Stoffwechsel der Pflanze, dem Aufbau von Kohlenhydraten und Eiweiß, auf die Mensch und Tier als Nahrung angewiesen sind. Kohlenhydrate und Eiweiß sind organische Stoffe. Die wichtigsten Pflanzennährstoffe aber sind anorganischen Ursprungs. Die Umwandlung der anorganischen Stoffe in organische Stoffe erfolgt in den Blattfabriken. Was Mensch und Tier von ihrer Nahrung ausscheiden, wird im Boden wiederum anorganisch. Es kann also den Pflanzen erneut zur Nahrung dienen. Erst damit ist der Kreislauf der Stoffe und des Lebens geschlossen.

Liebigs Untersuchungen zeigten, daß die Asche von Mensch und Tier dieselbe elementare Zusammensetzung aufweist wie die der Pflanzen. In seiner Phantasie verglich der Gießener Professor auch den Menschen, von der Bibel als „Krone der Schöpfung“ bezeichnet, mit einer chemischen Fabrik. Eine solche nüchterne und sachliche Vorstellung bedeutete eine Umwälzung des wissenschaftlichen Denkens. Aber die dunklen Zeiten der Inquisition, der Bücherverbrennung und der Hinrichtung von Verkündern der Wahrheit gehörten der Vergangenheit an.

Die Zeitgenossen Liebigs bewunderten die Welt der Dampfmaschinen, die stählernen Giganten der Technik. Dampfschiffe überquerten die Ozeane und rückten die Kontinente einander näher. Dampfeisenbahnen verbanden die Industriezentren und Handelsmetropolen durch ihre stählernen Schienenstränge. In

England und Frankreich verkehrten sogar schon Dampfomnibusse, die Vorläufer unserer Automobile. Im Überschwang der Begeisterung für den technischen Fortschritt verglich man selbst die Leistung von Mensch und Tier mit den stampfenden Maschinen. Die Leistungseinheit „Pferdestärke“ (PS) stammt aus jener Zeit.

Ähnlich, wie man der Lokomotive Kohle und Wasser zuführt, müssen wir unseren Körper mit „Brennstoffen“, richtiger gesagt Nährstoffen, versorgen. Zwischen der Verbrennung der Kohle in der Feuerbuchse der Lokomotive und den Grundstoffen der Nahrung in unserem Körper besteht auf den ersten Blick tatsächlich eine gewisse Ähnlichkeit. Der Verbrennungsvorgang in der Lokomotive erzeugt die Energie, die den Zug vorwärts bewegt. Ebenso gewinnen unsere Muskeln aus dem Verbrennungsvorgang in unserem Organismus die Energie, um bestimmte Arbeiten zu verrichten. Dennoch bestehen wesentliche Unterschiede zwischen der von Menschengestalt ersonnenen und von Menschenhand geschaffenen Lokomotive und unserem Körper. Der Maschine fehlt das Gehirn, das dem Menschen als einzigem Lebewesen das Denken und die Sprache ermöglicht.

Nach dem Verlassen der Fabrikhallen ist die Lokomotive ein fertigkonstruiertes Produkt. Abgesehen vom Verschleiß, wird es nicht mehr umgeformt, entwickelt es sich nicht weiter.

Anders unser Körper. Seine Substanzen werden unablässig abgebaut, wiederaufgebaut, verändert. Folglich benötigt unser Körper nicht nur „Betriebsstoffe“, er verlangt auch nach „Baustoffen“, um die abgenutzten und verbrauchten Zellen zu ersetzen. Die Umwandlung der aufgenommenen Nährstoffe in die erforderlichen Bau- und Betriebsstoffe bezeichnen wir als Stoffwechsel. Der Stoffwechsel war Liebig und den meisten Chemikern seiner Zeit schon gut bekannt. Und bald lernte man zwischen „Baustoffwechsel“ und „Betriebsstoffwechsel“ unterscheiden.

Damit sind wir bei einem weiteren Unterschied zwischen Mensch und Maschine: Die Lokomotive benötigt und verbraucht nur während ihres Betriebes Brennstoff. Die Funktionen unseres Organismus laufen auch in Ruhestellung weiter. Selbst im tiefsten Schlaf atmet der Mensch, pumpt das Herz Blut durch die Adern. Der mit dem Essen beginnende Verdauungsprozeß, die Umwandlung der aufgenommenen Nährstoffe in Energie, kennt keine Pausen. Dieser Stoffwechsel wird „Erhaltungsstoffwechsel“ genannt. Nach den Bedürfnissen des Erhaltungsstoffwechsels läßt sich der unbedingt erforderliche „Brennstoffbedarf“ unseres Organismus ermitteln. Er wird als „Grundumsatz“ bezeichnet. Der Grundumsatz ist bei jedem Menschen, je nach Alter, Körpergröße und Beruf, verschieden. Bekanntlich erfordert auch eine D-Zug-Lokomotive mehr Kohle und Wasser als die Lokomotive eines Kleinbahnzuges. Ein Erwachsener ißt größere Portionen als ein Säugling.

Zur Berechnung des Grundumsatzes bedarf es weder eines Fensters im Magen noch einer Feinwaage. Spezialgeräte registrieren, wieviel Sauerstoff der Mensch in einer bestimmten Zeit einatmet und wieviel Verbrennungsgase, Kohlendioxid, er ausatmet. Daraus ergibt sich, welche Mengen an Nährstoffen während dieser Zeit im Körper verbrannt und in andere Energiearten umgesetzt worden sind.

Dazu einige Zahlenbeispiele. Normalerweise atmet ein erwachsener Mensch in der Minute zwölf- bis vierzehnmal. Der Luftwechsel in der Lunge beträgt dabei etwa sechs bis sieben Liter. Die Einatemluft enthält nach der uns bekannten Zusammensetzung 20,75 Prozent Sauerstoff. In der Ausatemluft sind noch 16 Prozent Sauerstoff enthalten. Unser Körper verbraucht also in einer Minute etwa 0,25 Liter, in 24 Stunden rund 360 Liter Sauerstoff. Die dazu an einem Tage erforderliche Arbeit der Atemmuskulatur beträgt etwa 25 000 kpm, das entspricht einer Leistung von 0,3 PS.

Zu einer solchen beachtlichen Leistung werden unsere Lungen durch ihre riesige innere Atemoberfläche befähigt. Unsere beiden Lungenflügel enthalten 500 bis 700 Millionen winziger Lungenbläschen. Dort findet der Gasaustausch statt. Die gesamte Atemfläche ist mit 100 bis 120 m² siebzigmal größer als die Oberfläche des menschlichen Körpers.

Die Lunge bildet also eine Art Tauschzentrale, in der das Blut den Sauerstoff aus der Atemluft übernimmt und ihm dafür das Kohlendioxid zum Abtransport übergibt. Den Transport des Sauerstoffs von der Lunge zu den Geweben des Organismus besorgen die roten Blutkörperchen, mikroskopisch kleine, runde und kernlose Zellen. Entdeckt wurden sie schon in der zweiten Hälfte des siebzehnten Jahrhunderts. Viel später erst stellte Monsieur Lavoisier, der Mitentdecker der „Lebensluft“, fest, daß der rote Blutfarbstoff die Fähigkeit besitzt, den Sauerstoff chemisch zu binden.

Dieser umfangreiche Gastransport ist nur möglich, weil die roten Blutkörperchen eine ähnliche Unterteilung wie die Lungenbläschen aufweisen. Die Gesamtzahl der roten Blutkörperchen eines erwachsenen Menschen beträgt etwa 25 Billionen, das ist eine Zahl mit zwölf Nullen. Ihre Gesamtoberfläche mißt 3600 m². Das entspricht etwa der Grundfläche eines großen Zirkuszeltens oder der Hälfte eines Fußballfeldes. Mit ihrer Breitseite aneinandergereiht, ergäben die winzigen roten Blutkörperchen ein noch eindrucksvolleres Bild. Ein solches Band würde fast viermal um den Äquator reichen. Die zum Vergleich bemühte Lokomotive müßte ohne Aufenthalt einhundertzwanzig Tage dahinrasen, wollte sie die Blutzellenkette eines Menschen abfahren.

Die bildhaften Vergleiche zeigen, daß unser Organismus beim Transport und der komplizierten Umwandlung der „Brennstoffe“ bewundernswerte Leistungen vollbringt. Dabei ist die gewaltige Belastung durch den äußeren Luftdruck einkalkuliert.

Im Vergleich dazu erscheint die Dampflokomotive, und es wird nicht lange mehr Dampflokomotiven geben, als ein ungefügtes, grobschlächtiges Machwerk.

Durch den Verbrauch von Sauerstoff und den Ausstoß von Kohlendioxid sind auch die Kraftmaschinen und Industriewerke in den Kreislauf zwischen belebter und unbelebter Materie einbezogen, der sich in den untersten Schichten der Atmosphäre vollzieht. Abgase und Flugstäube verunreinigen die Luft, die die wichtigste Grundvoraussetzung für die Entwicklung und Erhaltung des Lebens auf der Erde bildet.

Die Dunstglocken über den großen Städten, die sogar das Wetter beeinflussen können, waren Liebig noch unbekannt. Überdies beschäftigten ihn hauptsächlich die bodennahen Luftschichten. Die Erforschung des Gesamtaufbaues der Atmosphäre und die Ergründung der Gesetzmäßigkeiten ihrer Erscheinungen bildeten nach wie vor die Aufgabe der Meteorologen. Für sie galt es, dort anzuknüpfen, wo Galilei, Torricelli und Otto von Guericke dereinst die Richtungswiser aufgestellt hatten.

Besuch im Reich des Wettergeschehens



Der Blitz aus heiterem Himmel

Bauern und Seeleute gelten seit alters als aufmerksame und scharfsinnige Wetterbeobachter. Der tägliche Umgang mit dem Wetter lehrte sie, seine Zeichen und Erscheinungen zu deuten, die Kraft des Windes in ihre Dienste zu stellen. Beide wissen aus Erfahrung: Ohne Luft gibt es kein Wetter! Der Wind, der die Flügel der Windmühlen treibt und die Segel der Schiffe bläht, ist bewegte Luft.

Nach der Erfindung des Barometers konnten die Wetterbeobachter auch sagen, wodurch die Luftbewegungen ausgelöst werden, nämlich durch die Luftdruckveränderungen. Was aber verursacht die Luftdruckveränderung? Das Thermometer antwortet darauf: die Lufttemperatur. Also bildete die Lufttemperatur eine noch wichtigere Triebfeder für das Wettergeschehen als der Luftdruck!

Der Mensch, erfüllt vom Wissensdrang, fragte weiter: Welche Kräfte bewirken das Fallen und Steigen der Quecksilbersäule? Welche Energiequelle ist dazu imstande, die Erdoberfläche wie eine riesige Kochplatte zu erwärmen?

Es ist die Sonne! Von Bord ihrer Schiffe aus beobachteten die Seeleute, wie unter der Sonneneinstrahlung das Wasser an der Oberfläche des Meeres verdunstete und als Wasserdampf in die Lufthülle aufstieg. In kälteren Luftschichten kühlte sich der Wasserdampf ab und verdichtete sich zu Wolken. Aus ihrem Aussehen und ihrer Höhe ließ sich schließen, wie sich das Wetter weiterentwickeln würde. Beide, die Bauern und die Seeleute, zogen ihren Nutzen aus den Wetterzeichen und versuchten sich auf das kommende Wetter einzurichten.

Aber es gab eine Wettererscheinung, die sie nicht voraussagen vermochten, die plötzlich und wie aus einem Hinterhalt heraus losbrach – das Gewitter. Der Blitz aus heiterem Himmel, der manchen Bauer auf freiem Felde erschlug, versetzte die

Landbevölkerung in eine geradezu abergläubische Furcht. Einem plötzlichen Gewitter blieb auf offener See selbst das beste Schiff wehrlos ausgeliefert.

In den Hafenschenken erzählte man sich Geschichten genug von Schiffen, die, vom Blitzschlag getroffen, in Brand geraten und vernichtet worden waren. Solche Geschichten hörte auch Benjamin Franklin, Sohn eines Talglichtziehers und Buchdrucker-
kergeselle, an Bord des Schiffes, das ihn um das Jahr 1725 von Boston nach Philadelphia brachte.

Franklin, der sich schon als Kind für die Vorgänge in der Natur interessierte, hörte den Matrosen aufmerksam zu. Der Blitz ist wahrhaftig das rätselhafteste Naturphänomen, dachte er. Niemand vermag seine Erscheinung zu erklären. Wie lange noch will ihm der Mensch unwissend und hilflos gegenüberstehen? Diese Gedanken ließen Franklin nicht so bald wieder los. In Philadelphia richtete er sich neben seiner Buchdruckerwerkstatt auch ein Laboratorium ein. Zu den Apparaten, die er darin aufstellte, gehörte eine Elektrysiermaschine.

Ihr Mechanismus war denkbar einfach. Mittels einer Handkurbel wurde eine kreisförmige Glasscheibe zwischen zwei Lederkissen gedreht. Die dabei erzeugte Reibungselektrizität wurde auf eine Metallkugel, den Konduktor, übertragen. Näherte man dem Konduktor eine zweite Kugel, so sprang ein winziger, bläulicher Funke über. Er leuchtete in der Dunkelheit wie ein Blitz.

Benjamin Franklin war überzeugt davon, daß der Blitz am Gewitterhimmel ebenfalls eine elektrische Erscheinung darstellt. Um Gewißheit zu erlangen, mußte man den Blitz einzufangen versuchen. Aber wie sollte er das anstellen?

Franklin, der später zu einem der einflußreichsten Politiker des Landes aufrückte, galt in Philadelphia als hochangesehene Persönlichkeit. Er war Herausgeber der großen Zeitschrift „Saturday Evening Post“, Gründer von politischen Diskutierklubs und verschiedener öffentlicher Wohlfahrtseinrichtungen. Sogar

die freiwillige Feuerwehr der Stadt war ein Werk seiner Organisation. Ungeachtet seines Rufes und seiner Stellung verlegte Franklin sein Experimentierfeld aus den vier Wänden des Laboratoriums auf ein Stoppelfeld am Rande der Stadt.

Mit einem Kinderdrachen zog der fünfundvierzigjährige Mann auf „Blitzjagd“ aus.

Als die Bürger Philadelphias erfuhren, welche gefährlichen Experimente der ehrenwerte Mr. Franklin unternahm, kannte ihre Empörung keine Grenzen. Schimpfend vertrieben sie ihn von dem Feld, wo er seinen Drachen steigen ließ. Dabei waren die ersten Versuche ohne jedes Ergebnis verlaufen.

Obwohl sich über der Stadt mächtige Gewitterwolken getürmt hatten, vermochte Franklin der Drachenschnur nicht den kleinsten elektrischen Funken zu entlocken.

Aber Franklin gab seine Versuche nicht auf, vielmehr sann er auf ihre Verbesserung. Die Hanfschnur des Drachens durch einen Draht zu ersetzen erschien ihm zu gefährvoll. Immerhin mußte es möglich sein, die Schnur mit einem kurzen Draht zu verbinden. Eine Schlinge oder ein Schlüssel sollten den Draht führen. Wurde das freie Drahtende obendrein mit einem Gewichtsstück am Boden verbunden, schien jede Gefahr für Leib und Leben abgewendet.

Im Schutze der Dunkelheit, den Drachen unter den Arm geklemmt, verließ Franklin sein Haus durch die Hintertür. In der Nähe eines kleinen Waldes hatte er ein neues Experimentierfeld ausgekundschaftet. Von ferne grollte der Donner. Der Wind trieb Regenschauer vor sich her. Der Drachen gewann rasch an Höhe. Franklin zog seinen Hausschlüssel aus der Tasche. Er führte die Drachenschnur durch den Schlüsselring und befestigte daran den Draht. Die Arbeit war kaum getan, blitzte es wie auf Bestellung. Franklin verspürte einen so heftigen elektrischen Schlag, daß er vor Schreck die Schnur fahrenließ. Durch den Draht gehalten, konnte er sie gerade noch erhaschen.



Die nasse Drachenschnur und der von dem Gewichtsstück gehaltene Draht erwiesen sich als ausgezeichnete Elektrizitätsleiter. Die Funken prasselten und knisterten nur so. Es gab keinen Zweifel: Sie waren derselben Natur wie die Funken der kleinen Elektrisiermaschine. Die elektrische Aufladung der Lufthülle der Erde bildete offensichtlich ein wichtiges Wetterelement, so, wie das Gewitter die eindrucksvollste Wettererscheinung darstellt.

Franklin erkannte sogleich die praktischen Möglichkeiten seiner Versuche. Auf dem Dach seines Hauses befestigte er mehrere Eisenstangen und verband sie durch ein Seil aus Kupferdrähten mit der Erde. Der „Blitzableiter“ war erfunden. Der Mensch stand der rätselhaften „Himmelskraft“ nicht mehr unwissend und hilflos gegenüber. Von Philadelphia aus verbreitete sich der Blitzableiter über die ganze Welt. Er eroberte sich sogar die Mastspitzen der Schiffe.

Im weiteren Verlauf seiner Versuche entdeckte Benjamin Franklin den Unterschied zwischen positiver und negativer Ladung. Auch entwickelte er einen Kondensator, der es den Physikern ermöglichte, Elektrizität zu speichern.

Eine Frage hatte Benjamin Franklin offengelassen: Wie erklärt sich das Entstehen der Lufterlektrizität? Am einfachsten erscheint der Vergleich mit der Erzeugung von Reibungselektrizität. Auch die Lufthülle der Erde wird durch die Reibung der kleinsten Luftteilchen elektrisch aufgeladen. Die Reibung entsteht durch die Erdbewegung, die Luftströmungen, den raschen Aufstieg der Warmluft, die Wolkenbildung. Die elektrische Ladung der Wolken ist unterschiedlich. Ihre Spannung nimmt mit der Höhe zu.

Nähert sich eine überwiegend positiv geladene Wolke einer anderen Wolke, versucht sie, deren negative Teilchen anzuziehen. Ist die Spannung groß genug, um die dazwischen befindliche Luftschicht zu durchschlagen, erfolgt der Ausgleich wie bei der Elektrisiermaschine. Ein Funken springt über – es blitzt. Solche Wolkenblitze können mehr als 15 km lang sein. Dabei beträgt ihre Laufzeit nur den Bruchteil einer tausendstel Sekunde. Die gleichen Vorgänge können wir beobachten, wenn sich eine positiv geladene Wolke der negativ geladenen Erde nähert.

Die akustische Begleiterscheinung des Blitzes, den „Paukenschlag“ des Gewitters, bildet bekanntlich der Donner. Der Donner entsteht durch die Schwingungen der vom Blitz durchbrochenen Luftschicht.

Der Ausgleich der elektrischen Spannungen zwischen der Erdoberfläche und der Atmosphäre ist nicht immer von grell zuckenden Blitzen und düsterem Donnerröllen begleitet.

Franklins Freunde, die weitgereisten Seeleute, wußten noch von anderen merkwürdigen elektrischen Erscheinungen zu berichten. Zuweilen zeigten sich an den Mastspitzen ihrer Schiffe helle, büschelartige Leuchtbündel. Nach einem Schutzpatron der



Seeleute „Sankt-Elms-Feuer“ genannt, glaubte man darin ein göttliches Zeichen zu sehen.

Die Eismeerfahrer, die sich mit ihren Segel- und Dampfschiffen einen Kurs durch die Polarmeere gebahnt hatten, berichteten von den Wundern des Polarlichtes. Einem riesigen Strahlenkranz gleich überzog es im hohen Norden und im tiefen Süden, in der Nähe der Magnetpole der Erde, den Himmel. Die Erklärung für diese atmosphärische Leuchterscheinung bereitete den Physikern lange Zeit Kopfzerbrechen. Die einen vermuteten, daß in hohen Schichten der Atmosphäre feine Eisnadeln vom Lichte der Sonne getroffen und zum Aufleuchten gebracht würden.

Andere schlossen aus ihrem Auftreten im Gebiet der Magnetpole auf bestimmte Zusammenhänge zwischen der Luftpotelektrizität und dem Erdmagnetismus. Begannen bei Gewitter nicht sogar die Nadeln der Schiffskompassse zu tanzen? Es war sogar

schon vorgekommen, daß die Kompaßnadeln nach einem Blitzeinschlag in die Südrichtung, anstatt nach Norden wiesen.

Wieder war ein Problem herangereift, das dringend der Klärung bedurfte. So beschäftigte um die Mitte des 19. Jahrhunderts die Erforschung der Elektrizität und des Erdmagnetismus die gelehrtesten Männer ihrer Zeit. Den Nutzen daraus sollten auch die Beobachter des Wetters ziehen.

Zum Gipfel des Chimborazo

Zu den Sehenswürdigkeiten Altberlins gehörte, neben dem Brandenburger Tor, den Schloßbauten und dem Hoftheater Unter den Linden, das 1827 erbaute „Kupferhaus“ in der Leipziger Straße. Sein Bauherr war der berühmte Naturforscher und Weltreisende Alexander von Humboldt. Im Herzen Berlins beabsichtigte Humboldt, seine langjährigen Studien über den Erdmagnetismus zum Abschluß zu bringen. Das Häuschen mußte deshalb mit Kupferplatten ausgeschlagen sein, um jede Ablenkung des darin aufgehängten Magneten zu vermeiden.

Große Verehrung genoß der Besitzer des „Kupferhauses“ bei seinen Studenten und im Kreise seiner Freunde, die die Geschichte seines bewegten Forscherlebens kannten.

Als Zwanzigjähriger hatte Alexander von Humboldt seine ersten Reisen unternommen. Sie führten ihn durch Belgien, Holland, England und Frankreich nach Paris. Damals lebte noch Lavoisier, der Mitentdecker des Sauerstoffs. Unter den Gelehrten, die an seiner Seite wirkten, lernte der junge Humboldt den Botaniker Aimé Bonpland kennen und schätzen.

Erfüllt von denselben Interessen und Neigungen, wurden sie rasch Freunde.

1798 erteilte die spanische Regierung Humboldt und Bonpland einen ungewöhnlichen Auftrag. Dreihundert Jahre nach

Christoph Kolumbus, dem Entdecker Amerikas, sollten sie den noch kaum erforschten Doppelkontinent neu entdecken.

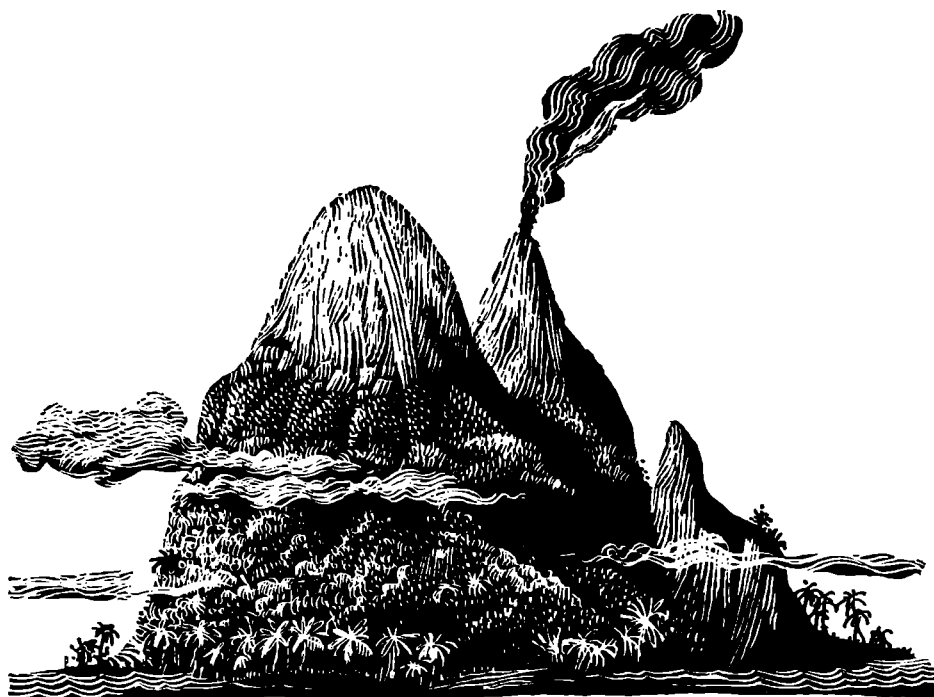
Ein Jahr später betraten die beiden Wissenschaftler in einem kleinen Hafen an der Küste Venezuelas den Boden des spanischen Südamerikas, das bisher Nichtspaniern streng verschlossen gewesen war.

Die Forschungsreise ins Unbekannte begann mit einem Streifzug durch das Orinocogebiet und die unermeßlichen Regenwälder des Amazonas. Humboldt und Bonpland durchstreiften die Insel Kuba und stießen danach durch Kolumbien bis Quito, der Hauptstadt von Ecuador, vor. Kein Tagesmarsch verging ohne erdmagnetische Messungen, ohne Wetterbeobachtungen, ohne das Studium der Gesteine, des Pflanzenwuchses und der Tierwelt. In unmittelbarer Nähe des Äquators lockten die schneebedeckten Gipfel der südamerikanischen Anden zur Besteigung, besonders der 6272 m hohe Chimborazo.

Die höchste bis dahin von Bergsteigern erreichte Höhe betrug 4850 m.

Mitte Juni 1802 gingen Humboldt und sein Begleiter den Chimborazo an. In mühevolem und gefährlichem Aufstieg erreichten sie die Grenze des ewigen Schnees. Mit Hilfe des barometrischen Höhenmeßverfahrens wurde die Schneegrenze genau bestimmt und in die Karten eingetragen. In 5881 m Höhe schlugen die beiden europäischen Gipfelstürmer ihr letztes Biwak auf. Zum erstenmal sahen die Wissenschaftler aus einer solchen Höhe die tief ziehenden Wolken zu ihren Füßen.

Gleich kleinen Inseln ragten aus ihnen die Vulkankuppen der umliegenden Berge hervor. Messungen der Lufttemperatur, der Luftfeuchtigkeit und des Luftdrucks ergaben, daß die Luft in dieser Höhe etwa um die Hälfte dünner und viel trockener als unten im Tale war. So füllte sich Seite um Seite der gewissenhaft geführten Reisetagebücher mit wertvollen meteorologischen Angaben.



Mit der wissenschaftlichen Auswertung des gesammelten Materials begann Alexander von Humboldt unmittelbar nach seiner Rückkehr aus Südamerika, im Herbst des Jahres 1804 in Paris. Es wurde eine Riesenarbeit.

Eines der ersten seiner Bücher, das in den Buchhandlungen erschien, beschäftigte sich mit der Geographie der Pflanzen. Alexander von Humboldt wies nach, daß das Vorkommen und die Ausbreitung der Pflanzen vom Klima abhängig sind. Als Klimafaktoren nannte er außer den meßbaren Erscheinungen des Wetters und der Verbreitung der Luftmassen über die Erde die Breiten- und Höhenlage der Pflanzenstandorte. Auch ihre Lage zu den Weltmeeren, einer bedeutenden Station des Wasserkreislaufes, hob er hervor.

Auf einer großen Erdkarte trug Alexander von Humboldt 1817 die niedrigsten und die höchsten Durchschnittstemperaturen für die verschiedenen Orte der Erde ein. Die Orte mit gleicher Lufttemperatur verband er durch Linien. Diese Linien

werden nach den griechischen Wörtern „iso“ – gleich – und „thermos“ – warm – Isothermen genannt. Durch Angaben über Niederschlagsmengen und andere Meßwerte ergänzt, lag damit die erste wissenschaftlich begründete „Klimakarte“ der Erde vor. Auf ihr deuteten sich für jede Erdhalbkugel sieben Hauptklimazonen an.

Die neuen Karten nahmen sich an den Wänden der Wetterstationen großartig aus. Schneller als der schnellste Reiter, der die Wettermeldungen beförderte, überquerte das Wetter Länder und Kontinente. Sogar das Klima konnte Schwankungen unterworfen sein. Die Beobachtung des Wetters und des Klimas erforderte, ebenso wie die Erforschung des Erdmagnetismus, ein weltweites Netz von Beobachtungsstationen. Dazu bedurfte es der Einführung einheitlicher Beobachtungsmethoden. Unermüdlich setzte sich Alexander von Humboldt für die Errichtung wissenschaftlicher Observatorien in allen Teilen der Erde ein.

Zu den in- und ausländischen Wissenschaftlern, die Humboldt tatkräftig unterstützten, gehörte Karl Friedrich Gauß. Gauß, Professor für Mathematik an der Universität Göttingen und Direktor der Universitätssternwarte, besaß überragende physikalische und mathematische Kenntnisse. Bevor noch die großen Entdeckungsreisenden mit ihren Schiffen hinausfuhren, um die Fahnen ihrer Nationen auf den Polkappen der Erde zu hissen, berechnete Gauß die Lage der Magnetpole mit großer Genauigkeit voraus. Gleichzeitig erfand er das Magnetometer.

Damit gab er den Erdmagnetikern ein Meßinstrument von hoher Präzision in die Hand, das ihnen die Arbeit bedeutend erleichterte. Noch ein anderes Verdienst erwarb sich der Göttinger Professor. Bemüht, Magnetismus und Elektrizität der Menschheit nutzbar zu machen, schuf Karl Friedrich Gauß den ersten brauchbaren Telegrafen. Der Apparat verlieh der Stimme unsichtbare Flügel. Er ermöglichte es den Meteorologen, den Wettlauf mit dem Wetter aufzunehmen.

Wettlauf mit dem Wetter

Die buntbemützten Studenten traten respektvoll zur Seite, wenn der Laboratoriumsgehilfe Michelmann mit gesenktem Kopf durch Göttingens winklige Gassen eilte. Michelmann war der Botenläufer zwischen Professor Gauß und seinem Freund Professor Weber. Gauß arbeitete in der Sternwarte, Weber im Physikalischen Kabinett der Universität. Dazwischen lag ein Weg von einem Kilometer Länge. Redselige Bürgerfrauen, spielende Kinder, umherstreunende Hunde bildeten unterwegs manches Hindernis. Mehr als einmal kam der atemlose Michelmann mit einer wichtigen Nachricht zu spät.

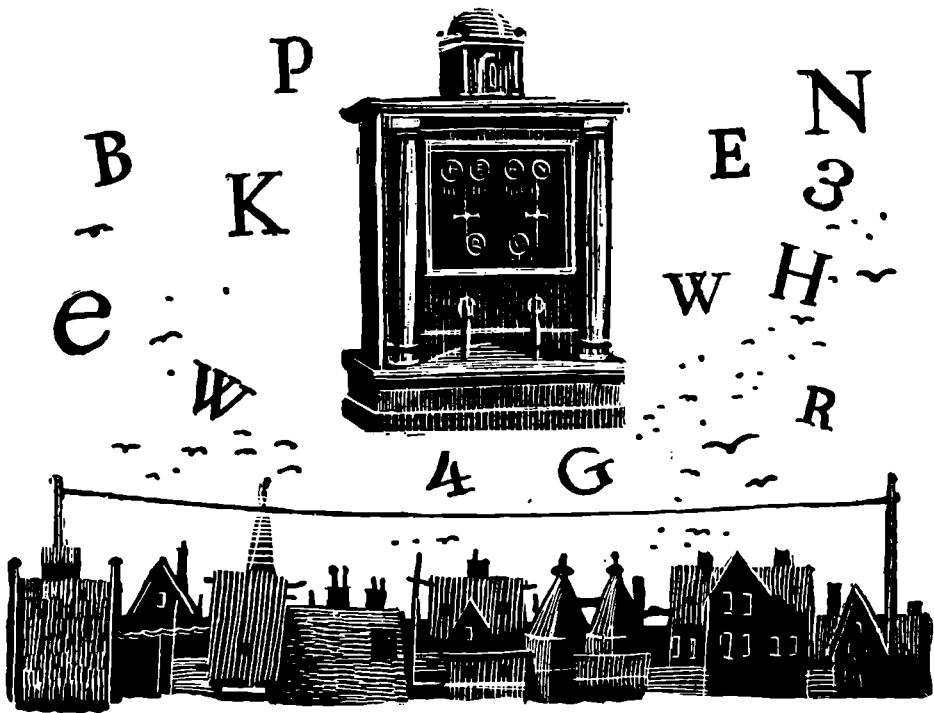
Die drei Männer überlegten, wie man die Nachrichten schneller übermitteln könne. „Vielleicht durch eine Seilpost?“ schlug Michelmann vor.

„Eine Seilpost?“ Professor Weber winkte ab. „Das ist etwas für Kinder!“

Gauß schob sich nachdenklich sein schwarzes Samtkäppchen aus der Stirn. Wie wäre es mit einer Nachrichtenübermittlung durch jene Kräfte, mit denen sie sich wissenschaftlich beschäftigen – mit dem Magnetismus und der Elektrizität? Schon Benjamin Franklin wußte, daß sich Elektrizität per Draht weiterleiten läßt. Daß die Elektrizität Eisen zu magnetisieren und die Magnetnadel abzulenken vermochte, war jedem Seemann bekannt.

„Es kommt auf den Versuch an“, sagte Gauß, „die Elektrizität zur Übertragung elektrischer Impulse, die Ablenkung der Magnetnadel zur Zeichengebung zu benutzen!“

„Versuchen wir's!“ antwortete Weber. Michelmann erhielt den ungewöhnlichen Auftrag, zwischen der Sternwarte und dem Physikalischen Kabinett eine Doppelleitung aus Kupferdraht zu legen. Über die Dächer der Häuser hinweg führte die Leitung an ihrem höchsten Punkt sogar über die Kirchturmspitze. Ein



paar talergroße Metallscheiben und ein Krug Brunnenwasser genügten zur Erzeugung des Stroms. Ein Schalter zum Schließen und Öffnen des Stromkreises ließ sich leicht konstruieren. Wie aber sollte man die Stromstöße am anderen Ende der Leitung sichtbar machen?

Gauß entschied sich für eine frei aufgehängte einpfündige Magnetnadel, wie er sie bei seinen erdmagnetischen Messungen verwendete. Von einer Drahtspule umgeben, wurde die Magnetnadel durch die ankommenden Stromstöße nach links oder rechts abgelenkt. Ihre Ausschläge ergaben, nach Richtung und Zahl, die Buchstaben des Alphabets. Ein Ausschlag nach rechts zum Beispiel bedeutete „a“, nach links „e“, zwei Rechtausschläge „i“, einmal nach rechts und einmal nach links „o“, einmal nach links und einmal nach rechts „u“.

Am 14. Oktober 1833 setzte sich Gauß an seinen Apparat und schickte an Weber das erste auf elektrischem Wege übermittelte

Telegramm der Welt. Sein Text umfaßte zwei Wörter: „Michelmann kommt.“ Spaßvögel behaupten, der historische Text habe gelautet: „Das Bier ist kalt gestellt!“ Die folgenden Telegramme dienten dem Austausch erdmagnetischer Beobachtungsergebnisse.

Die von den Wetterverhältnissen, der Tages- und Jahreszeit und den Pferdepostverbindungen unabhängige elektrische Nachrichtenübermittlung entsprach den Forderungen des immer umfangreicher werdenden Handels und Verkehrs. Unablässig arbeiteten Erfinder und Ingenieure an der Weiterentwicklung und Verbesserung der Apparate und des Leitungssystems.

1836 und 1837 zeigten in London, dem Zentrum des englischen Welthandels, zwei Engländer einen verbesserten Nadeltelegrafen. In New York trat Samuel Finlay Morse mit den ersten Modellen eines Schreibtelegrafen an die Öffentlichkeit.

In Deutschland führte der Münchener Mathematikprofessor Karl August Steinheil, ein ehemaliger Schüler von Gauß, die Arbeiten seines Lehrers weiter. Steinheil schwebte ebenfalls ein Schreibtelegraf vor. Er befestigte an den Magnetnadeln seines Empfängers Farbnäpfchen, die auf einem vorbeilaufenden Papierstreifen den Text in zweizeiliger Punkschrift notierten. Die zweckmäßige Konstruktion und saubere Ausführung dieser Apparate ermöglichten es, Nachrichten mit einer bis dahin für unmöglich gehaltenen Geschwindigkeit in beiden Richtungen auszutauschen. Der Steinheilsche Apparat fand deshalb sogleich bei der ersten deutschen Eisenbahn, die zwischen Nürnberg und Fürth verkehrte, Einführung. Von nun an konnten Abfahrt und Ankunft der Züge „per Draht“ vorausgemeldet werden.

Bei den Versuchen, die stählernen Eisenbahnschienen als Telegrafenleitung zu benutzen, machte Steinheil eine großartige Beobachtung. Er stellte fest, daß man die Erde selbst zur Weiterleitung telegrafischer Signale benutzen kann. Die Zuleitung mußte nur tief genug, nämlich bis zum Grundwasserspiegel,

führen. In diesem Falle genügte zur Verbindung zwischen zwei Telegrafestationen eine Freiluftleitung. Die Baukosten verringerten sich erheblich, wodurch günstige Voraussetzungen zum raschen Ausbau der Telegrafennetze geschaffen wurden.

1848 begann der Bau der ersten größeren unterirdischen Telegrafenzuglinie Europas. 1850 wurde das erste Seekabel zwischen Dover und Calais verlegt, dadurch erhielt England Anschluß an das europäische Telegrafennetz. 1858 erfolgte die Telegrafenzugverbindung zwischen Europa und Amerika. Quer durch Rußland verband eine 4600 Kilometer lange Telegrafenzuglinie London mit seinem indischen Kolonialreich. Erstmals war es damit möglich, eine Nachricht auf elektrischem Wege innerhalb einer Minute um den siebenten Teil des Erdballs zu schicken.

In der Zwischenzeit war auch das Telefon, der Apparat zum In-die-Ferne-Sprechen, erfunden worden. Und schon begann der Mensch zu überlegen, ob es möglich sei, Nachrichten noch schneller und noch weiter durch die Luft auszustrahlen. Doch die Erforscher der Lufthülle der Erde, die Meteorologen, waren zwanzig Jahre nach der Erfindung des Telegrafen noch immer auf Postpferde, Meldeläufer und Brieftauben angewiesen.

Die Kontrolle über die Telegrafenzuglinien wurde von den Regierungen und den Militärs ausgeübt. Sie bestimmten, welche Art von Nachrichten der dringlichen Beförderung wichtig genug erschienen. Die Wettermeldungen gehörten vorerst nicht dazu.

Kapitän Fitz-Roy gibt auf

30. April 1865. Vor einem der grauen Gebäude in der Parlamentstraße der Londoner City steht fröstelnd ein baumlanger Polizist. Verstört blickt er zu den Fenstern im Obergeschoß hinauf. Hinter den geschlossenen Vorhängen brennt ein trübes Licht. Totenkerzen.

Dort oben lebte und arbeitete Konteradmiral Sir Robert Fitz-Roy, Englands „Wettermacher“.

Ein Telegrafenvote biegt um die Straßenecke, hastet auf den Hauseingang zu. „Halt! Wohin?“ ruft der Polizist.

„Ins Meteorologische Büro!“

„Geht nicht“, sagt der Polizist. „Das Büro ist geschlossen!“

„Unmöglich! Ich habe wichtige Nachrichten für den Admiral!“

„Das eilt nicht“, erwidert der Polizist. „Sir Robert Fitz-Roy ist tot . . . Er hat sich die Kehle durchgeschnitten!“

„Das kann nicht sein!“ Der Telegrafenvote schreckt zurück. „Der berühmte Fitz-Roy soll Hand an sich selbst gelegt haben?“

„Es ist so!“

„Nein, es kann nicht sein!“ beharrt der Telegrafenvote. „Wer soll denn nun uns Engländern das Wetter machen? Sie müssen wissen . . .“ Der Mann senkt seine Stimme zu einem Flüstern. Im Windschutz des Hausflurs erzählt der Telegrafenvote dem Polizisten, was er selbst über das Leben des Toten wußte.

Seit seinem 14. Lebensjahr war Robert Fitz-Roy zur See gefahren. Seinem guten Ruf als unerschrockener Seemann, später als ausgezeichnete Kartograph, dankte er seine rasche Beförderung. Besonderes Ansehen erwarb er sich als Kapitän der „Beagle“, an deren Bord Charles Darwin von 1831 bis 1836 seine berühmte Forschungsreise nach Südamerika und in die Südsee unternahm. Dann kam das Jahr 1854, das zu einem Wendepunkt im Leben Fitz-Roys werden sollte.

Der Telegrafenvote, der dem Londoner Polizisten die Lebensgeschichte Fitz-Roys erzählte, erinnerte sich noch genau daran.

Das zaristische Rußland trachtete damals nach der Herrschaft über den Bosphorus und die Dardanellen. England und Frankreich stellten sich an die Seite der bedrohten Türkei. Ihre Dampfschiffe drangen in das Schwarze Meer ein und bombardierten Odessa. Die Truppen der Verbündeten landeten auf der Halbinsel Krim und versuchten, Hafen und Festung Sewastopol zu

erobern. Die Versorgung der Truppen verursachte erhebliche Schwierigkeiten. Das gesamte Kriegsmaterial, Waffen, Munition, Verpflegung und Medikamente, mußte auf dem Seeweg transportiert werden. Den Seeweg aber beherrschten weder die Engländer noch die Franzosen.

„Wollen Sie damit sagen, die Russen hätten ihn beherrscht?“ fragte der Polizist spöttisch.

Der Telegrafenvote ließ sich nicht verwirren. „Die auch nicht“, sagte er. „Den Seeweg beherrschte das Wetter!“

Tatsächlich kann das Wetter über den Ausgang einer Schlacht, über Sieg oder Niederlage, entscheiden.

In jenen kritischen Wochen und Monaten widmeten die Militärs erstmals ihre volle Aufmerksamkeit den Wetterberichten und der Arbeit der Meteorologen. Von besonderem Interesse waren die Meldungen der Wetterstationen aus den Hafenstädten.

Dort liefen die Wetterbeobachtungen zusammen, welche die Seeleute von ihrer weiten Fahrt mit in die Heimat brachten. Aber die Kapitäne waren keine geschulten Meteorologen. Jeder von ihnen trug etwas anderes in die Wettertagebücher ein. Der eine hielt die Windstärke und Windrichtung für wichtig, der andere Lufttemperatur und Luftdruck.

Um System in die Arbeit zu bringen, wurde 1854 in London ein Meteorologisches Büro eingerichtet. Wer aber sollte es leiten? Ein Seemann? Ein Universitätsprofessor? Man entschied sich für einen wissenschaftlich gebildeten Seemann, für Konteradmiral Sir Robert Fitz-Roy.

Brummig vertauschte Fitz-Roy die Weiten des Ozeans mit der muffigen Enge eines Bürozimmers in der Themsestadt. Auf seinen Karten verwandelten sich die Wettermeldungen aus den Küstenorten in bunte Wetterzeichen. Sein Gehilfe hörte den alten Seebären dabei schimpfen und fluchen: „Ein Märchenbilderbuch sind unsere Karten. So war das Wetter einmal. Wem

nützt das? Die Seeleute wollen wissen, wie das Wetter morgen und übermorgen sein wird! Aber das verdammte Wetter ist nun mal schneller als unsere langweilige Post!“

Fitz-Roys Flüche waren ellenlang. Auch der Telegraf wurde darin bedacht. „Der Klapperkasten mag eine großartige Erfindung sein, nur bringt er uns keinen Nutzen. Im Frieden halten die Eisenbahnen und die Post ihre Hand darauf, im Krieg das Militär. Wenn der Admiralität an zuverlässigen Wetterberichten gelegen ist, gehört der Telegraf in die Wetterstationen!“

Diese Bedenken des Admirals sollten bald darauf auf dem Schauplatz des Krimkrieges eine unheilvolle Bestätigung erfahren. Die englisch-französischen Landungstruppen waren bei der Belagerung von Sewastopol gut vorangekommen. Im Hafen von Balaklawa rüstete sich die vereinigte Kriegsflotte, um von der Seeseite aus in das Kampfgeschehen einzugreifen. Da übernahm „General Wetter“ den Oberbefehl. Am 14. November 1854 stürzte sich ein gewaltiger Sturm auf die gefechtsbereiten Schiffe und wirbelte sie durcheinander. Vor den Augen der entsetzten Marinesoldaten versank das neuerbaute französische Kriegsschiff „Henry IV“ in den Fluten. Es gab viele Tote und noch mehr

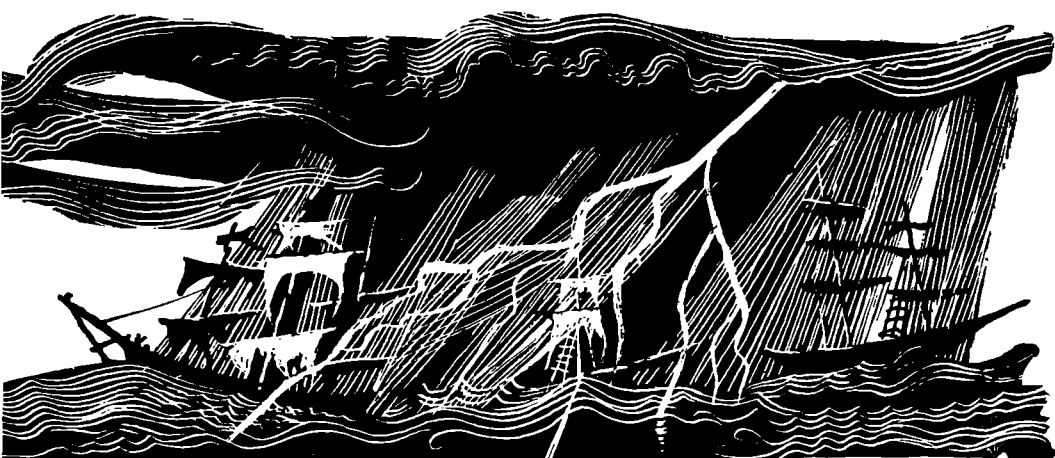


Verwundete. Der Handstreich auf Sewastopol mußte aufgegeben werden.

Eine vom französischen Kriegsministerium eingeleitete Untersuchung der Schuldursache ließ nicht auf sich warten. Sie ergab, daß das verhängnisvolle Sturmfeld tagelang über Europa gewütet und langsam ostwärts gezogen war. Bei Vorhandensein eines besser organisierten Wetterdienstes und schneller funktionierender Nachrichtenverbindungen hätte der Sturm vorausgesagt und die Katastrophe von Balaklawä verhindert werden können.

Durch Schaden klug geworden, begann Frankreich ungesäumt, den Wetterdienst besser zu organisieren. Die Wetterwarten wurden an das im Aufbau befindliche Telegrafennetz angeschlossen. Bereits drei Monate nach dem Untergang des Linienschiffes „Henry IV“ veröffentlichte die französische Presse die ersten täglichen Wetterberichte. Endlich bewilligte man auch Sir Robert Fitz-Roy die Mittel, die der Ausbau und die Modernisierung des englischen Wetterdienstes erforderten.

Der Telegrafenvote blickte nachdenklich auf seine prallgefüllte Umhängetasche. „Von jenem Tage an habe ich allmor-





gendlich zwei, drei Dutzend Telegramme in dieses Haus getragen“, sagte er. „Sie enthielten die Morgenmeldungen der englischen Küstenstationen. Im Laufe des Tages folgten Telegramme mit Wettermeldungen aus Deutschland, Frankreich, Belgien, Holland und Skandinavien. Mitunter sogar aus Rußland und Amerika. Manchmal war unser Admiral besonders gut gelaunt, dann erklärte er mir, welches Wetter die Zahlen in den Telegrammen und die Zeichen auf den Karten bedeuteten!“

Die täglichen Wetterkarten, bis dahin Attraktionen der Weltausstellungen, gehörten von nun an zum täglichen Bild der Zeitungen. Wie es schon Alexander von Humboldt vorgeschlagen hatte, wurden zu genau festgelegten Stunden auf den Wetterstationen der Erde gleichzeitig Wetterbeobachtungen durchgeführt. Der größere Überblick ermöglichte den Meteorologen eine gründlichere Zusammenschau. Mehr und mehr begannen die

Wetterkarten fotografischen Momentaufnahmen der Wetterlandschaft zu gleichen.

Fitz-Roy war begabt, erfahren und mutig genug, aus dem beobachteten Wettergeschehen die ersten Voraussagen abzuleiten. Die Kapitäne, zu denen er einst selbst gehörte, lernten seine Meldungen zu schätzen. Sie nahmen es auch nicht krumm, wenn sie einmal danebengingen. Anders die Zeitungsleser. Sie betrachteten die Wetterprognosen als ein neues Unterhaltungsspiel. Man schloß Wetten darüber ab, ob die Voraussagen eintreffen würden oder nicht.

„Sir Robert Fitz-Roy wurde von Tag zu Tag mürrischer“, erzählte der Telegrafenvote weiter. „Glaubte er ein Rätsel des Wetters gelöst zu haben, wartete es mit neuen Rätseln auf. So wuchs ihm die Arbeit über den Kopf. Der arme Fitz-Roy gönnte sich keine Ruhepause, keinen Urlaub . . .“

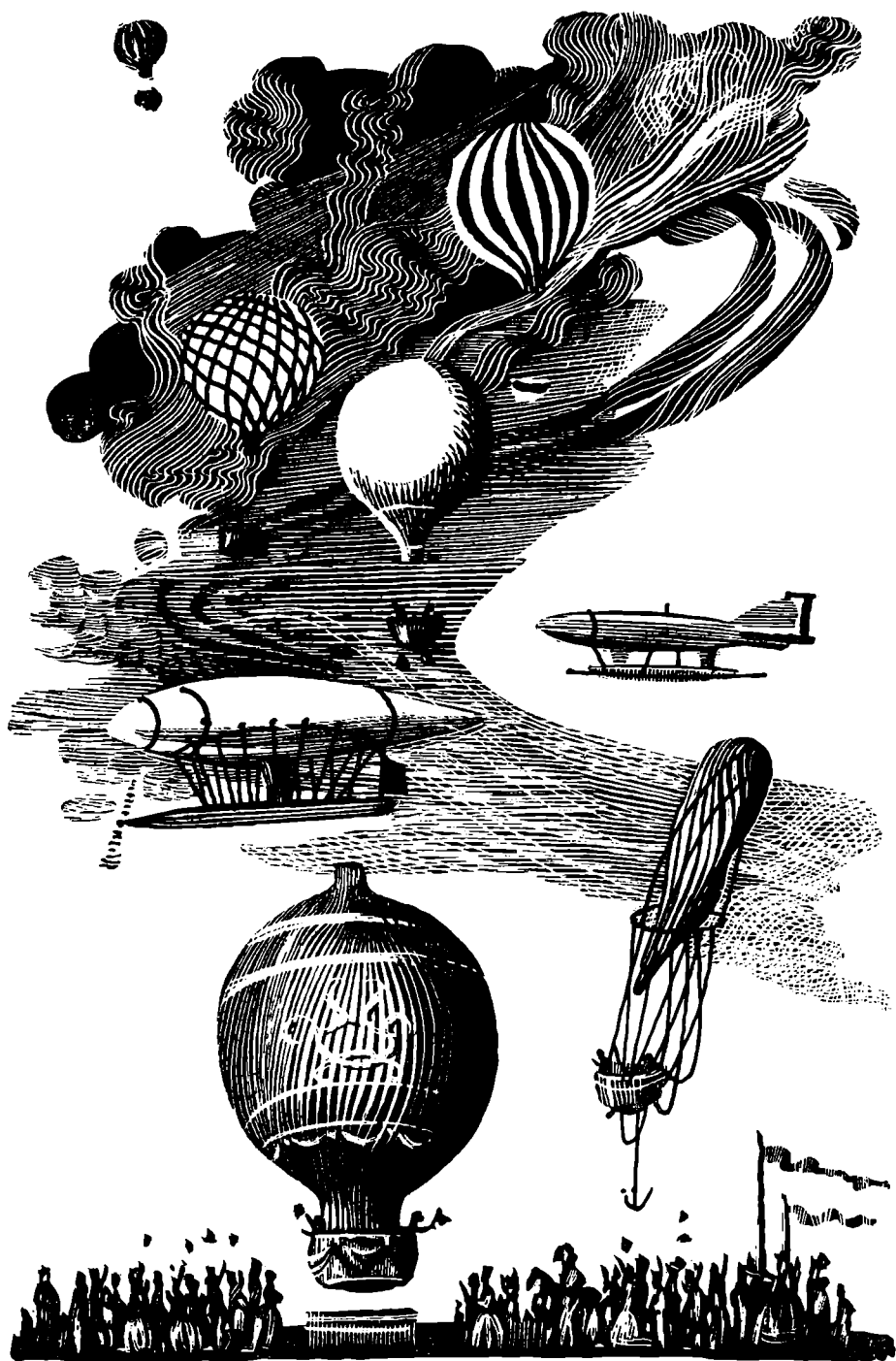
„Ein undankbarer Beruf!“ sagte der Polizist.

„Tag und Nacht saß Fitz-Roy, der weitgereiste Seebär, da oben in seinem Büro vor den Wetterkarten. Darüber verwirrte sich sein Verstand. Ja, er muß den Verstand verloren haben; nur so konnte dieses furchtbare Unglück geschehen . . .“

Um die Straßenecke knarrte der Leichenwagen. Der Polizist drückte dem Telegrafenvoten stumm die Hand. „Sie haben recht“, sagte er zum Abschied. „Wer soll uns Engländern nun das Wetter machen?“

Konteradmiral Sir Robert Fitz-Roy war einer der vielen ungenannten Pioniere einer jungen Wissenschaft. Er unterlag im Kampf gegen das Wetter. Aber der Mensch gab das Ringen mit den Naturgewalten nicht auf. Er begnügte sich nicht damit, von der Erde aus den Zug der Wolken, die Bahn der Blitze, Wirbelstürme und Niederschläge zu beobachten. Der Mensch streifte sich die Fesseln der Erde ab und stieg mit Luftballonen und Luftschiffen in das erste Stockwerk der Atmosphäre, in das Reich des Wettergeschehens, empor.

Leichter als Luft



Geschichten vom Luftballon

Am 5. Juni 1783 erlebte die kleine französische Stadt Annonoy ein ungewöhnliches Schauspiel. Die Gebrüder Jacques Étienne und Joseph Michel Montgolfier, Söhne eines ortsansässigen Papierfabrikanten, hatten eine Vorführung mit ihrer „aerostatischen Maschine“ angekündigt. Ein Gebilde aus Menschenhand sollte sich den Vögeln gleich in die Lüfte erheben und in sanftem Flug über das Städtchen, über Wälder und Wiesen dahingleiten. Das lockte nicht nur die Freunde und Verwandten der Montgolfier an. Auch die Bürger und Bauern, die sich zu einer Tagung der Landstände in Annonoy versammelt hatten, strömten auf den Schauplatz.

Schon Jahrtausende träumten die Menschen davon, sich im Reich der Wolken und der Winde zu tummeln, mit Flügeln aus Vogelfedern oder auf dem Rücken von Riesenvögeln zum Mond, zur Sonne, zu den Gestirnen vorzustoßen. Doch die Träume waren bisher unerfüllt geblieben. Der Mensch war nicht über die Glockenstuben der Kirchtürme, die Gipfel von Bergen hinausgekommen.

Wie sollte er auch? Wer von den Bürgern Annonoys konnte schon wissen, daß bereits der berühmte Magdeburger Otto von Guericke, der Erfinder der Luftpumpe, vorgeschlagen hatte, zum Aufstieg in die Atmosphäre Luftballons zu benutzen?

Portugiesische und spanische Chroniken berichten, daß 1709 in Lissabon der gelehrte Pater Lourence de Gusmão einen solchen Ballon aus Papier gebaut und mit Heißluft gefüllt hatte. Vor den Augen der Hofgesellschaft hatte er sich damit bis zum Dach des königlichen Palastes erhoben. Wie viele ähnliche Versuche war das Abenteuer des „fliegenden Mannes“ bald in Vergessenheit geraten. Dennoch war es kein Zufall, daß auch der Ballon der Gebrüder Montgolfier aus Papier bestand und mit Heißluft gefüllt werden sollte.

Die Fabrikantensöhne stützten sich auf das alte Archimedische Prinzip, daß ein Körper in die Luft steigen kann, wenn er leichter als die von ihm verdrängte Luft ist. Das trifft für erwärmte Luft zu, und deshalb verwendeten die Brüder einen Heißluftballon.

In einer Blechpfanne loderte ein helles Holzkohlenfeuer. Langsam blähte sich die zwischen zwei Masten aufgehängte Ballonhülle. Ihr Durchmesser betrug 11 m. Erwartungsvoll durchschnitten die beiden Brüder schließlich die Halteseile. Unter den Beifallsrufen der Zuschauer erhob sich der Ballon in den blauen Sommerhimmel und schwebte ruhig davon. Dabei kühlte die Heißluft ab. Der Ballon wurde faltig und verlor nach zehn Minuten zusehends an Höhe. Aber das Experiment war geglückt. Hunderte Augenzeugen konnten es bestätigen. Die Kunde davon verbreitete sich im ganzen Land. Sie gelangte auch nach Paris.

Die Herren Universitätsprofessoren und Akademiemitglieder waren enttäuscht. Was würde König Ludwig XVI. dazu sagen, wenn er erfuhr, daß zwei „Provinzler“ den Wissenschaftlern den Rang abgelaufen hatten? Sogleich beauftragte man den königlichen Astronomen, die Möglichkeiten des Menschenfluges zu untersuchen. Das Gutachten lautete erwartungsgemäß: „Der Versuch der Gebrüder Montgolfier zeigt, daß es dem Menschen selbst unmöglich ist, sich mit künstlichen Flügeln oder anderen Mitteln in die Lüfte zu erheben, geschweige denn, sich in der Luft zu halten!“ Beschwörend fügte der Astronom hinzu: „Der Mensch ist für die Erde geschaffen. Versuchen wir nicht, die Gesetze der Natur zu verletzen!“

Jedoch Professor Jacques Alexandre Cesar Charles war damit nicht einverstanden, er erklärte: „Ich werde selber einen Ballon bauen und in die Atmosphäre aufsteigen lassen, um zu untersuchen, ob die Naturgesetze gegen uns Menschen sind!“

Charles' Ballon sollte keine „Montgolfière“ werden, wie man die Heißluftballons nach ihren Erfindern nannte. Der Professor

kannte Guericke's Untersuchungen über den Luftdruck, das Gasgesetz von Boyle und die Arbeiten der Chemiker über die Gase. Und so wußte er, daß der von dem Engländer Cavendish entdeckte Wasserstoff vierzehnmal leichter als gewöhnliche Luft und fünfmal leichter als Heißluft ist. Wasserstoff als Traggas würde seinem Ballon einen geradezu unwahrscheinlichen Auftrieb verleihen. Die Herstellung der erforderlichen 25 m³ Wasserstoffgas aus Eisenfeilspänen und Schwefelsäure war allerdings sehr aufwendig und kostspielig. Ohne die Spendenfreudigkeit der Pariser Bevölkerung hätte Charles seine Pläne nicht so bald verwirklichen können. Der Start erfolgte am 27. August 1783, fünf Uhr früh. Schnell erhob sich die „Charlière“ in die Luft und verschwand in einer Wolkendecke.

Professor Charles, der inmitten der 40 000 Zuschauer stand, steckte zufrieden sein Fernrohr ein. Die Führung des Ballons entzog sich seinem Einfluß. Von den kuriosen Ereignissen, die sich bei der Landung zutrugen, erfuhr er erst später.

Nach dreiviertelstündiger Flugdauer war der Ballon über den Häusern eines kleinen Dorfes niedergegangen. Der Anblick der vom Himmel herabschwebenden Riesenkugel erfüllte die Bauern mit panischem Entsetzen. Der Ortsgeistliche, der das ausströmende Gas wahrnahm, rief: „Das ist ein Wesen der Hölle! Auf, Bauern, folgt mir in den Kampf!“ Mit Mistgabeln und Dresch-



flegeln stürzten sich die Bauern auf die Ballonhülle. Die zeretzten Überreste banden sie an den Schwanz eines Pferdes und schleppten sie über die Dorfgrenze hinaus.

Trotz des unrühmlichen Endes stand der Wettlauf zwischen „Montgolfière“ und „Charlière“, zwischen Heißluft- und Gasballon, 1:1.

Wenige Tage nach dem Ballonaufstieg in Annonoy traf ein Eilkurier des Königs ein. Er überbrachte den Befehl: „Die Söhne des Fabrikanten Montgolfier sollen ihre Erfindung dem Hofe in Versailles vorführen!“

„Wir kommen!“ antwortete Joseph, der ältere der beiden Brüder. „Und wir werden einen neuen, noch größeren Ballon mitbringen!“

Die mit einem Hanfnetz überzogene Ballonhülle wurde im Schloßhof aufgehängt. Nach einem neuen „Geheimrezept“ bereiteten die Brüder aus 40 kg Stroh und 2,5 kg Schafwolle die Heißluft. Als besondere Attraktion war der Aufstieg von lebenden Wesen vorgesehen. In einer Korb gondel wurden ein Hahn, eine Ente und ein Hammel untergebracht und festgebunden. Mit seiner dreiköpfigen Besatzung an Bord hielt sich der Ballon acht Minuten in der Luft.

Der Jubel der Zuschauer kannte keine Grenzen. Nur der königliche Astronom, der behauptet hatte, es sei dem Menschen unmöglich, sich in die Luft zu erheben, schlich davon. Er erkannte sehr wohl, daß es nicht mehr lange dauern konnte, bis sich auch Menschen in das Reich der Luft wagen würden.

Schon tags darauf ersuchte ein einflußreicher Edelmann bei König Ludwig XVI. um Audienz. Er bat um die Genehmigung, einen gewissen Pilatre de Rozier als ersten Menschen mit einer „Montgolfière“ in das Reich der Lüfte aufsteigen zu lassen.

Der König wehrte entsetzt ab. „Das hieße Gott versuchen!“ sagte er. Nach einigem Überlegen fuhr er fort: „Anders lägen die Dinge, würde man einen zum Tode verurteilten Schwerver-

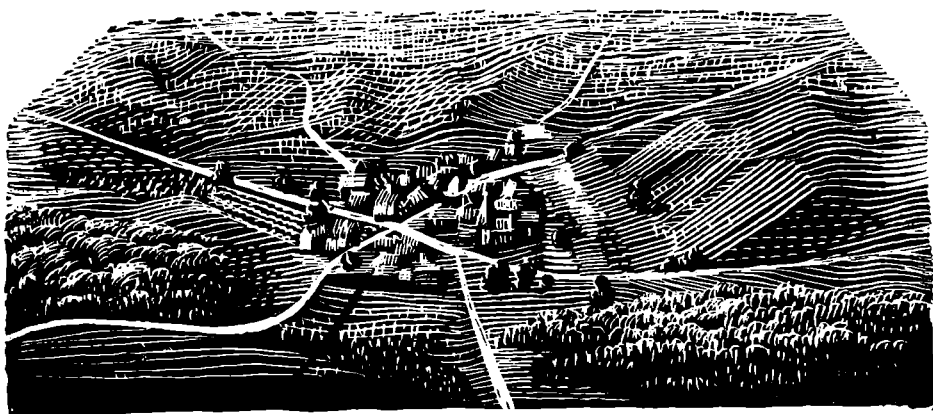
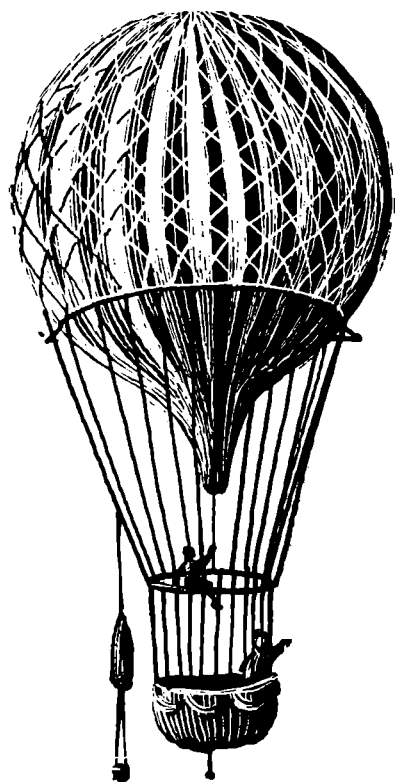
brecher dazu bestimmen... Überlebt ein solches Subjekt den Versuch, hat es sich Begnadigung verdient.“

Der Fürsprecher wagte es, aufzubegehren: „Majestät! Laßt den ersten Flug in der Geschichte der Menschheit nicht durch die Teilnahme von Verbrechern entweißen! Ich halte das Unternehmen für so sicher, daß ich bereit bin, de Rozier auf seinem Flug zu begleiten!“ Der allzeit wankelmütige König widersetzte sich nicht länger. Der Aufstieg wurde für den 21. November 1783 vereinbart.

Mit Pilatre de Rozier und seinem Gönner, dem Marquis de Arlande, an Bord, erhob sich die neue „Montgolfière“ am festgesetzten Tag über das Dächermeer von Paris. Um der größten „aeronautischen Maschine“, die Frankreich bis dahin gesehen hatte, Auftrieb zu geben, schürten die beiden Piloten abwechselnd das unter der Ballonöffnung lodernde Feuer.

In dem Bericht, den Marquis de Arlande über die erste bemannte Ballonfahrt veröffentlichte, lesen wir: „Ich schürte den Feuerherd und warf mit meiner Gabel ein Bund Stroh hinein. Es war wahrscheinlich zu fest gedreht und brannte daher schwer an. Deshalb hob ich es wieder heraus und schüttete es mitten über der Flamme aus. Einen Augenblick danach fühlte ich mich emporgehoben, als wenn mich jemand an den Schultern emportrüge, und ich sagte zu meinem lieben Gefährten: ‚Aber jetzt steigen wir doch?‘ – ‚Ja, wir steigen‘, antwortete er, während er gerade aus dem Inneren des Ringes hervorkam, wo er wahrscheinlich einige Beobachtungen gemacht hatte...“

Nach etwa dreißig Minuten war der Brennstoff, richtiger gesagt, das Stroh, aufgebraucht. Weit außerhalb von Paris landete der Ballon, kehrten die ersten Reisenden im Luftraum unverehrt auf die Erde zurück. Im Triumphzug in die französische Hauptstadt geführt, riß man den beiden Piloten buchstäblich die Kleider vom Leibe. Jeder wollte ein Andenken an das historische Ereignis haben.



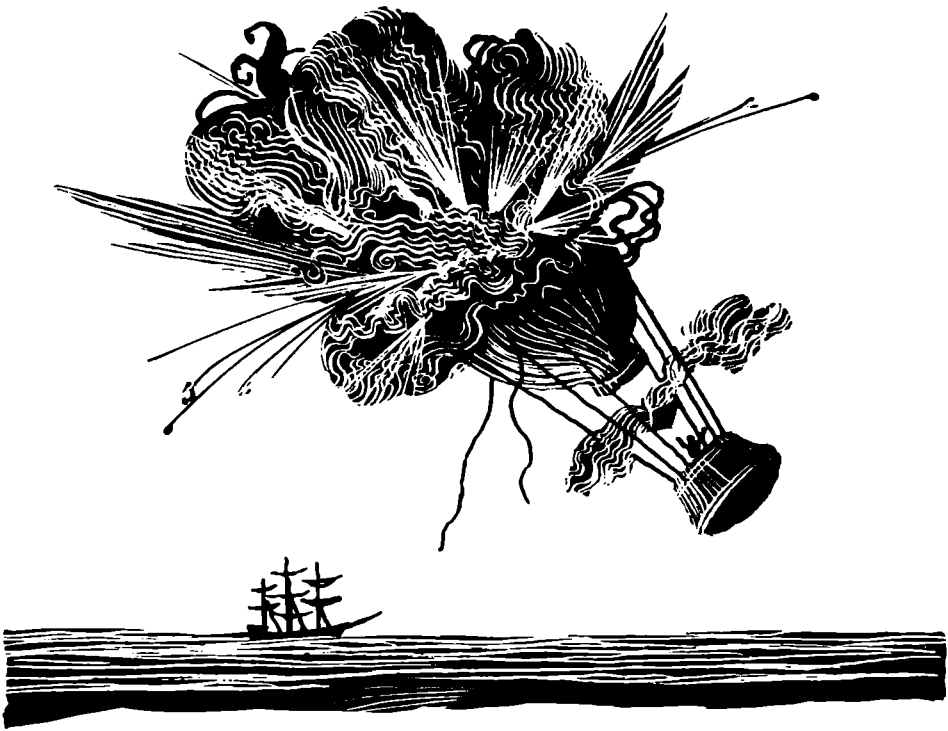
„Der Himmel gehört uns!“

Das Jahr 1783 ist mit goldenen Ziffern in die Geschichte der Luftfahrt eingetragen. Noch bevor es vom Kalender ging, kündigte Professor Charles den ersten Aufstieg mit einem bemann-ten Gasballon an. Seine Konstruktion war technisch so vollkommen, daß sie in ihren Grundprinzipien bis heute für alle Freiballons Gültigkeit behalten hat.

Charles benutzte, wie wir wissen, Wasserstoff. Für die Hülle verwendete er einen mit Firnis getränkten Stoff. Von den Gebrüdern Montgolfier übernahm er das den Ballonkörper umhül-lende Netz, welches die Last der daran befestigten Gondel gleichmäßig über die Ballonfläche verteilte. Ein in der Kugel-kappe angebrachtes Klappenventil ermöglichte es, durch Betäti-gen einer Zugleine jederzeit Gas abzulassen, um mit dem Ballon schneller sinken zu können. Das Aufsteigen wurde durch den Abwurf von Sand reguliert.

Die Fahrt führte mit einer geglückten Zwischenlandung über eine Entfernung von 40 km. Das war zweifellos eine Rekord-leistung. Zur Höhenmessung diente ein Quecksilberbarometer. Es registrierte einen Luftdruck von 500,8 Torr. Damit war zu-gleich der erste Höhenweltrekord von 3467 m aufgestellt. Pro-fessor Charles maß eine Lufttemperatur von $-8,8^{\circ}\text{C}$. Er schil-derete sogar schon die Anzeichen der Höhenkrankheit, wie Kopf-schmerzen und Atembeschwerden, infolge der verdünnten Luft. Die wissenschaftliche Erforschung der Atmosphäre mittels Luft-fahrzeugen hatte begonnen. Im Überschwang der Begeisterung schloß Professor Charles seinen Fahrtbericht mit den stolzen Worten: „Der Himmel gehört uns!“

Benjamin Franklin, der gerade in Paris weilte und die epoche-machenden Ereignisse miterlebte, sagte: „Noch ist der Luftballon ein neugeborenes Kind. Aber er wird wachsen und gedeihen. Die Zukunft gehört ihm!“



Antoine Laurent Lavoisier erarbeitete unverzüglich ein umfassendes Programm für wissenschaftliche Luftfahrten. Selbst Johann Wolfgang von Goethe bastelte kleine Heißluftballons, die er im Park von Weimar aufsteigen ließ.

1785 unternahmen der Franzose Blanchard und der amerikanische Marinearzt Jeffries von Dover aus die erste Ballonfahrt über den Ärmelkanal. Anfangs ging alles gut. Doch kurz vor Erreichen der französischen Küste bei Calais berührte die Gondel die Wellen. Ohne Zögern warfen die beiden Aeronauten allen überflüssigen Ballast über Bord und retteten sich mit einem energischen Hopser an Land. Pilatre de Rozier, Aeronaut Nr. 1, fühlte sich herausgefordert. Um den Kanalfly in umgekehrter Richtung, von Frankreich nach England, zu wiederholen, ließ er sich einen Doppelstockballon bauen. Ein Heißluftballon bildete das Unterteil. Das Oberteil bestand aus einer gasgefüllten „Charlière“. Noch vor Erreichen des Meeres brachte Funkenflug

das Wasserstoffgas zur Explosion. Der brennende Ballon stürzte in die Tiefe. Die Luftfahrt hatte ihr erstes Opfer gefordert.

Die Piloten und Konstrukteure begannen, über das Problem der Sicherheit nachzudenken. Blanchard erfand den Fallschirm, der fortan bei keinem Flug mehr fehlte. Die Akademie in Lyon ging noch einen Schritt weiter. Sie veranstaltete ein technisches Preisausschreiben zur Schaffung eines lenkbaren Luftballons.

Ohne die Ergebnisse abzuwarten, griffen die Militärs nach der neuen Erfindung. Bereits im Jahre 1793 wurde eine französische Luftschiffabteilung aufgestellt, die sich besonders bei der Artilleriebeobachtung bewährte. Als Napoleon eine Invasion gegen Großbritannien plante, schlugen einige Phantasten vor, französische Truppen durch Ballongeschwader nach England überzusetzen.

Die Wissenschaft ging ihre eigenen Wege. In der Nachfolge von Professor Charles unternahm 1804 der französische Physiker Gay-Lussac mehrere Ballonaufstiege. Außer einem Thermometer und einem Barometer nahm Gay-Lussac einen Höhenmesser, einen Kompaß und mehrere Uhren mit auf die luftige Reise. Die Zugstraßen der Schicht- und Haufenwolken weit unter sich lassend, erreichte er eine für die damalige Zeit sensationelle Höhe von 7376 m. Gay-Lussac bekam, stärker noch als Charles, den Sauerstoffmangel in großen Höhen zu spüren. Eine erste Grenze war erreicht.

Erst hundert Jahre später, ausgerüstet mit Sauerstoffgeräten, stießen die Ballonfahrer bis zu jener unsichtbaren Grenzlinie in etwa 11 000 m Höhe vor. Dort endet die Aufwärtsbewegung der an der Erdoberfläche erwärmten Luft. Nach der Aufwärtsbewegung der Luft wird das erste Stockwerk der Atmosphäre, der Raum des Wettergeschehens, auch Troposphäre genannt (tropos bedeutet Wendung). Zur selben Zeit stießen kleine, unbemannte Meßballons erstmals bis in die Stratosphäre, die zweite Etage der Atmosphäre, vor.

Im Dienste der Meteorologie und der Erdphysik kommen die Meßballons, neben den mit selbsttätigen Meßapparaturen und Funkgeräten ausgestatteten Registrierballons und Radiosonden, noch heute zum Einsatz. Die so hoffnungsvoll begonnene Ballonfahrt hingegen erlangte niemals wirtschaftliche Bedeutung. Sie scheiterte an der mangelhaften Lenkbarkeit der Freiballons.

Schiffe durchpflügen den Luftozean

Georg Baumgarten, der seit 1871 in Gröna, im heutigen Bezirk Karl-Marx-Stadt, als Oberförster amtierte, hatte sich in den Tiefen seines Waldreviers eine Werkhalle eingerichtet. Diese Vorrichtung war angebracht, denn die Regierung in Dresden zeigte für Baumgartens Versuche mit lenkbaren Flügelluftschiffen keinerlei Verständnis. Baumgarten selbst schüttelte unwillig den Kopf, wenn er seine Modelle betrachtete. Die mit Leinwand überzogenen Holzgestelle, ausgestopft mit einem Dutzend Kinderluftballons, glichen dicken, unförmigen Würsten. Ihren Antrieb und die Bedienung des Steuers besorgten zwei Uhrwerke.

Erst das fünfte Modell erschien dem Oberförster so weit gelungen, daß er damit im Sommer 1879 den ersten öffentlichen Aufstieg wagte. Im Morgengrauen schleppte er mit seinen Freunden den 20 m langen, eiförmigen Ballon auf die große Wiese neben dem Grönaer Schützenhaus. Die Füllung erfolgte nach dem von Professor Charles entwickelten Rezept mit Wasserstoff.

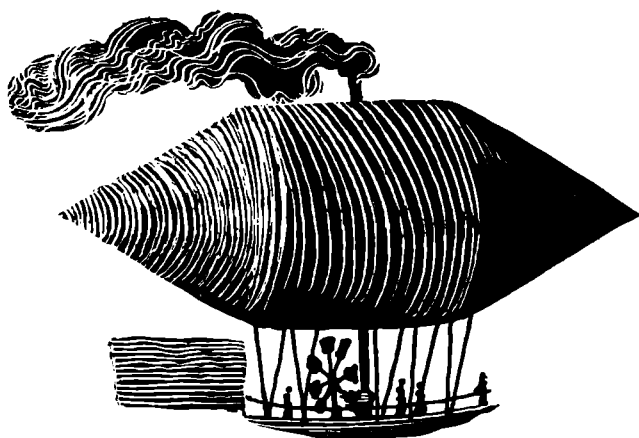
Prüfend strich Baumgartens Hand über die aus gummierter Leinwand bestehende Hülle. Sie ließ kein Gas entweichen. Das Netz und die Tragestreifen, welche die Gondel hielten, waren verknotet. Der durch Handkurbeln betriebene Steuermechanismus und die dreiflügeligen Luftschrauben ließen sich leicht bewegen.

„Glück auf!“ riefen die Schaulustigen aus den umliegenden Dörfern und der nahe gelegenen Stadt, die seit Stunden das Flugfeld umlagerten.

Einem Reporter vom „Chemnitzer Tageblatt“, der sich ebenfalls unter den Zuschauern befand, verdanken wir den einzigen Originalbericht über den Verlauf des Probefluges: „Grüna, den 1. August 1879. Gestern machte Herr Oberförster Baumgarten von hier mit seinem selbsterfundenen Flügelluftschiff die ersten Versuche, welche wohl gelungen sind. Das Schiff wurde präzise nach jeder Richtung hin getrieben. Das Problem, ein lenkbares Luftschiff zu konstruieren, ist seiner Lösung durch die Erfindung des Herrn Baumgarten bedeutend näher gerückt.“

Über die technischen Einzelheiten äußerte sich der Reporter mit keinem Wort. Unerwähnt blieb auch, daß Baumgarten die starre Verbindung der Gondel mit der Ballonhülle und die dreiflügeligen Luftschrauben patentiert erhalten hatte. Wer sollte sich im Königreich Sachsen für den Bau eines Schiffes, das nicht auf dem Wasser der Elbe fuhr, sondern über den Wolken dahinsagelte, interessieren? In der Hoffnung, in der Heimat des Freiballons tatkräftige Förderer seiner Idee zu finden, reiste der fliegende Oberförster 1880 nach Paris. Wer beschreibt seine Niederlagenheit, als er feststellen mußte, daß auch in Frankreich die Entwicklungsarbeiten fortgeschritten waren.

Der französische Maschinenbauingenieur Giffard hatte bereits im Jahre 1852 eine ähnliche Lösung des Lenkproblems wie Baumgarten gefunden. Angetrieben aber wurde sein Luftschiff von einer nur 160 kp schweren 3-PS-Dampfmaschine. Wehmütig dachte Baumgarten an seinen Handkurbelantrieb. Als er auf der Rückreise erfuhr, daß ein Mainzer Ingenieur sogar schon Flugversuche mit Gasmotoren unternahm, sank ihm der Mut noch tiefer. Die Anschaffung eines brauchbaren und leistungsfähigen Motors kostete mehr Geld, als ein königlich-sächsischer Oberförster vom Lebensunterhalt einsparen konnte.



Baumgarten mochte an ein Wunder glauben, als sich ihm eines Tages der Leipziger Verlagsbuchhändler Dr. Wölfert als Geldgeber und Mitarbeiter anbot. Der Oberförster schlug ein. Gemeinsam setzten die beiden Männer die Modellversuche fort.

Bald darauf konnten sie ein Muster ihres Flügelluftschiffes in Dresden, Leipzig und Berlin vorführen. Aber ihre hochgeschraubten Erwartungen erfüllten sich nicht. Die Vertreter des Preußischen Kriegsministeriums, die den Berliner Vorführungen beiwohnten, begnügten sich mit einer unverbindlichen Anerkennung. Die Behörden in Dresden reagierten verbindlicher. Sie entließen Georg Baumgarten wegen Verletzung seiner Beamtenpflicht aus dem Forstdienst. Von einem Tag zum anderen sah sich der Luftfahrtpionier auf die Straße gesetzt und von seinen Freunden und seinem eigensüchtigen Mitarbeiter verlassen. Zwei Jahre später starb Baumgarten enttäuscht und verbittert in einer Nervenheilanstalt.

Wölfert führte die Versuche auf eigene Kosten weiter und baute in das Flügelluftschiff „Deutschland“ einen Benzinmotor ein. Aber auch ihm sollte kein Erfolg beschieden sein. Bei einer Flugvorführung auf dem Tempelhofer Feld in Berlin setzten die

Auspuffgase die Bespannung in Brand. Fackelgleich stürzte das Luftschiff in die Tiefe und begrub Wölfert unter den Trümmern.

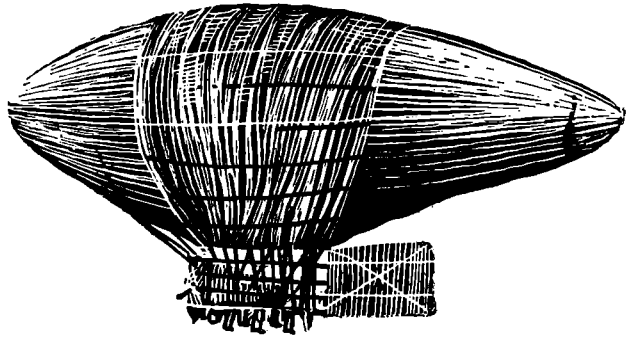
Das geschah im Jahre 1897.

Im gleichen Jahr starb in Berlin David Schwarz, der der richtige Partner für Baumgarten gewesen wäre. Aus Ungarn gebürtig, war Schwarz nach Deutschland gekommen, um sich hier ein Luftschiff besonderer Art patentieren zu lassen. Das Gerippe, die Hülle und die Gondel bestanden aus Leichtmetall, aus Aluminium. Einen Benzinmotor, der vier Luftschrauben antrieb, besaß es ebenfalls. Trotzdem war das mit Gas gefüllte Luftschiff leichter als die von ihm verdrängte Luft. Die Anerkennung für diese einfallsreiche Konstruktion heimste nach dem Tod von David Schwarz ein anderer ein: Graf Ferdinand von Zeppelin.

Der „verrückte Luftgraf“

Der „verrückte Luftgraf“, wie Graf von Zeppelin im Volksmund genannt wurde, brachte alles mit, was seinen Vorgängern zum Erfolg fehlte: einen wohlklingenden Namen, einen hohen militärischen Rang, einflußreiche Beziehungen und ein beachtliches Vermögen. Er lebte nicht von der Hand in den Mund und konnte es sich leisten, seine Stunde abzuwarten. Er wollte Luftschiffe bauen, um sie bei der Eroberung fremder Länder einsetzen zu können.

Seit vielen Jahren hatte Zeppelin die Fortschritte in der Entwicklung lenkbarer Luftfahrzeuge aufmerksam beobachtet. Er kannte die Teilerfolge der französischen Ballon- und Luftschiffpioniere, die Pläne und Überlegungen der deutschen Erfinder. Als Generalleutnant befand er sich unter den Militärs, denen Baumgarten und Wölfert in Berlin ihr Flügelluftschiff vorgeführt hatten. Von dieser Konstruktion übernahm er später die



starre Verbindung der Gondel mit der Luftschiffhülle und den Benzinmotor. Von der Witwe David Schwarz' erwarb Zeppelin für ein paar Tausendmarkscheine die Patente auf das Aluminium-Luftschiff.

Dem „Luftgrafen“ öffneten sich alle Türen wie von selbst. Der König von Württemberg stellte ihm in Konstanz am Bodensee kostenlos einen Bauplatz für eine Luftschiffhalle zur Verfügung. Der Kaiser setzte sich persönlich für die Bewilligung zum Bau eines Riesenluftschiffes von 128 m Länge ein. Kapitalkräftige Unternehmer gründeten eine „Aktiengesellschaft zur Förderung der Motorluftfahrt“ und brachten eine Million Mark zur Bau-summe auf.

In denkbar kurzer Zeit wurde das erste Starrluftschiff, „Luftschiff Zeppelin 1“, erbaut und im Sommer des Jahres 1900 erprobt. Ihm folgte 1905 das „Luftschiff Zeppelin 2“. Beide waren großartig anzusehen. Sie glichen wahren Ozeanriesen in den Gefilden der Luft. Ihr Aktionsradius und ihre Manövrierfähigkeit ließen jedoch noch viele Wünsche offen. Zugleich meldete sich auch noch eine ernst zu nehmende Konkurrenz.

Ein ehemaliger Kollege des Luftgrafen, der Major August von Parseval, hatte nach französischem Vorbild ein Prall-Luftschiff

ohne Innenversteifung entwickelt. Mit seiner wurstähnlichen Ballonform erinnerte es an die ersten Modelle des fliegenden Oberförsters. Sein Vorzug gegenüber der Konstruktion der „Zeppeline“ bestand darin, daß es jederzeit und überall aufgeblasen, aufgelassen und entleert werden konnte.

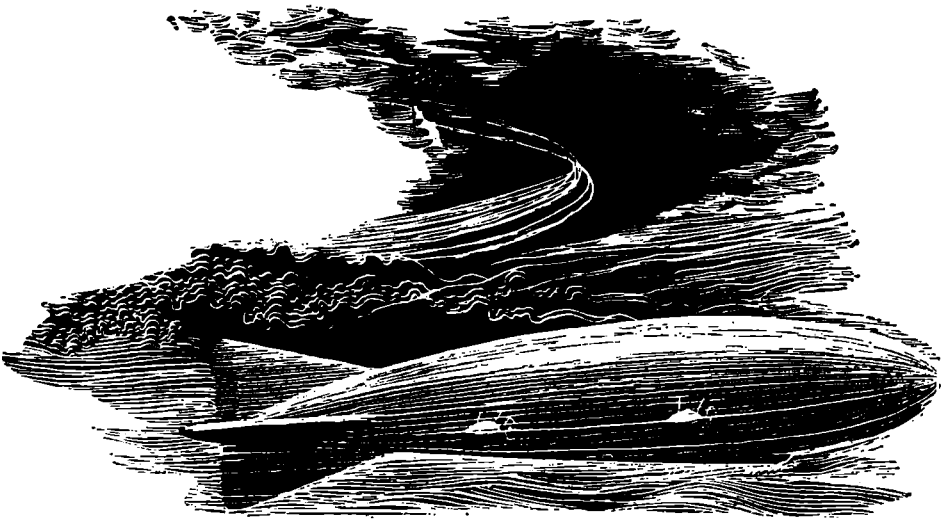
1907 unternahm das Parseval-Luftschiff seine erste erfolgreiche Probefahrt zwischen Tegel und Brandenburg. Drei Jahre später verzeichnete „Parseval VI“, eine verbesserte Konstruktion, bereits seine hundertste unfallfreie Fahrt. Die durchschnittliche Reisegeschwindigkeit betrug 100 Kilometer je Stunde.

Mit doppelter Lautstärke rührte Graf von Zeppelin die Reklametrommel für seine „Silberzigarre“. „Die Aluminiumhaut meiner Luftschiffe bedeutet höchste Sicherheit im Luftverkehr!“ erklärte er und wies auf die leichte Verletzlichkeit der Ballonhüllen der Prall-Luftschiffe hin. Von der Richtigkeit dieser Behauptung sollte auch der letzte Zweifler durch das neuerbaute „Luftschiff Zeppelin 4“ überzeugt werden.

In der Morgenfrühe des 4. August 1908 startete „LZ 4“ am Bodensee zu seiner Jungfernfahrt nach Mainz. Gegen 7.00 Uhr kreuzte der fabrikneue Luftriese über dem Rheinfall bei Schaffhausen, passierte zwei Stunden später Basel und überflog gegen Mittag Straßburg. In den Straßen drängten sich die Menschen. Sie kletterten auf Dächer, Bäume und Türme, um das technische Wunder aus nächster Nähe zu bestaunen. Über ihren Köpfen schwebten Tonnenlasten durch die Luft. Jedes Schulkind wußte aus den Zeitungen, daß der 136 m lange „Zepp“ eine Gasfüllung von 15 000 m³, eine Tragfähigkeit von 16 000 kg besaß.

Die hektische Betriebsamkeit, welche die Insassen der Gondel kurz hinter Worms entfalteten, blieb den begeisterten Zuschauern verborgen. Motordefekt! Notlandung bei Nierstein.

Mit geübten Griffen wechselten die Mechaniker ein Zahnrad des Kühlventilators aus. Mit erheblicher Verspätung erreichte „LZ 4“ um die Mitternachtsstunde Mainz, den Wendepunkt der



Reise. In Decken gehüllt, standen die Menschen auf den Dächern. In den Redaktionsstuben der Zeitungen rasselten die Telefone: „Mannheim überflogen!“ – „LZ 4 über Heidelberg!“

Kurz vor Erreichen des heimatlichen Hafens begann der Motor abermals zu streiken. Erneute Notlandung bei Echterdingen. Die Landung verlief, trotz Dunkelheit und Seitenwind, glatt.

Der Schaden war bald behoben. Die Besatzung atmete erleichtert auf. Und da geschah es: Eine Sturmbö sprang heran, packte den Aluminiumriesen und trieb ihn wie einen Spielball über den Sturzacker. Eine Stichflamme schoß empor. Explosionen erschütterten die Luft . . .

Die im Morgengrauen eintreffenden Rettungsmannschaften und Feuerwehren fanden von „LZ 4“ nur noch einen rauchenden Trümmerhaufen vor.

Trotz des Entsetzens über diese Katastrophe war das Luftfahrtfieber so groß, daß in Deutschland innerhalb kurzer Zeit sechs Millionen Mark freiwilliger Spenden zum Bau eines neuen Luftschiffes aufgebracht wurden. Im stillen träumte jeder Spender davon, selber einmal im „Zeppelin“ zu fliegen, sein Dorf,

seine Stadt, die alte Mutter Erde aus der Vogelschau zu betrachten. Aber die Freunde und Gönner des Luftgrafen und der Generalleutnant Zeppelin selbst hatten andere Pläne, gefährlichere Ziele. Anstatt zu einem neuen Verkehrsmittel wurde das Luftschiff im ersten Weltkrieg zu einer neuen Waffe, wurde es zur Vernichtung von Menschen eingesetzt.

Erst als die Kanonen schwiegen, konnte der Zeppelin seine kurze Karriere im Dienste der friedlichen Luftfahrt und wissenschaftlichen Forschung beginnen. Im Oktober 1924 startete das erste Luftschiff zur Fahrt von Europa nach Amerika. 432 Jahre vorher hatte Christoph Kolumbus, der „Admiral der Meere“, den Atlantik mit Westkurs überquert. Seine Schiffe waren 70 Tage unterwegs gewesen. Der 200 m lange, 1750 PS starke Luftgigant schaffte es in 70 Stunden. Fünf Jahre später unternahm das Luftschiff „LZ 127“ die erste Fahrt um die Welt. Die großen Erdumsegler Fernão de Magalhães und James Cook hatten dazu Jahre benötigt. Das Luftschiff kehrte nach wenigen Tagen in seinen Heimathafen zurück.

Ausgerüstet mit meteorologischen Instrumenten und Luftbildkameras, wurden die Starrluftschiffe immer häufiger für Forschungsreisen eingesetzt. Als „Admiral der Luft“ überquerte der berühmte norwegische Polarforscher Roald Amundsen 1926 mit dem Luftschiff „Norge“ von Spitzbergen aus das Polarmeer und landete in Alaska. 1931 startete ein „Zeppelin“ zu einer ausgedehnten Forschungsreise in die Arktis, an der sich Wissenschaftler aus vielen Nationen beteiligten. Als transozeanisches Verkehrs-Luftschiff entworfen und erbaut, beflog „LZ 127“ bis 1937 regelmäßig die unsichtbaren Luftstraßen zwischen Europa und Amerika und überquerte dabei 144mal den Atlantik.

Auf seinen insgesamt 500 Fahrten beförderte es über 16 000 Passagiere und 20 Tonnen Post. Noch größer und leistungsfähiger war das 1936 in den Dienst gestellte „LZ 129“, ein „Fliegendes Hotel“, angetrieben von vier Dieselmotoren mit 3600 PS,



ausgestattet mit 25 zweibettigen Schlafkabinen, Speise- und Aufenthaltsräumen, einer Bibliothek, einem Rauchsalon, Dusch- und Badekabinen, das den Atlantik in 48 Stunden überquerte.

Doch so, wie das Luftschiff den Freiballon aus den luftigen Gefilden vertrieb, wurde es selbst durch das Flugzeug in den Hintergrund gedrängt. Nach dem Prinzip „leichter als Luft“ erbaut, ließ der Luftwiderstand des Luftschiffkörpers nur Reisegeschwindigkeiten bis etwa 140 km/h zu. Seinem Steigen war in etwa 8000 m Höhe ein Riegel vorgeschoben. Dabei waren die Betriebskosten beträchtlich. Solange Wasserstoff als Füllgas verwendet wurde, ließ sich auch die Explosionsgefahr nicht ausschalten.

Als im Frühjahr 1937 das neuerbaute Starrluftschiff „LZ 129“ über Lakehurst/USA in ein schweres Gewitter geriet und einer furchtbaren Brandkatastrophe zum Opfer fiel, schien die Luft-

schiffahrt ihren Todesstoß erhalten zu haben. In Deutschland, das damals zum Krieg gegen Polen rüstete, wurden die letzten „Zeppeline“ rücksichtslos abgewrackt. Die Rüstungsindustrie benötigte jedes Gramm des wertvollen Aluminiums für den Bau von Kriegsflugzeugen.

Nur in den USA und in der Sowjetunion, wo ausreichend unentzündliches Helium als Traggas zur Verfügung stand, wurden in den Kriegsjahren Luftschiffe zur U-Boot-Beobachtung und für die Erfüllung von Transportaufgaben eingesetzt. Aber auch sie konnten den Luftfahrzeugen, „schwerer als Luft“, deren Konstruktionsprinzip sich in jahrzehntelangem Ringen endgültig durchgesetzt hatte, keine Konkurrenz mehr machen.

Schwerer als Luft



Moshaiski weiß, was er will

Über Alexander Fjodorowitsch Moshaiski, der 1862 nach Kotjelnikowo im Gouvernement Wologda versetzt worden war, um im dortigen Bezirk die Abschaffung der Leibeigenschaft zu überwachen, waren unter den Gutsbesitzern und Tagelöhnern mancherlei Geschichten im Umlauf. „Was versteht ein abgeheuerter Seemann von der Landwirtschaft?“ fragten die Gutsbesitzer. „Warum ist er nicht auf seiner Arche geblieben?“ Der Pope pflichtete eilfertig bei: „Einen Narren hat uns der Zar geschickt! Spielt mit Kinderdrachen und will den Vögeln die Kunst des Fliegens ablauschen!“

In den Tagelöhnerkaten mit den gelben Sonnenblumen vor der Tür gab der alte Semjonow den Ton an. Er kannte Moshaiski besser als die Gutsbesitzer. Oft genug kutschierte er ihn über Land. „Moshaiski weiß, was er will“, sagte Semjonow. „Bei dem sitzen Herz und Verstand am rechten Fleck. Abwarten, sage ich: Der bringt uns allen noch das Fliegen bei!“

Einer der Bauernburschen schnipste geringschätzig mit den Fingern. „Dann muß sich dein Freund aber beeilen. Die Franzosen und die Deutschen besitzen längst richtige Luftballons. Moshaiski hat bis jetzt bloß Drachen gebaut . . .“

„Hört euch den Grünschnabel an: ‚Bloß Drachen gebaut!‘“ erieferte sich Semjonow. „Geflogen ist Moshaiski mit seinem Drachen. Habt 's doch mit eigenen Augen gesehen! Und solltest du geschlafen haben, morgen ist wieder eine Vorstellung!“

Moshaiski kümmerte sich nicht um das Gerede, das im Dorf über ihn umlief. Er hatte seine eigenen Sorgen und Probleme.

Das konnte gar nicht anders sein, wenn man die ausgetretenen Pfade verließ und sich auf wissenschaftliches Neuland vorwagte. Die im Westen gebräuchlichen Luftballons waren brauchbare Apparate. Aber die Aeronauten übertrieben, wenn sie ihre Luftfahrten mit den Flügen des Adlers und der Möwe verglichen.

Von einer Eroberung des Himmels, wie Professor Charles frohlockt hatte, konnte keine Rede sein.

Die Vögel waren und blieben die besseren Flieger. Auch die Fledermäuse und Insekten erwiesen sich als vollendete Flugkünstler, dabei unterschieden sich ihre glattgespannten Flügel augenfällig von den gefiederten Vogelschwingen. Es konnte also kaum damit getan sein, daß sich der Mensch Schwingen an die Arme band, wollte er sich in die Luft erheben.

An diesem Punkt hatten Moshaiskis Forschungen vor Jahren begonnen. Die Tische und Schränke seines Zimmers standen voll von ausgestopften Vögeln. Vom Sperling bis zum Albatros ermittelte Moshaiski den Körperbau und das Körpergewicht, die Größe und Form ihrer Schwingen. Tabelle um Tabelle füllte sich mit Zahlen und Skizzen. Dann wieder beschäftigte ihn die Frage: Warum hält sich der Drachen in der Luft? Warum läuft man gegen den Wind, wenn man ihn aufsteigen läßt? Welche Rolle spielen die Luftströmungen?

Was das Papier verschwieg, sollte der praktische Versuch beantworten. Moshaiski entschied sich für einen viereckigen, mit Leinwand bespannten Drachen aus dünnen Holzspanten.

Die Größe der Segelfläche, die seinem eigenen Körpergewicht entsprechen sollte, berechnete er nach seinen umfangreichen Tabellen. In Ermangelung eines besseren Antriebs stellte sich Moshaiski mit dem Drachen auf einen vierrädrigen Wagen. Am Bug befestigte er sicherheitshalber ein Halteseil, das über eine Rolle lief und von einem auf dem Wagen sitzenden Burschen gehalten wurde. Die drei Vorspannpferde zügelte Väterchen



Semjonow. Im Galopp rasselte der Wagen eine abschüssige Straße hinab. Der Fahrtwind fuhr unter die Leinwand und verlieh dem Drachen einen kräftigen Auftrieb.

Ein Mensch, schwerer als Luft, schwebte über der Erde. Nachdem die Flugfähigkeit des bemannten Drachens hinreichend bewiesen war, kehrte Moshaiski zum Modellbau zurück. Er ergänzte seinen „Flugdrachen“ durch eine Schwanzflosse mit beweglichem Höhen- und Seitensteuer. Den Antriebsmechanismus bildeten eine Vierblatt-Luftschaube und ein kleines Uhrwerk. Auch das Fahrgestell fehlte nicht. Das neue Flugmodell sah schon eher einem Flugzeug ähnlich.

Alexander Fjodorowitsch Moshaiski reiste nach Petersburg, wo er die Unterstützung der Regierung für seine Erfindung zu gewinnen hoffte. Nach tagelangen Bittgängen von Behörde zu Behörde gestattete man ihm gnädigst, sein Flugmodell in der großen Reithalle am Newaufer einer Technischen Kommission vorzuführen.

Freudig erregt erklärte Moshaiski den bärtigen Männern in den ordengeschmückten Uniformen das Prinzip seiner Konstruktion. Dann schaltete er das Uhrwerk an. Die Luftschaube begann sich zu drehen. Wie eine Riesenhornisse fegte das schnurrende Flugmodell über die Startbahn, eine lange Holztafel. An ihrem Ende erhob es sich in die Luft und setzte seinen Flug fort, bis das Uhrwerk abgelaufen war. Die Kommissionsmitglieder spendeten sparsamen Beifall. Einer nur drückte Moshaiski herzlich die Hand. „Ausgezeichnet“, sagte er. „Sie sind auf dem richtigen Weg. Ihre Idee muß verwirklicht werden!“ Es war der berühmte Chemiker Dmitri Mendelejew, der das Periodensystem der Elemente aufstellte.

Auf Mendelejews Fürsprache hin wurden Moshaiski aus Mitteln des Staatshaushaltes 3000 Rubel zur Weiterführung seiner Versuche bewilligt. Endlich konnte der Erfinder seine Flugmaschine, konstruiert nach dem Prinzip „schwerer als Luft“, zum

Patent anmelden. Der Patentschutz sollte fünf Jahre Gültigkeit besitzen, wenn Moshaiski innerhalb eines Jahres sein Projekt verwirkliche. Woher aber den Motor nehmen? In Rußland gab es noch keine Motorenfabrik, die solche Motoren hätte herstellen können. Unverzüglich reiste der Erfinder nach England, um sich in der Heimat von James Watt eine leichte, aber leistungsfähige 20-PS-Dampfmaschine anfertigen zu lassen.

In der Zwischenzeit verliefen sich die Mitglieder der Technischen Kommission in alle vier Winde. In den Ministerien aber führten jene Leute das Wort, die den technischen Fortschritt als ein Vorrecht der kapitalistischen Industriestaaten des Westens betrachteten. Wozu benötigte ein Agrarland wie Rußland Flugapparate? Wozu unnötige Geldausgaben? Kurzerhand wanderte die Akte mit der Aufschrift „Moshaiski“ in die Ablage.

So erklärt es sich, daß in der Geschichte der Luftfahrt lange Zeit nur die Gebrüder Lilienthal als Pioniere des ersten Menschenfluges genannt wurden.

„Opfer müssen gebracht werden!“

Otto und Gustav Lilienthal, in den Sturmjahren 1848 und 1849 in Anklam geboren, entstammten einfachen Verhältnissen.

Nach dem frühen Tod des Vaters, eines aktiven Teilnehmers an der Märzrevolution, eröffnete die Mutter einen kleinen Putzsalon. Um ihre beiden Söhne auf das Gymnasium schicken zu können, erteilte sie nebenbei noch Musikunterricht.

Den beiden vaterlosen Jungen steckte der Kopf voller Flausen. Sie wollten fliegen. Im Anklamer Hafen sannen sie dem Flug der Möwen nach. Stundenlang beobachteten sie auf den Peenewiesen die Kunstflüge der Störche. Aus Gänsefedern bastelten sie sich ihre ersten Flügel. Später begeisterten sie sich für die Idee eines Schlagflügel-Flugapparates. Diese Idee beglei-

tete Gustav durch die Realschuljahre, und Otto nahm sie mit nach Potsdam, wo er die Gewerbeschule besuchte.

Als Gewerbeschüler legte Otto Lilienthal den Grund zu seinen naturwissenschaftlichen Kenntnissen, gleichzeitig brachte er sein handwerkliches Geschick zur vollen Entfaltung. Die Lehrer waren mit seinen Leistungen zufrieden. Mit der Examensnote „vorzüglich“ empfahlen sie ihn an die Gewerbeakademie in Charlottenburg. Die Mittel für das Studium erarbeitete sich Otto in einer Berliner Maschinenfabrik.

Kaum aber waren die beiden Brüder während der Semesterferien in Anklam wieder vereint, fragte Otto: „Denkst du noch an den Schlagflügel-Flugapparat?“

„Und ob ich noch daran denke“, antwortete Gustav. „Los, bauen wir ihn!“ Die Flügelspannweite des Flugapparates betrug drei Meter. Seine Erprobung erfolgte an einem Heuaufzug auf dem Dachboden des Hauses. Während Otto den Schlagmechanismus bediente, maß Gustav die Hubhöhe nach. Sie betrug nicht mehr als ein paar Zentimeter. Darüber verging der Urlaub.

Um die Versuche gemeinsam fortsetzen zu können, begleitete Gustav seinen Bruder Otto nach Berlin. Überall wurde gebaut, wurden Maurer gesucht. Später wollte Gustav Architekt werden. Mit einem Droschkenkutscher als Drittem im Bunde bewohnten die Lilienthal-Brüder eine windschiefe Dachkammer. „Sperlingslust!“ nannten sie ihre Bleibe.

Jeder Groschen, der sich vom Munde absparen ließ, wurde in Bücher umgesetzt. Beim Schein einer Petroleumlampe studierten die beiden Flugenthusiasten die neuesten Veröffentlichungen über den Ballonflug, das Wettergeschehen in der Troposphäre und die Theorie der Winde. Nächtelang diskutierten sie über Statik und Thermik, über das Gleichgewicht der auf einen Körper wirkenden Kräfte und die Energie der warmen Aufwinde. Sie bastelten winzige Flugmodelle und gelangten unwillkürlich vom Ruderflug zum Gleitflug. Damit standen sie dort, wo vor

ihnen schon Moshaiski und viele andere „Flugzeugerfinder“ angelangt und von der Theorie zur Praxis übergegangen waren.

Die finanzielle Lage der Brüder Lilienthal erfuhr eine spürbare Verbesserung, als Otto wegen hervorragender Leistungen ein jährliches Stipendium von 300 Talern erhielt. Sein Mathematikprofessor versuchte, bei dieser Gelegenheit einen väterlichen Ratschlag anzubringen. „Die Beschäftigung mit flugtechnischen Problemen ist gewiß interessant“, sagte er. „Aber es lohnt nicht, junger Freund, dafür auch nur einen Groschen auszugeben! Bisher sind alle, die ihr Glück mit Flugapparaten versucht haben, gescheitert!“

Otto Lilienthal nickte höflich. „So ist es, Herr Professor!“ sagte er. Doch während des nächsten Urlaubs der beiden Brüder in Anklam wurde ein Gleitflieger gebaut. In Storchengröße aus Papier und Weidenholz gefertigt, war er genau das, was wir heute ein „Segelflugmodell“ nennen. Wie ein großer weißer Vogel schwebte er die Hänge hinab und landete sicher auf den Peenewiesen. Selbst Mutter Lilienthal spendete dem „Spiel“ ihrer beiden großen Jungen herzlichen Beifall.

„Ein richtiger Vogel ist es geworden“, sagte sie. „Ihm fehlt bloß noch eins – das Lebendige!“

„Stimmt, Mutter!“ antworteten Otto und Gustav wie aus einem Munde. „Unserem Vogel fehlt ein Motor!“

Da war sie wieder, die heimtückische Klippe, die schon so viele Erfinder und Konstrukteure hatte scheitern lassen. Der Entwurf einer „Flugzeug-Dampfmaschine“ brachte die Brüder vorerst nicht weiter. Otto Lilienthal mußte sich auf die Ingenieurprüfung vorbereiten. Dann riß ihn der Deutsch-Französische Krieg aus seiner Arbeit. Erst viele Jahre später konnten die Lilienthals weiterführen, was sie als Gymnasiasten begonnen hatten.

Beide standen nun fest im Berufsleben. Als Maschinenbauingenieur der eine, als Baumeister der andere. Gustav, der Baumeister, wurde durch seine Tätigkeit zur Entwicklung des noch

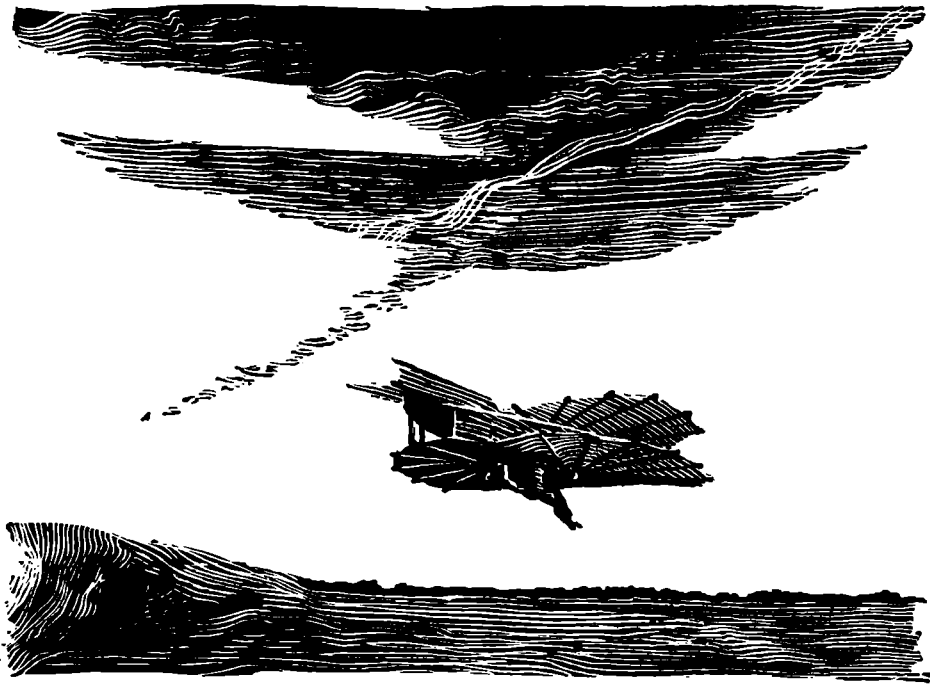
heute bekannten und beliebten Steinbaukastens angeregt. Otto, der Ingenieur, erfand einen Metallbaukasten, einen Rechenapparat, eine Schrämmaschine für den Bergbau. Gemeinsam entwickelte das Bruderpaar einen Schlangenrohrkessel, der für Handwerks- und Kleinbetriebe einen idealen Dampferzeuger darstellte. Die Flugzeug-Dampfmaschine geriet darüber nicht in Vergessenheit.

Der finanzielle Erlös für diese Erfindungen war nicht zu verachten. 1880 richtete sich Otto Lilienthal eine eigene Maschinenfabrik ein, in der alles vorhanden war, was man zum Flugmodellbau brauchte. Für die Weiterführung der Flugversuche mietete man eine nahe gelegene Turnhalle. Mit Hilfe eines Rundlaufgerätes wurde der Luftwiderstand der verschiedenen Flügelformen untersucht und das geeignetste Tragflächenprofil ermittelt. Die Beobachtungsergebnisse summierten sich. Mit der Zeit wurde ein richtiges und wichtiges Buch daraus: „Der Vogelflug als Grundlage der Fliegekunst“.

Für die praktischen Flugübungen benutzten die Gebrüder Lilienthal, wie Moshaiski, einen Flugdrachen. Sie nannten ihn „Hängegleiter“. Damit gelangen ihnen, von einem kleinen Hügel in Ottos Garten, „Luftsprünge“ von 6 bis 9 m Weite. In den Kiesgruben der Umgebung erreichten sie sogar schon Flugweiten bis 80 m. Doch der Transport des Hängegleiters mit 11 m Flügelspannweite war beschwerlich, zumal sich Bruder Gustav wegen eines Hüftleidens nicht überanstrengen durfte.

Um nicht auf fremde Hilfe angewiesen zu sein, zog sich Otto Lilienthal vorübergehend auf sein Lichterfelder Grundstück zurück. Der Sprunghügel im Garten wurde auf 15 m erhöht. Dadurch wurde es möglich, je nach der Windrichtung, nach allen Seiten zu starten. Gab es wirklich einmal Bruch, oder machte sich eine kleine Reparatur erforderlich, befand sich die eigene Werkstatt in der Nähe.

Gleich dem Grünaer Schützenplatz, auf dem der fliegende



Oberförster seine Flugübungen abgehalten hatte, wurde der „Fliegerberg“ in Lichterfelde zu einem beliebten Ausflugsziel der benachbarten Großstädter. Für den Zustrom von Schaulustigen sorgte eine Berliner Zeitung mit der Bemerkung: „Wenn jemand zwei Verrückte sehen will, dann muß er nach Lichterfelde gehen. Dort wollen welche fliegen!“

Die vielen Menschen mit ihrem unvermeidlichen Lärm störten die Brüder, besonders an den Sonntagen. Schweren Herzens entschloß sich Otto Lilienthal zum Rückzug in die zwei Bahnstunden entfernte Rhinower Heide. Weitab von der lärmenden Stadt, in einem geradezu idealen Fluggelände, gelangen ihm Gleitflüge bis 250, 300 und sogar 350 m Weite.

Gustav, der seinen Bruder, sooft es ging, begleitete, jubelte: „Du bist geflogen, Otto, richtig geflogen! Wenn das unsere Mutter sehen könnte!“

Doch Otto wehrte bescheiden ab: „Denk an Mutters Worte:

Unserem Vogel fehlt das Lebendige! Geflogen bin ich erst dann, wenn mich der Aufwind über die Bergkuppen emporträgt!“

Der Bruder drängte jedoch darauf, daß Otto Lilienthal seinen motorlosen und zusammenlegbaren Hängegleiter 1893 zum Patent anmeldete. Es war ein Eindecker, der wie eine große Fledermaus aussah. Um die Flügelspannweite nicht ins Uferlose zu treiben, beschäftigte sich Otto Lilienthal fortan mit der Konstruktion von Doppeldeckern. Sie wiesen bereits eine mechanische Steuerung auf. Auch die Entwicklung eines kleinen, leistungsfähigen Triebwerks setzte der unermüdliche Flugpionier fort. In seiner Fabrik baute er einen winzigen 2-PS-Motor, der mit komprimiertem Kohlendioxid arbeitete. Während der Motor auf dem Prüfstand lief, blieb das Doppeldecker-Modell in der Flugerprobung.

Am 9. August 1896 waren Lilienthal und sein Monteur Beylich wieder einmal draußen in den Rhinower Heidebergen. Die ersten drei Flüge verliefen ausgezeichnet. Vor dem Start zum vierten Flug kam leichter Gegenwind auf.

„Darauf habe ich gewartet, Beylich!“ sagte Lilienthal zu seinem Monteur. Sein persönlicher Wagemut und das Vertrauen zu seiner Konstruktion waren grenzenlos.

Der Wind fuhr unter die dünnen, mit gewölbten Profilen versehenen Tragflächen und harfte in den Spanndrähten. Die Flügelspitzen drehten sich aufwärts. Beglückt blickte Lilienthal in die Ferne. Wahrhaftig, der Aufwind trug ihn empor. Sein Flug bewies, daß man bei geschickter Ausnutzung des dynamischen Auftriebs nicht leichter als Luft zu sein brauchte, um vogelgleich fliegen zu können!

Plötzliche Stille. Der Apparat bäumte sich noch einmal auf, senkte die Nase und stürzte wie ein Stein in die Tiefe. Ein harter Aufschlag. Splitter. Nacht . . .

Als Otto Lilienthal im Krankenhaus aus seiner Bewußtlosigkeit erwachte, lösten sich wie aus einer Nebelwand Gestalten

und Gesichter – sein Bruder Gustav, seine Frau, Monteur Beylich, ein Arzt im weißen Kittel. Mühsam suchte der Sterbende nach Worten, die trösten sollten: „Opfer... müssen... gebracht... werden!“

Nur die wenigsten, die vom Tode Otto Lilienthals erfuhren, ermaßen die Größe des Verlustes. Berauscht von den Höhenrekorden der Ballonfahrer, von den spektakulären Vorführungen der Luftschiffer, bildeten die Nachahmer des Vogelfluges eine Spottscheibe für die Witzblätter. Aber die Zeit, die technische und ökonomische Entwicklung war für eine der genialsten Erfindungen der Menschheit reif geworden. Die Ideen Moshaiskis und Lilienthals wirkten weiter: in Deutschland, in Frankreich, in Rußland, in aller Welt. Auch in Amerika...

Startplatz Kill Devil Hill

Ein eisiger Wind wehte am Morgen des 17. Dezember 1903 über die langgestreckten Sanddünen von Kitty Hawk in North Carolina. Der Himmel war grau und dunstig wie in einer Waschküche. Das Meer brauste. Verdrossen hockten die Brüder Wilbur und Orville Wright in einer Werkstattecke hinter dem warmen Ofen. Sie warteten auf gutes Flugwetter.

Unsinn, als würde das launische, das unberechenbare Wetter Rücksicht darauf nehmen, was sich die Brüder für diesen Tag vorgenommen hatten, was von seinem Ausgang für sie abhing. Gelang es ihnen, sich mit ihrem Motorflugzeug von der Erde zu lösen, war morgen schon ihr Name in aller Munde. Mißglückte der Start, waren alle Opfer und Mühen, die sie ihrer Erfindung dargebracht hatten, vergebens gewesen. Beim Prasseln des Feuers schweiften die Gedanken der beiden jungen Männer den Weg zurück, der sie aus der Geborgenheit ihres Elternhauses nach Kitty Hawk geführt hatte.

Vor fünfundzwanzig Jahren etwa, als Moshaiski und die Brüder Lilienthal ihre ersten Flugdrachen bauten, hatten auch sie wohl das erstemal davon geträumt, die Erde aus der Vogelperspektive zu betrachten. Ein Knabentraum! Entzündet und genährt von jenem kleinen Schraubenflieger, den der Bischof Milton Wright, ihr Vater, seinen Söhnen schenkte. Bald schon bastelten sich Wilbur und der vier Jahre jüngere Orville ihr Spielzeug selbst. Schraubenflieger! Dabei erwarben sie sich die Handfertigkeit für ihren späteren Beruf als Mechaniker. Wilbur zählte noch keine zwanzig Jahre, als die beiden Bischofssöhne in ihrer Vaterstadt eine eigene Firma eröffneten. „Fahrräder und Reparaturwerkstatt“ stand über der Ladentür.

Die kurzen Zeitungsnotizen über die hoffnungsvoll verlaufenen Gleitflüge Otto Lilienthals riefen die alten Kindheitsträume wach. Aus Washington bestellten sich Wilbur und Orville alle bisher über das Flugwesen erschienenen Bücher und Zeitschriften. Auch Lilienthals kleines Buch über die „Fliegekunst“ befand sich darunter. Aktuellere Informationen boten die technischen Zeitschriften. Aus ihnen erfuhr man, wie viele Gleichgesinnte das Anklamer Brüderpaar gefunden hatte.

Mit Genehmigung der Lilienthals baute ein gewisser Percy Pilcher in England Lilienthal-Gleiter, die er mit einem 4-PS-Motor ausrüstete. Aus Österreich war Wilhelm Krefß nach Lichterfelde gereist, um sich beim Bau eines Motor-Drachen-Flugzeugs beraten zu lassen. Desgleichen zählte der nachmals berühmte französische Flugpionier Ferdinand Ferber und sogar ein amerikanischer Astronomieprofessor zu den Schülern Lilienthals. Warum also sollten sich nicht auch die Gebrüder Wright die Erfahrungen der Lilienthals beim Entwurf ihres ersten Gleitflugmodells zunutze machen?

Die Wrights begannen mit einem Doppeldecker. Um ihrem Vater, dem ehrwürdigen Herrn Bischof, keine Ungelegenheiten zu bereiten, waren sie im September 1900 nach Kitty Hawk, in

die Nähe des Kill Devil Hill, übersiedelt. Ein großer Holzschuppen diente ihnen als Werkstatt, Flugzeughalle und Wohnraum. Ein besserer „Fliegerberg“ als der „Schlag-den-Teufel-tot-Hügel“ war weit und breit nicht zu finden. In den Dünen wehte eine gleichmäßige Brise, und der Sandboden eignete sich hervorragend zum Landen.

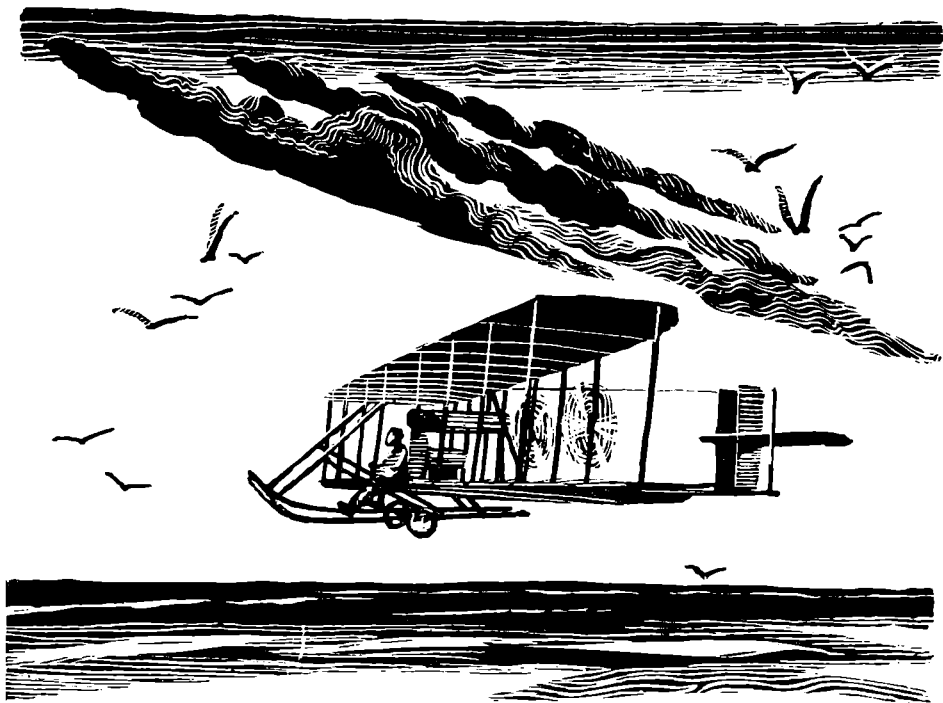
Vom Kill Devil Hill aus absolvierten die flugtolen Brüder in drei Sommern mindestens 1000 erfolgreiche „Luftsprünge“. Zwischen den Tragflächen liegend, wodurch sich der Luftwiderstand erheblich verringerte, lernten sie ihren Apparat bei jeder Windstärke beherrschen. Mit einem „Dauerflugrekord“ von 72 Sekunden glaubten sie zum Motorflug übergehen zu können. Ihren Berechnungen zufolge mußte die Motorleistung mindestens 8 PS betragen, während das Motorgewicht 100 kp nicht überschreiten durfte.

Wir kennen die Klippe zur Genüge, vor welcher damit auch das dritte berühmte Brüderpaar der Luftfahrtgeschichte stand. In den wenigen Jahren, die seit Moshaiskis und Lilienthals Tod verfloßen waren, hatte die technische Entwicklung einen großen Sprung nach vorn gemacht. Der Motorenbau war keine Geheimwissenschaft mehr. 1903 gab es in Europa und Amerika schon eine Reihe namhafter Automobilfabriken, verkehrten auf den Straßen der Welt mehr als 10 000 Kraftfahrzeuge.

Und dennoch: Einen schnell laufenden Leichtmotor gab es noch nicht auf dem amerikanischen Markt.

Den Gebrüdern Wright war keine andere Wahl geblieben, als den gewünschten Flugzeugmotor mit Unterstützung des Konstrukteurs C. E. Taylor in ihrer Fahrradwerkstatt selber zu bauen. Er leistete 16 PS und wog dabei nur 76 kp. Dank einer solchen Gewichtseinsparung hatten die Wrights ihrem Flugapparat zwei gegenläufige Druckschrauben geben und die Hauptbeanspruchungsstellen verstärken können.

Seit Ende September hausten Wilbur und Orville wieder in



Kitty Hawk. Bei herrlichem Spätsommerwetter hatten sie die letzten Startvorbereitungen getroffen. Der Riesenvogel mit seiner Flügelspannweite von 12 m war auf Hochglanz gebracht, die Startschienen für die Gleitkufen im lockeren Sand verlegt. Doch kaum war die Arbeit getan, schlug das Wetter um, begann die quälende Wartezeit.

Soweit also die Vorgeschichte.

Orville trat alle paar Minuten vor die Tür. Wilburs Blicke wanderten zwischen dem Himmel, der Uhr und dem Barometer hin und her. Gegen zehn Uhr klarte es endlich auf, ein Bündel Sonnenstrahlen zwängte sich durch die Wolkendecke.

„Versuchen wir’s?“ fragte Orville.

„Versuchen wir’s!“ antwortete Wilbur.

Sie zogen das Flugzeug aus der Halle und warfen den Motor an. Die Propeller peitschten den Dünensand. Die Maschine zerrte wie ein gefesseltcs Raubtier an den Haltetrossen. Seine

Flanken zitterten. Orville kletterte auf den Pilotenplatz. Bäumlings probierte er noch einmal alle Hebel. Dann gab er Vollgas und klinkte die Haltetrosse aus. Mit einem Ruck glitt die Maschine über die Startbahn, hob sich allmählich vom Boden ab und schwebte in 3 m Höhe ruhig dahin. Ebenso ruhig setzte sie nach etwa 50 m wieder auf ... Wilbur blickte auf den Sekundenzeiger seiner Uhr. „12 Sekunden!“ jubelte er und konnte es kaum erwarten, selber auf den Pilotenplatz zu klettern.

Der längste Flug dieses historischen Tages trug den Apparat in 59 Sekunden etwa 255 m weit. Jeder einzelne Flug bedeutete Weltrekord. Wer sollte ihn anfechten? Es gab keine Rekordverteidiger, keine Mitbewerber. Die Brüder lagen sich in den Armen, drückten, knufften und boxten sich. „Wir haben die Luft besiegt!“ jubelten sie. „Der Mensch hat Flügel bekommen!“

Die Luft besiegt? Eine Bö griff nach dem herrenlosen Flugzeug, hob es empor und schmetterte es in die Dünen. Auch Bischofssöhne können fluchen! Aber sie gelobten sich, eine neue und stärkere Maschine zu bauen. Amerika, das Land der Dollars und der Monopole, sollte Augen machen!

Im Sommer 1904 veranstalteten die Gebrüder Wright auf einer Wiese in der Nähe ihrer Vaterstadt mehr als 100 Flüge. Im Kreisflug umrundeten sie in knapp fünf Minuten drei- bis viermal den Flugplatz. Im folgenden Jahr hielten sie sich mit ihrem Flugzeug schon 38 Minuten und 38 Sekunden in der Luft, wobei sie eine Strecke von 45 km durchflogen.

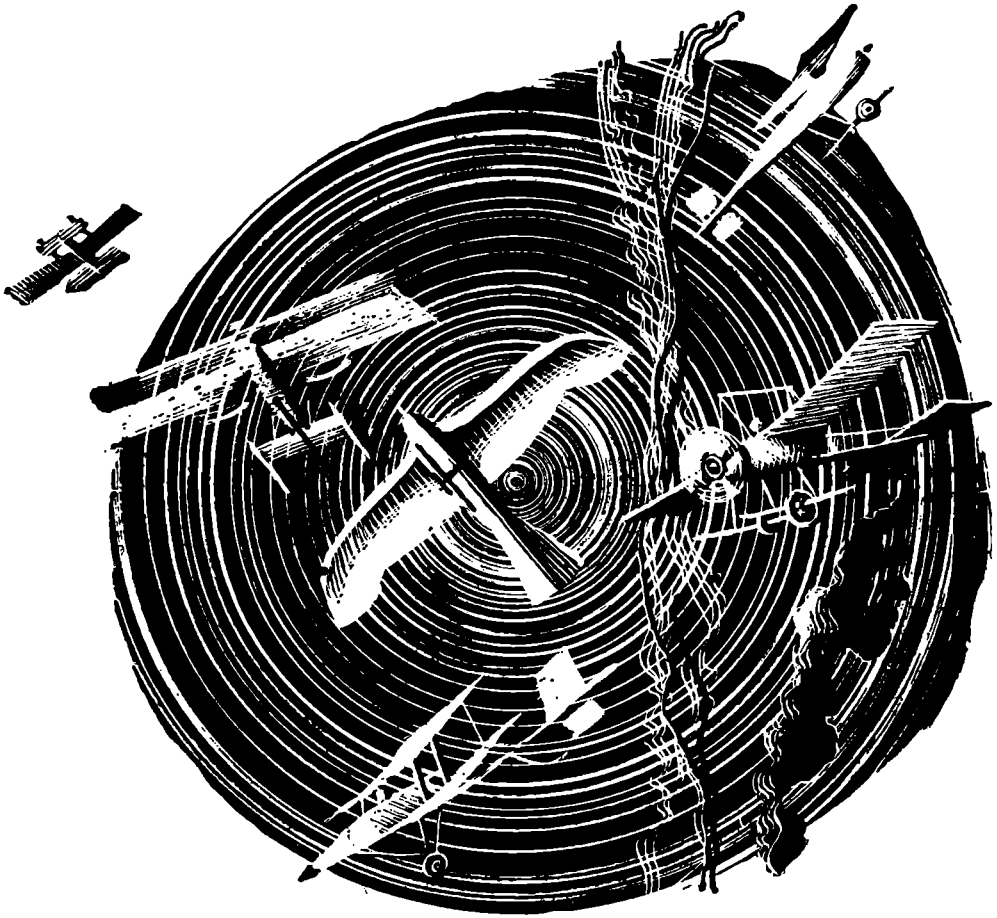
Doch in den Tageszeitungen suchte man die Namen der Brüder, die mit Engelsflügeln und Motorengedröhn am Himmel ihre Kreise zogen, vergebens. Die Presse hielt es mit zugkräftigeren Namen, mit Rockefeller, Morgan und Henry Ford. Keiner der Herren Redakteure glaubte an die Zuverlässigkeit der Meldungen, die sie von ihren Lokalreportern aus Dayton erhielten. Die Wrights beschlossen, ihre Fühler nach Europa auszustrecken, um mit ihrer Erfindung zu Geld zu kommen.

Sensationen der Luft

Begleitet von den guten Wünschen seines Bruders Orville, dampfte Wilbur Wright im Sommer 1908 über den Atlantik. Vorangegangen war eine Stippvisite in Paris, London und Berlin. In allen drei Städten hatte man für die technischen Einzelheiten und Konstruktionsunterlagen der amerikanischen Flugmaschine lebhaftes Interesse bekundet, aber vom Erwerb einer Herstellungslizenz war keine Rede gewesen. Schon gar nicht in Frankreich, wo man Ferdinand Ferber, den Schüler Lilienthals, als „Vater des Flugzeuges“ feierte. Die Gebrüder Wright hatten erkennen müssen, daß in Europa mit schönen Worten und einer Flugvorführung auf dem Papier keine Geschäfte zu machen waren. An Bord des Schiffes, das Wilbur zu seinem zweiten Besuch nach Europa brachte, befand sich deshalb auch einer ihrer Flugapparate.

Denen werde ich es zeigen! dachte der Amerikaner, als er in Frankreich an Land ging. Paris soll aus dem Staunen nicht herauskommen!

Auf zahlreichen Flugveranstaltungen in der Seine-Metropole und in anderen französischen Großstädten überraschte Wilbur Wright mit immer neuen Sensationen, Tollkühnheiten und Rekorde. Der französische Aeroklub hatte für einen Höhenflug von 30 m einen Preis von 1000 Francs ausgesetzt. Wright flog 115 m hoch. Die Luftreifenfabrik Michelin stiftete 4000 Dollar für einen Dauerflug von 2 Stunden. Wright hielt sich mit seiner Maschine 2 Stunden 43 Minuten und 25 Sekunden und damit länger als mancher Vogel in der Luft. Ein weiterer Preis war für die Mitnahme eines Luftpassagiers ausgesetzt. „Bitte, einsteigen!“ sagte Wright – und kassierte den Preis. Mit wohlgefüllter Geldbörse reiste Wilbur Wright nach Berlin weiter. Über dem Tempelhofer Feld veranstaltete Wilbur mit dem Wright-Doppeldecker halsbrecherische Kunstflüge. Das Publikum war begei-



stert. Die Unternehmer aus der Fahrzeugbranche witterten das große Geschäft. Wo steckten die deutschen Schüler Lilienthals? Die Burschen verdienten Förderung! Vorerst erwarben sie Nachbaulizenzen. In Berlin und Paris, wo sich Wilbur Wright mit seinem Bruder Orville traf, entstanden die Wright-Flugzeugwerke. In Pau, einem malerischen Städtchen im Südwesten Frankreichs, gründeten sie die erste Fliegerschule Europas. Alle, die sich bald darauf bei der Eroberung der Luft einen Namen machten, gaben sich hier ein Stelldichein. Unter ihnen Louis Blériot, der am 25. Juli 1909 mit seinem selbstgebauten Eindecker von Calais nach Dover startete. Zum erstenmal überflog ein Flugzeug Ländergrenzen und Meeresarme. Damit deutete sich

die weit über das Sportliche hinausgehende Entwicklung des Flugverkehrs an.

Wenige Wochen später veranstalteten die französischen Luftakrobaten in Paris die erste Flugwoche der Welt. Dabei stellte der Wright-Schüler Henry Farman mit 3 Stunden und 5 Minuten einen neuen Dauerflugrekord auf. Der Höhenflugrekord des Jahres 1909, das zu einem Wendepunkt in der Geschichte der Luftfahrt wurde, betrug 158 m. Die französischen Piloten drohten scherzhaft zur Spitze des 300 m hohen Eiffelturms hinauf. „Dich werden wir auch noch schaffen!“ gelobten sie.

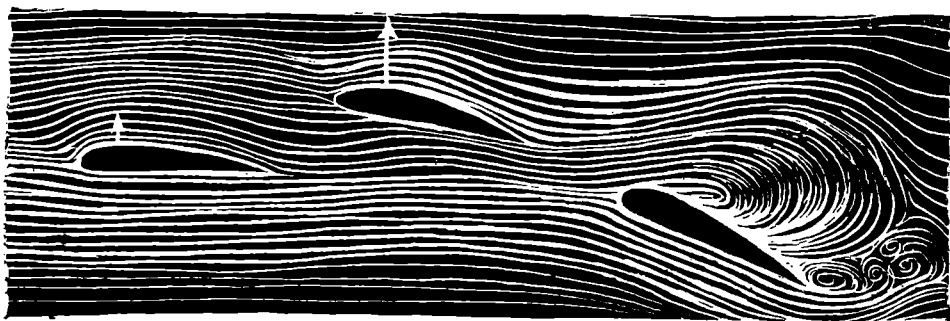
Wie ein Fieber, das die Quecksilbersäule des Thermometers in die Höhe treibt, ließ die Rekordsucht die Leistungskurve emporschnellen. Die Sportreporter fanden kaum Zeit, die erzielten Erfolge ihrer Bedeutung entsprechend zu würdigen und zu kommentieren. 1910 schickten sich die Landsleute Lilienthals, die deutschen Flugpioniere Hans Grade, August Euler, Hellmuth Hirth, Edmund Rumpler und andere, an, den Vorsprung der Franzosen und Amerikaner aufzuholen. Mit einem Dauerflug von sensationellen 11 Stunden und 16 Minuten stellten sie den Rekord von Farman ein. Mit ebenso sensationellen 1360 m erreichten sie die viereinhalbfache Höhe des Pariser Eiffelturms.

Schon im Jahr darauf holten sich die französischen Piloten die begehrten Trophäen zurück. Mit der Rekordhöhe von 5610 m, einer Dauerflugeistung von mehr als 13 Stunden und einem Aktionsradius bis zu 1200 km ließ das Flugzeug im Jahre 1912 das Luftschiff bereits weit unter und hinter sich. Mit den Augen unserer Zeit betrachtet, glichen freilich selbst die damaligen „Rekordmaschinen“ fliegenden Drahtkommoden. Noch gab es keine Motorverkleidung und keine geschlossenen Kabinen. Hinter dem Pilotensitz ließen sich höchstens ein paar Postsäcke oder Zeitungspacken verstauen. Neben der Erhöhung der Flugleistung bildete das Problem der Flugsicherheit ein Hauptanliegen der Konstrukteure.

Zu ebendieser Zeit ließ eine geradezu unglaubliche Nachricht aufhorchen. Sie kam aus Rußland, dem Land der Holzpflüge und der Bastschuhe: Im Jahre 1913 war aus den Toren der Russisch-Baltischen Waggonfabrik in Riga das erste Großflugzeug der Welt an den Start gerollt. Seine Flügelspannweite betrug 27 m, das Doppelte der Wright-Doppeldecker. In seinem Triebwerk rumorten 4100 Pferdestärken. Damit erreichte das Riesenflugzeug „Le Grand“ eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 80 km/h. Selbst für den Komfort der Flugreisenden war gesorgt: Das Flugzeug besaß eine verglaste und beheizbare Kabine, die mehreren Personen Platz bot und zur Verabreichung von Speisen vorgesehen war.

Als Konstrukteur der „Fliegenden Wohnküche“ wurde der Russe Sikorski genannt. Zu ihren geistigen Vätern gehörten aber noch zwei andere Männer: Moshaiski und Shukowski, von Lenin später der „Vater des russischen Flugwesens“ genannt. Nikolai Jegorowitsch Shukowski, ein Jahr vor Otto Lilienthal geboren, hatte gleichzeitig mit seinem deutschen Kollegen ein Buch „Zur Theorie des Fliegens“ veröffentlicht, in dem er ebenfalls vom Vogelflug ausgegangen war.

1902 baute Shukowski einen der ersten Windkanäle und ein Gerät zur Prüfung von Luftschrauben. 1904 gründete er bei Moskau das erste europäische Institut für Aerodynamik. Die Aerodynamik bildet die Grundlage der Flugphysik. 1905 stellte Shukowski die Formel zur Ermittlung der „geheimnisvollen



Kraft“ des Auftriebs auf. 1911 erschien seine umfangreiche Arbeit über die Berechnung der auf die Tragflügel wirkenden Kräfte, mit zahlreichen Beispielen aerodynamisch günstiger Tragflügelprofile. Mit seinen bahnbrechenden Forschungsergebnissen hatte Shukowski das Schöpfungstalent der russischen Ingenieure geweckt und ihr Selbstvertrauen gestärkt. Sie befähigten auch Sikorski, kühne Neukonstruktionen auf dem Reißbrett zu entwerfen.

Dem Großflugzeug „Le Grand“ folgte der „Ilja Muromez“. Mit 30 m Flügelspannweite, bestückt mit vier leistungsfähigen Motoren, galt diese Maschine lange Zeit für das größte Flugzeug der Welt. Es trug seinen Namen sogar in die Rekordtabelle ein. Mit zehn Passagieren unternahm es 1914 einen Dauerflug von 6 Stunden 33 Minuten, wobei es eine Flughöhe von 2000 m erreichte. Wenn es bis dahin noch eines augenscheinlichen Beweises bedurft hätte, daß dem Prinzip „schwerer als Luft“ die Zukunft gehörte, der russische Luftgigant mit seiner Startmasse von über 5 t erbrachte ihn! Aber das Jahr 1914, der Ausbruch des ersten Weltkrieges, lenkte die Entwicklung der Luftfahrttechnik in andere Bahnen. Gleich dem Luftschiff wurde das Flugzeug für kriegerische Zwecke mißbraucht.

Erst mit Beginn der zwanziger Jahre rollten die Verkehrsflugzeuge über die Pisten. Die unsichtbaren Straßen zwischen Himmel und Erde begannen sich von Jahr zu Jahr stärker zu beleben. Sie verdichteten sich zu einem weltumspannenden Netz von Luftverkehrslinien. Die Troposphäre, der Schauplatz des Wettergeschehens, wurde zum Luftverkehrsraum. Das Flugzeug rückte zu einem „Mädchen für alles“ auf.

Eingesetzt zur Güter-, Post- und Personenbeförderung, revolutionierte das Flugzeug das Verkehrswesen. In der Land- und Forstwirtschaft ermöglichte es rationellere und wirksamere Methoden der Düngerstreuung, der Unkraut- und Schädlingsbekämpfung, der Waldbrandüberwachung. Die Luft- und Meß-

bildkameras, die bereits an Bord der Luftschiffe Verwendung fanden, bewährten sich auch im Dienste der Fotoflieger. Mit jedem Flug erlangte der Mensch genauere Kenntnis über das Reich der Luft und die Welt, in der wir leben, rückten Länder und Kontinente enger zusammen.

Nonstopflug über den Nordpol

Am 18. Juni 1937, 4.00 Uhr Moskauer Zeit, rollte eine orange-farbene ANT-25 über die Startbahn des Moskauer Flugplatzes. Nach dem Erreichen der vorgeschriebenen Flughöhe drehte sie nach Norden ab. Der Pilot Waleri Tschkalow und seine Begleiter Georg Baidukow und Alexander Beljakow blickten abschiednehmend auf das Häusermeer der großen Stadt zurück.

Tschkalow, der Sohn eines Kesselschmiedes, als Testpilot mit dem Leninorden und dem Titel „Held der Sowjetunion“ ausgezeichnet, war sich der Bedeutung seines Auftrags wohlbewußt. Noch keinem Flieger vor ihm war eine solche Aufgabe gestellt worden. Mit der einmotorigen ANT-25 sollte seine Mannschaft die Luftbrücke zwischen den beiden bedeutendsten Staaten der Erde, zwischen der Sowjetunion und den USA, schlagen.

Die vorgesehene Flugroute führte über den Nordpol, über das noch kaum erforschte zentrale Polarmeer. Noch begleitete sie die Heimat mit ihren Dörfern und Städten, Wiesen und Feldern, Flüssen und Seen auf dem Kurs nach Norden. Der Motor brummte sein stählernes Lied, ein gutes Lied, das vom Sieg des Menschen über den Himmel sang.

Baidukow meldete Tschkalow die Position. Nach achtestündiger Flugzeit befand sich die ANT-25 über der Barentssee. Aus der Tiefe schickte das Eis seine stummen Grüße herauf. In diesen Breiten hatte ihr Landsmann Jan Nagurski im August 1914 die ersten Flüge über das Polarmeer gewagt. Sie galten der Suche

nach der verschollenen Sedow-Expedition. Schon Nagurski hatte an die Möglichkeit geglaubt, den Nordpol mit einem Flugzeug zu erreichen. Von ihm kam auch der Vorschlag, den Polarflugzeugen einen grellfarbigen Anstrich zu geben. Er hatte am eigenen Leibe erfahren müssen, was eine Notlandung im Eis bedeutete.

Tschkalow warf einen prüfenden Blick aus dem Kabinenfenster auf die orangefarbenen Tragflächen. Sie glitzerten wie mit Diamanten besetzt. Vereisungsgefahr! Die Hände umspannten den Steuerknüppel fester. Gehorsam stieg die Maschine auf 4000 m Höhe. Über Funk meldeten sich die sowjetischen Wetterstationen auf Franz-Joseph-Land und der Driftstation „Nordpol 1“, auf der Papanin und seine Männer ihre Zelte aufgeschlagen hatten. Ihr Funkpeilstrahl leitete die Maschine zum Nordpol. Ein Extralob den Meteorologen und den Funkern, die zu unentbehrlichen Helfern der Piloten geworden waren. „Achtung, Genossen!“ rief Beljakow und drückte die Kopfhörer fester an die Ohren. „Wir nähern uns dem Pol!“

Angestrengt blickten die Polarflieger in die Tiefe. Aber von der Driftstation „Nordpol 1“ war nichts zu sehen. Der Scheitelpunkt der Erde, an dem die Meridiane zusammenlaufen und die Kompaßnadel ihren Dienst versagt, schien aufgelöst in eine weiße Ungewißheit.

„Pol überquert. Alles in Ordnung!“ funkte Beljakow nach Moskau. Der Funkspruch war kaum abgesetzt, da rückte von vorn eine schwarze Sturmwand bedrohlich näher. Die Maschine kletterte auf 5000 m Höhe, um ihrem Würgegriff auszuweichen.

Wenn man in den mittleren Breiten den Sauerstoffmangel erst in etwa 7000 m Höhe zu spüren bekommt, so liegt über den Polkappen der Erde der Übergang von der Troposphäre zur Stratosphäre rund 3000 m niedriger.

„Sauerstoffgeräte anschließen!“ rief Tschkalow in den Motorenlärm. Seit Überfliegen des Nordpols passierte die ANT-25 ein

Gebiet, das auf den Karten noch als „weißer Fleck“ umrissen war. Das erschwerte die Navigation. Auch die Funkverbindung mit den Bodenstationen war abgebrochen. Die Situation wurde kritisch, als das Wasser in der Kühlanlage und im Reservetank einfrohr. Ein Ausfall des Motors bedeutete Notlandung im Eis! Oder – Absturz?

Tschkalow trichterte heißen Tee in die Wasserleitung. Die Pumpe begann langsam wieder zu arbeiten. Auch das Wetter besserte sich. Unermüdlich kreisten die Uhrzeiger um das Zifferblatt. Bei Kap Parry erreichte die ANT-25 die kanadische Küste. Die Männer atmeten auf. Endlich wußte man sich wieder über dem Festland. Der Große Bärensee war zu erkennen, auch der Mackenzie River. Da zogen neue Sturmfelder heran. Sie zwangen die Piloten, die nun schon den dritten Tag abwechselnd am Steuerknüppel saßen, abermals zum Ausweichen.

„Kurs: Stiller Ozean!“ sagte Tschkalow. „Wir müssen um jeden Preis die Rocky Mountains überqueren!“ Auf der Karte ein brauner Doppelstrich, ein Kettengebirge von Tausenden Kilometern Länge, mit Bergen von fast 4500 m Höhe, mit schneeglänzenden Gipfeln und Gletschern. Der Zeiger des Höhenmessers kroch auf 6 100 m. Und mit ihm begann ein zweiter Zeiger seinen Teufelstanz: Zusehends verringerte sich der Sauerstoffvorrat. Auch der Kraftstoff wurde knapp. Das Katz-und-Maus-Spiel mit dem Wetter hatte den Piloten einen Umweg von rund 1 500 km aufgezwungen.

„Wird das Benzin bis San Francisco reichen?“ fragte Baidukow.

„Es muß reichen!“ antwortete Tschkalow. Um Kraftstoff zu sparen, schaltete er die Heizung ab. Es wurde empfindlich kalt in der Kabine. Die drei froren trotz ihrer dicken Pelzbekleidung. Im Dunkel der Nacht jagte die sowjetische Maschine mit Südkurs dem Peilstrahl von Portland entgegen. Als der Morgen graute, behinderten einsetzende Regenfälle die Sicht.

„Höchste Zeit zur Landung!“ Tschkalow wies auf die Karte. „Wir fliegen nach Vancouver zurück! Alles klar?“ Baidukow und Beljakow nickten. Am 20. Juni 1937, 19.30 Uhr Moskauer Zeit, setzte die orangefarbene ANT-25 über dem Flugfeld von Vancouver, einer kleinen Hafenstadt nördlich von Portland, zur Landung an. Nach über 63 Stunden fühlten die drei sowjetischen Piloten wieder festen Boden unter den Füßen.

Der erste Transpolarflug mit einer einmotorigen Maschine über die Distanz von 12 000 km bedeutete eine hervorragende fliegerische Leistung. Sie wirkte 1937 ebenso sensationell wie einst Blériots erster Kanalflug, wie heute ein Flug in den Kosmos. Die Zeitungen brachten die Schlagzeilen, von denen die Gebrüder Wright geträumt hatten: „Geschichte der Luftfahrt um ein Ruhmesblatt reicher!“ – „Der Mensch erobert sich die Luft!“ – „Der kürzeste Weg führt über den Pol!“ Und eine große New-Yorker Zeitung schrieb in ihrem Leitartikel: „Die Kaltblütigkeit, mit der Tschkalow und seine Begleiter ihre gefährliche Mission erfüllten, die Genauigkeit, mit der sie die selbstgewählte Flugroute verfolgten, wecken Bewunderung vor einer Tapferkeit und Kühnheit, die keine Hindernisse kennen!“

Mit Lorbeerkränzen geschmückt und mit Blumen überschüttet, reisten Tschkalow, Baidukow und Beljakow von Vancouver nach Washington. Im Weißen Haus empfing Präsident Roosevelt die drei „Helden der Sowjetunion“ und beglückwünschte sie zu ihrem persönlichen Erfolg und den Leistungen des sowjetischen Flugwesens. Stolz und selbstbewußt verwirklichten die Söhne der Oktoberrevolution die Ideen von Moshaiski und Shukowski. Zielstrebig schickte sich die sowjetische Flugzeugindustrie an, auf dem Gebiet der Luftfahrttechnik die Führung zu übernehmen.

„Rohstoff“ Luft



Ein „Eismensch“ stellt sich vor

Das Polytechnikum in München traf eine kluge Entscheidung, als es 1868 den 26jährigen Carl von Linde zum Professor für Maschinenlehre berief. Der junge Gelehrte, der in Zürich studiert und in Berlin Dampfmaschinen und Lokomotiven gebaut hatte, verfügte über ein vielseitiges Wissen. Seine Vorlesungen über allgemeinen Maschinenbau und theoretische Wärmelehre, Thermodynamik genannt, erfreuten sich bei den Studenten großer Beliebtheit.

Nicht zufällig lag den „Wärmespezialisten“ die Kälteerzeugung besonders am Herzen. Das rasche Anwachsen der Großstädte und Industriezentren in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts brachte hinsichtlich der Lebensmittelversorgung einen zunehmenden Bedarf an Kälteerzeugern mit sich. Die ersten „Eiskeller“ und Kühlhäuser wurden noch mit Natureis versorgt, das im Winter von den gefrorenen Gewässern gewonnen wurde. Aus den chemischen Laboratorien kamen die ersten Kältemischungen, zum Beispiel in Wasser gelöster Salpeter, die ihrer Umgebung durch Verdampfen Wärme entzogen. Auch Kältemaschinen fanden schon Verwendung. Ihr Wirkungsgrad war sehr niedrig. Jährlich verdarben auf der Welt Riesenmengen hochwertiger Nahrungsmittel, mußten ganze Wagenladungen Fleisch, Milcherzeugnisse und Eier verbrannt oder vergraben werden, obwohl Millionen Menschen Hunger litten.

Der Professor, der aus ärmlichen Verhältnissen stammte, war ein sparsamer Mensch. Die Lotterwirtschaft kann so nicht weitergehen! sagte er sich. Im Maschinenlaboratorium des Polytechnikums überprüfte er die alten Verfahren zur Kälteerzeugung, entwickelte und erprobte er neue Apparaturen zur Erzeugung tiefer Temperaturen. Er freute sich über jeden Teilstrich, den die Quecksilbersäule des Thermometers nach unten rutschte. Linde ging dabei von folgender Erkenntnis aus: Wird ein Gas, etwa



die Luft, unter Druckanwendung zusammengepreßt, also komprimiert, so wird ihm Energie zugeführt. Das äußert sich in einer Zunahme der Erwärmung. Das einfachste Experimentiergerät bildet die Luftpumpe, die bei längerem Betrieb recht heiß werden kann. Die Umkehrung des Vorgangs bewirkt das Gegenteil. Läßt man das stark verdichtete Gas sich rasch ausdehnen, erfolgt eine merkliche Abkühlung. Um das zu überprüfen, brauchen wir nur die Ventilkappe am Luftschlauch des Fahrradreifens zu lösen und den Finger an das geöffnete Ventil zu halten.

Unter Anwendung hoher Drücke und Einsatz von Kältemischungen war es schon den Vorgängern Lindes gelungen, eine Reihe von Gasen in den flüssigen Aggregatzustand zu überführen. Für seine erste Kältemaschinenkonstruktion, die nach dem geschilderten Kompressionsprinzip arbeitete, verwendete Linde das leicht siedende Ammoniak als Kältemittel. Seine Kälte-

maschinen erzielten einen doppelt so hohen Wirkungsgrad wie ihre Vorgänger und fanden entsprechenden Absatz. Das damit hergestellte Stangeneis fehlte bald in keinem Kühlhaus und auf keinem Kühlschiff, das Frischfisch, Frischfleisch oder Obst transportierte. Auch die Eisenbahnen stellten Kühlwagen ein.

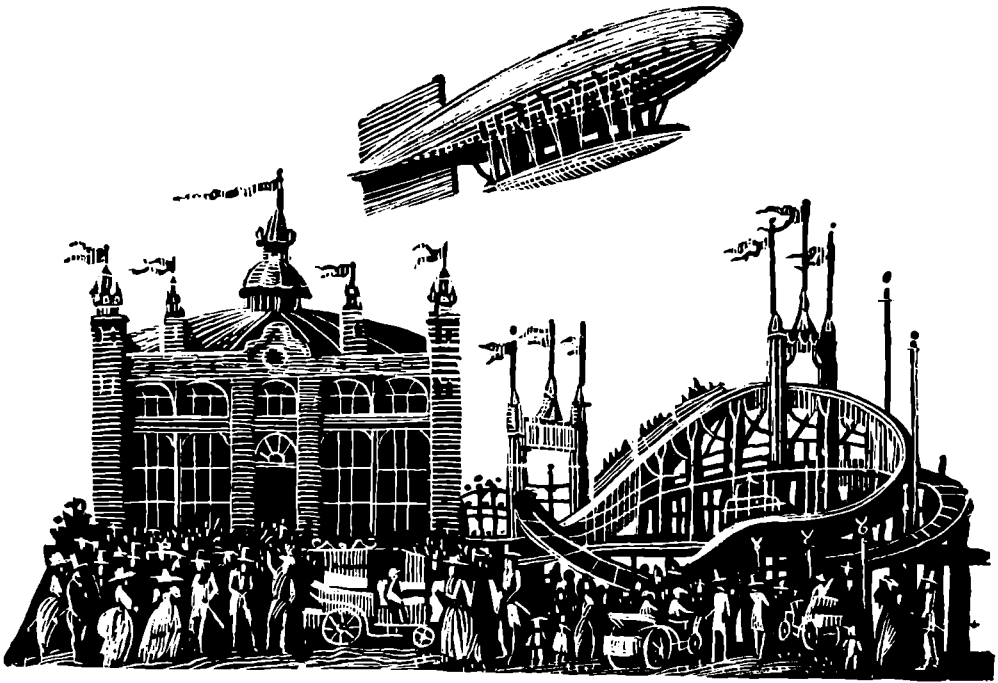
Um der Nachfrage zu entsprechen, gründete Linde in mehreren deutschen Städten und sogar im Ausland Eisfabriken und Niederlassungen.

Doch das genügte Carl von Linde noch nicht. Er wollte auf dem Wege zum absoluten Nullpunkt von -273°C weiter vorankommen. Nach bewährter Methode verdichtete er die Luft mittels Kompressor und erreichte 120 bis 200 at. Das entsprach einem Druck von 120 bis 200 kp/cm^2 . Danach erfolgte die Entspannung des Hochdruckgases mittels einer Drossel, wobei sich die Luft in einem Kühlgefäß ausdehnte und abkühlte. Die Temperaturabnahme, die in einem bestimmten Verhältnis zum Druckabfall steht, bewegt sich dabei in bescheidenen Grenzen.

Linde führte nunmehr eine wichtige Neuerung ein, indem er das sogenannte Gegenstromprinzip mit seiner Apparatur verknüpfte. Mit der entspannten und abgekühlten Luft wurden im Gegenströmer zugleich die nachströmenden Luftmengen vorgekühlt. Dabei strömte die Luft, durch dünne Rohrwände getrennt, in gegenläufiger Richtung aneinander vorbei. Durch ständige Wiederholung dieses Kreislaufes wurde die Temperatur Schritt für Schritt gesenkt. Das Thermometer verzeichnete Tieftemperaturen bis zu -200°C .

Dabei fand Linde eine interessante physikalische Erscheinung bestätigt: Zwischen -196°C und -183°C brachten Druck und Abkühlung die Luft zum Kondensieren. Als wasserklare, dampfende Flüssigkeit rann sie aus dem geöffneten Absperrhahn.

Der Professor war Praktiker genug, um zu erkennen, daß sein Luftverflüssigungsapparat noch mancher Verbesserung bedurfte, bevor er damit an die Öffentlichkeit treten konnte. Besonders



dringlich bedurfte er eines zuverlässigen und leistungsfähigen Motors zum Antrieb des Kompressors. Im Sommer 1898 erlebte die bayrische Residenzstadt München ein großes „Gaudi“, eine Riesenschau von Neuerfindungen aus dem Reiche der Technik, die „II. Kraft- und Arbeitsmaschinen-Ausstellung“. Auf dem Vergnügungsplatz der Isarstadt lockte eine Berg-und-Tal-Bahn die Besucher an. Auf der Talfahrt brausten die kleinen Schienenwagen durch ein Wasserbecken, danach ging es mit Maschinenkraft wieder bergauf. Die reifere Jugend drängte sich um die Kutschen-Automobile von Daimler und Benz, die mit Benzinmotoren fuhren. Darüber schwebte die dicke gelbe Wurst eines Parseval-Ballons.

Unweit der Haupthalle ratterten in einem hölzernen Pavillon die ersten vier Dieselmotoren der Welt, hergestellt von den weit- hin bekannten Firmen Krupp, Gasmaschinenfabrik Deutz und den Maschinenfabriken Augsburg und Nürnberg. Der Nürnberger Motor war ein lackglänzendes Ausstellungsstück. Die Diesel-

motoren aus Augsburg und Essen trieben Wasserpumpen an, schleuderten mit großer Kraft einen gewaltigen Wasserstrahl in den Isarkanal.

Die größte Aufmerksamkeit erweckte der Dieselmotor aus der Gasmaschinenfabrik Deutz. Der einzylindrige Motor mit dem gewaltigen Schwungrad lieferte die Kraft für Lindes Luftverflüssigungsapparat. Das hatte noch keiner der Ausstellungsbesucher gesehen, daß man Luft, also ein unsichtbares Gasgemisch, sichtbar machen und in eine wasserähnliche Flüssigkeit verwandeln konnte! Sie staunten mit offenem Mund, als sich eine saftige Kirsche, die man in die vor Kälte dampfende Flüssigkeit tauchte, augenblicklich in einen steinharten Klumpen verwandelte, der durch einen Hammerschlag wie Glas zersplitterte.

Natürlich wollten die Reporter möglichst genau wissen, welchen Nutzen sich der Erfinder von seiner Konstruktion versprach. Carl von Linde antwortete zurückhaltend: „Die Elektrolyse ermöglicht dem Chemiker die Zerlegung des Wassers. Mein Apparat ermöglicht die Verflüssigung und Zerlegung der Luft. Die physikalische Forschung, die chemische Industrie und die moderne Technik werden sich meiner Erfindung zu bedienen wissen!“

Von nun an ließ sich reiner Sauerstoff nicht nur durch die Elektrolyse aus dem Wasser, sondern durch die Luftzerlegung auch aus der atmosphärischen Luft gewinnen. Die Gefilde der Ballonfahrer, Luftschiffer und Flugzeugpiloten eröffneten sich dem Menschen als unerschöpfliche Schatzkammer. Über die verschiedenen Verhüttungsprozesse, bei denen seit jeher Frischluft zugeführt wird, hielt der Sauerstoff Einzug in die Schneid- und Schweißtechnik. Selbst in der Sprengtechnik erlangte flüssiger Sauerstoff große Bedeutung.

An Bord der Ballons, die aus der ersten in die zweite Etage der Atmosphäre vorzudringen versuchten, lernten wir bereits das Sauerstoffgerät kennen, das ebenfalls auf Lindes Erfindung

zurückgeht. Über den Wolken und unter der Erde, in der Hand von Piloten, Ärzten und Männern der Grubenwehren, bewahrten die Sauerstoffgeräte seither unzählige Menschen vor dem Erstickungstod.

Nach dem von Linde entwickelten Verfahren ließen sich erstmals auch die Edelgase Helium, Neon, Argon, Krypton und Xenon in der Luft genauer nachweisen und aus ihr gewinnen. Helium gelangte als unentzündliches Füllgas für Ballone und Luftschiffe zu großer Bedeutung und verdrängte rasch den gefährlichen Wasserstoff.

Carl von Linde leistete mit der Erfindung des Luftverflüssigungsapparates also auch einen wichtigen Beitrag zur Eroberung der Luft.

Das Hauptprodukt der Luftzerlegung aber bildete reiner Stickstoff. Für ihn interessierten sich besonders die auf Anregung Liebig's entstandenen Düngemittelfabriken und deren Stammkunde, die Landwirtschaft.

Nahrung aus der Luft

Als Liebig um 1840 prophezeit hatte, die Chemie sei dazu berufen, den Hunger zu besiegen, war er verlacht und verspottet worden. Ein Menschenalter später wußte jeder Bauer, welche Bedeutung dem Fruchtbarkeitsspender Stickstoff für das Pflanzenwachstum und die Ertragssteigerung zukam. Man wußte aber auch, daß weder Pflanze, Tier noch Mensch den unermesslichen Reichtum der Atmosphäre an elementarem Stickstoff unmittelbar verwerten können. Sie waren und sind auf den Stickstoff angewiesen, der in gebundener Form im Boden vorkommt. Dazu gehören neben dem Stalldünger noch Salpeter und Vogelmist in Form von Guano.

Guano gab es in größeren Mengen nur in Peru. Von dort hatte

Alexander von Humboldt 1802 die ersten Proben mit nach Deutschland gebracht. Salpeter lagerte in Bolivien und Chile.

Um den Besitz der wertvollen Rohstoffvorkommen wurden zwischen den drei südamerikanischen Staaten blutige Kriege ausgetragen. Die Kosten dieser Kriege mußten die Käufer des begehrten Düngers bezahlen.

In England erhob 1898 ein angesehener Chemiker seine warnende Stimme. Er sagte: „Eine Welthungersnot ist unvermeidlich, wenn es nicht gelingt, den Stickstoff der Luft in Düngemittel zu verwandeln!“

Zwischen dieser Idee und ihrer industriellen Verwirklichung türmten sich ungeheure Schwierigkeiten. In allen Laboratorien und Forschungszentren der Welt suchte man angestrengt nach einem Ausweg. Bei der Entgasung und Verkokung der Kohle in den Gasanstalten und Kokereien fiel Ammoniakwasser an.

Mit Schwefelsäure abgesättigt, entstand Ammonsulfat, eine ausgezeichnete Stickstoffspeise für die Pflanzen. Aber der Großproduktion waren Grenzen gezogen. Sie wurden vom Umfang der Kohleförderung, der Gas- und Kokserzeugung bestimmt.

In Norwegen versuchte man das Stickstoffproblem durch die „Luftverbrennung“ zu lösen. Das Vorbild für diese Technologie lieferte der Blitz. Im Feuer der Gewitter verbinden sich die Stickstoffatome mit den Sauerstoffatomen zu Stickoxid. Man rechnete aus, daß jeder Blitz 80 bis 1500 kg Stickoxid bildet, das mit dem Regen zur Erde und in den Boden gelangt. Mit Hilfe des elektrischen Hochspannungslichtbogens wurde diese Vereinigung der Atome bei Temperaturen von 3000 bis 3500 °C künstlich herbeigeführt. Aber wiederum stieß die Großproduktion auf Grenzen. Sie scheiterte am enormen Energieverbrauch.

Auf eine dritte Möglichkeit, den Luftstickstoff zu binden, hatte schon ein Freund Liebig's, der geniale Chemiker Friedrich Wöhler, hingewiesen. Kalk und Kohlenstoff verbinden sich zu Kalziumkarbid. Leitet man bei 1000 °C Luft über Kalziumkarbid,



erhält man Kalkstickstoff. Als Dünger in die Erde gebracht, setzt sich Kalkstickstoff unter der Einwirkung von Bakterien und der Bodenfeuchtigkeit in Ammoniak um.

Aus diesen drei bis dahin bekannten „Chemiequellen“ hätte die Landwirtschaft ihren Stickstoffbedarf zur Not decken können. Aber es gab noch einen Großabnehmer für Stickstoff, der keine Rücksichtnahme kannte: die Rüstungsindustrie. Ohne Salpetersäure kein Schießpulver, keine Sprengstoffe, keine Geschosse, keine Granaten und keine Bomben.

Die Chemieindustrie ließ es deshalb an Unterstützung für die Wissenschaftler nicht fehlen. Besonders rührig zeigte sich die Badische Anilin- und Sodafabrik, eine Stammfirma des späteren IG-Farben-Konzerns. Zu ihren zahlreichen Mitarbeitern zählte um die Jahrhundertwende auch der Chemiker Fritz Haber.

Jahrelang hatte Haber allen Reaktionen und Verbindungen des Stickstoffs nachgespürt und sich gründlich mit der Technologie der bis dahin bekannten Synthesen beschäftigt. Er wußte, daß

sich die natürliche Trägheit der Elemente durch eine sinnvolle Kombination von Hitze und Druck beeinflussen läßt.

Noch etwas gehörte dazu, eine Art Zauberstab. Die Chemiker nennen ihn Katalysator. Er beschleunigt eine Reaktion oder regt sie an, ohne dabei selbst an dieser teilzunehmen. Bei seinen Modellversuchen erzeugte Haber Drücke von etwa 200 at und Temperaturen von 500 °C, wobei er als Katalysator zunächst Osmium verwendete. Das waren etwa die Werte, mit denen auch Carl von Linde gearbeitet hatte. Als aber Haber unter diesen ungewöhnlichen Bedingungen versuchte, den Luftstickstoff mit Wasserstoff zu verbinden, kam es zu einer das ganze Labor verwüstenden Explosion. Haber verlor dabei fast sein Leben. Dennoch wurden die Versuche fortgesetzt.

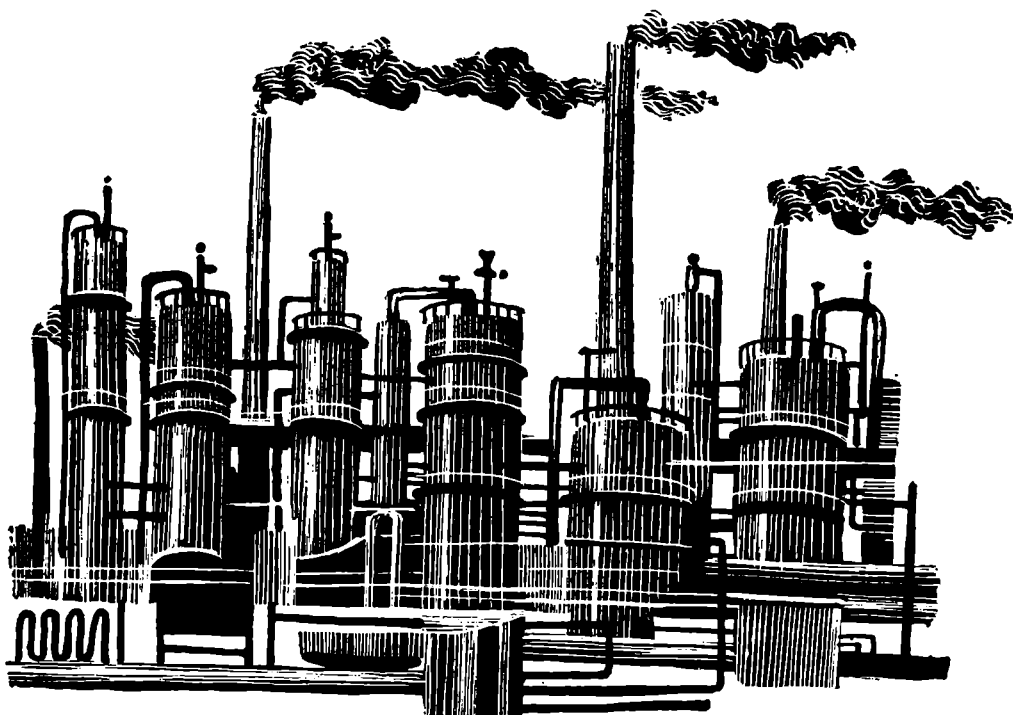
Die Badische Anilin- und Sodafabrik beauftragte den jungen Ingenieur Dr. Carl Bosch, die großtechnischen Anlagen für die Stickstoffsynthese zu konstruieren und die Pläne für eine Versuchsfabrik auszuarbeiten. Darüber vergingen weitere fünf Jahre zäher Entwicklungsarbeit in den Konstruktionsbüros, Laboratorien, Stahlwerken, Maschinenfabriken und auf der Baustelle der künftigen Ammoniakfabrik. Erst 1913 konnte sie ihren Betrieb aufnehmen.

Für den Bau der Hochdruckapparaturen, Hochdruckleitungen, Armaturen, Kompressoren und Pumpen waren neue Stahllegierungen entwickelt worden, die bis 1000 °C und den erforderlichen Druck aushielten. Im Bruchteil von Sekunden spalteten die in den Ofenkesseln ausgespannten Platinnetze die aus zwei Atomen bestehenden Wasserstoffmoleküle und zwangen sie zur Vereinigung mit den Stickstoffatomen.

Komplizierte Meß- und Regeleinrichtungen steuerten und kontrollierten den unsichtbaren Umwandlungsprozeß, der Luft und Wasser in Ammoniak verwandelte. Vier Jahre später, mitten im ersten Weltkrieg, nahmen die Riesenanlagen der Leunawerke bei Merseburg die Stickstoffproduktion auf.

Mit einer Tagesproduktion von rund 1000 t Ammoniak stehen die Leunawerke „Walter Ulbricht“, die seit 1945 dem Volke gehören, nach wie vor an erster Stelle unter allen Stickstoffabriken der Welt. Während 50 Prozent des erzeugten Ammoniaks an Ort und Stelle zu Düngemitteln weiterverarbeitet werden, hat auch die Umsetzung in Salpetersäure an Bedeutung gewonnen. Salpetersäure gilt als wichtiger Ausgangsstoff für die Herstellung von Spezialdüngern, von Teerfarbstoffen und Ätzmitteln für Metalle.

Ammoniak wird in komplizierten großtechnischen Verfahren, die der Luftstickstoffgewinnung nicht nachstehen, auch bei der Sodaproduktion eingesetzt. Wäre Soda nur ein Wasch- und Einweichmittel, wäre der technische Aufwand kaum gerechtfertigt. Tatsächlich aber findet die Soda waggonweise Verwendung bei der Herstellung von Glas, zur Enthärtung des Wassers für die



Textilwerke und Färbereien, bei der Herstellung von Zellwolle und Kunstseide, in der Zuckerindustrie und der Teerverarbeitung, bei der Entschwefelung des Roheisens in den Stahlwerken und in den Limonadefabriken. Reich an Kohlendioxid, wirkt es als „Sprudler“ in den Erfrischungsgetränken.

Ohne Übertreibung kann gesagt werden, daß die Soda nach der Schwefelsäure, dem „Blut der Chemieindustrie“, zu den wichtigsten anorganischen Grundstoffen zählt.

Das bunte Füllhorn der Chemie hält noch mehr Schätze bereit, die der „Zauberer“ Mensch aus der Luft gegriffen hat. Im Reigen der farbenfrohen Leichtgewichte, der Plaste und Elaste, bilden die stickstoffhaltigen Verbindungen die Gruppe der Amino-plaste. Wir finden sie in unserem Haushalt, in den Kühlschränken zur Wärme- und Kälteisolierung, als geschmackvolle Eßgeschirre und Türbeschläge. Auch als Armaturen und Installationselemente läßt uns dieser neue Werkstoff wertvolle Metalle und Devisen sparen.

Innerhalb von fünf Jahrzehnten haben die Chemiker aus dem Rohstoff Luft Güter im Werte von vielen Milliarden Mark geschaffen. Die Stickstoffsynthese wurde aber auch zum Vorbild für andere Hochdrucksynthesen, die für den technischen Fortschritt unserer Zeit charakteristisch sind. Ohne die Kohleverflüssigung und die Herstellung von künstlichem Kautschuk wäre zum Beispiel unser modernes Verkehrswesen undenkbar. Die Geschichte der Fahrzeugbereifung beginnt übrigens ebenfalls mit dem Griff des Menschen nach der Luft.

Mr. Dunlop zerschneidet einen Gartenschlauch

Warum soll eine märchenhafte Geschichte, selbst wenn sie dem sachlichen Reich der Technik entstammt, nicht mit den Worten beginnen „Es war einmal . . .“?



Also: Es war einmal ein schottischer Tierarzt, der seinem zehnjährigen Jungen alle Wünsche von den Augen ablas und zu erfüllen suchte. Der Junge wünschte sich ein Dreirad. Der Vater schenkte es ihm. Die Freude des Jungen über das Geschenk war so groß, daß er nicht einmal über die blauen Flecke klagte, die ihm die harten Vollgummireifen bei jeder Radpartie verursachten. Der väterlichen Aufmerksamkeit entgingen sie nicht.

Als der Vater eines Tages mit einem Gartenschlauch die Blumenbeete spritzte, durchzuckte ihn eine Idee. Kurzerhand schnitt er von dem Schlauch drei passende Stücke, füllte sie mit Luft und band die Enden fest ab. Mit Segeltuchstreifen befestigte er die seltsamen Gummiwürste auf den Laufflächen der Räder.

Anfangs lachte der Junge über die „bandagierten Reifen“. Bald aber merkte er, daß es sich damit recht bequem und ziemlich stoßfrei fahren ließ. Das stellte auch ein Fahrradhändler aus Belfast fest. Er riet dem Tierarzt, er solle sich die pneumatischen Reifen patentieren lassen. Damit könne er viel Geld verdienen.

Der Doktor kümmerte sich fortan nicht mehr um die kranken Kühe und Pferde der Bauern. Er gründete eine große Fabrik,

stellte viele Arbeiter ein, ließ sie Luftreifen produzieren und wurde reich . . .

Soweit das „Märchen“ von der Entdeckung der Luft als Federelement, von der Erfindung der Luftreifen, die einen beachtlichen technischen Fortschritt kennzeichnen.

Im übrigen fiel es Dr. John Boyd Dunlop, so hieß der schottische Tierarzt, durchaus nicht so leicht, seiner Erfindung zum Erfolg zu verhelfen. Als Dunlop die Luftreifen patentieren lassen wollte, erfuhr er, daß ihm schon 1845 der Edinburgher Kaufmann William Thomson zuvorgekommen war. In der ihm ausgestellten Patenturkunde hieß es: „Thomsons Erfindung kennzeichnet sich durch das Anbringen elastischer Bandagen auf den Felgen von Wagenrädern mit dem Zwecke der Verminderung des Geräusches, des Sanftermachens der Bewegung und des Verringerns der zum Antrieb des Wagens erforderlichen Kraft. Verwendet wird ein hohler Ring aus einem für Wasser und Luft undurchdringlichen Material, zum Beispiel geschwefeltem Kautschuk. Die Ringe werden mit Luft aufgeblasen und dergestalt die Räder von einem Luftkissen umgeben . . .“

Thomson, der Zeitgenosse und Mitarbeiter des Lokomotivbauers George Stephenson, war mit seiner Erfindung ein Menschenalter zu früh hervorgetreten. Als er den Rädern der Pferdekutsche luftgefüllte, in Lederwülste eingenähte Schläuche aufzog, steckte das Fahrrad noch in den Kinderschuhen, gab es noch keine Automobile. Kein Geldmann dachte daran, sein Kapital in einer solch fragwürdigen Branche anzulegen.

Das Jahr 1890 ließ Mr. Dunlop eher kapitalkräftige und geschäftstüchtige Interessenten für seine Erfindung finden. So den Papierindustriellen Harvay du Cros. Er zahlte Dunlop für die Überlassung der Patente 500 Pfund Sterling und legte noch 3000 Gratisaktien auf die sogleich gegründete Luftreifenfabrik hinzu.

Findige Mitarbeiter gaben dem Schlauch ein passendes Ventil

und die dazugehörige Decke, mit einem griffigen Profil und einer haltbareren Befestigung als den Segeltuchstreifen. Die von Guericke erfundene Luftpumpe vervollständigte die Ausrüstung des neuen „pneumatischen Zweirades“.

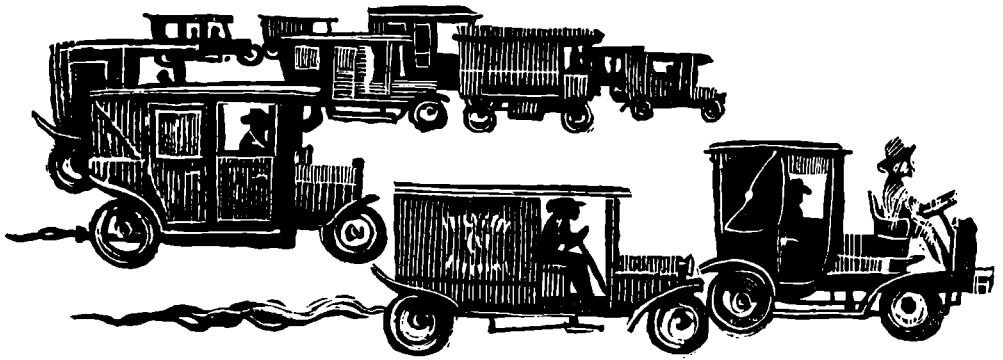
Dunlop und du Cros stellten einen bewährten Rennfahrer in ihre Dienste. Der erfolgreiche Pedalritter hieß Selvin Francis Edge. Edge kannte sich auch in Geldgeschäften aus. Unterstützt von den beiden Reifenfabrikanten und in Gemeinschaft mit dem Mechaniker Napier, gründete er eine der ersten Automobilfabriken Englands.

Dank der Luftreifen galten die Automobile Marke „Napier“ einige Jahre als die schnellsten der Welt. Der Ärger war groß, als ihnen eines Tages französische Rennfahrer das Schlußlicht zeigten.

In Frankreich war es Eduard Michelin, der sich die Weiterentwicklung und Herstellung von Luftreifen angelegen sein ließ. In Clermont-Ferrand, wo einst Blaise Pascal und Perrier ihre vielbeachteten Luftdruckmessungen durchgeführt hatten, gründete Michelin eine große Reifenfabrik. Die deutschen Automobilhersteller, allen voran Gottlieb Daimler und Carl Benz, bezogen ihre Reifen von der Continental-Gesellschaft.

In Nordamerika, der Heimat von Henry Ford, gründete der Gummihersteller Goodyear eine der ersten und heute größten Reifenfabriken. Gleichviel, aus welchem Land das Automobil seine „Siebenmeilenstiefel“ bezog, die Erfindung von Thomson und Dunlop hielt, was sie versprach. Die Luftreifen schonten die Fahrzeugteile, verminderten das Geräusch, verringerten das Gewicht der Motorwagen um ein Drittel und verdoppelten damit ihre Geschwindigkeit und Lebensdauer.

Die Kraftfahrzeug- und Elektroindustrie ließen den Kautschuk über Nacht zu einem der wichtigsten Rohstoffe unseres Jahrhunderts werden. Der Kampf um Kautschuk hielt Chemiker und Politiker, Konstrukteure, Diplomaten, Börsenspekulanten und

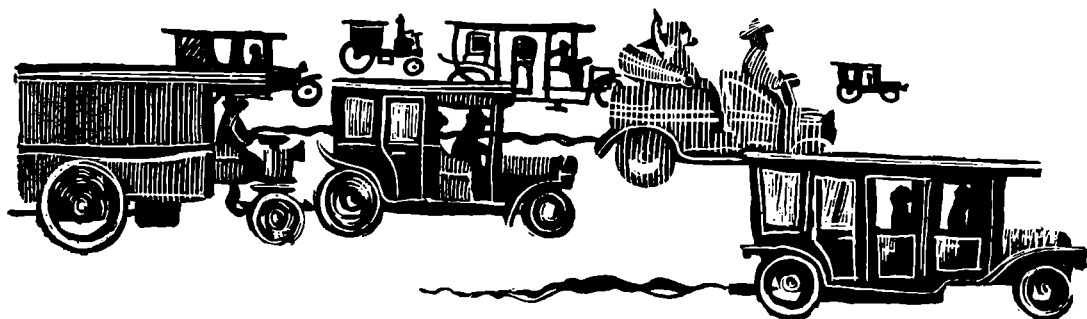


Kautschuksammler in Atem. Ein wahres Gummifieber schüttelte die Urwaldstädte in Südamerika und die Eingeborenendörfer am Kongo; denn nur an der Westküste Afrikas und in Südamerika gab es Naturkautschuk.

Mit List schmuggelten englische Agenten brasilianischen Kautschuksamen aus dem Land. Botaniker brachten ihn nach Südostasien und legten dort die ersten Plantagen an. Zwei, drei Jahrzehnte später verfügte England über die größten Kautschukplantagen der Welt.

Mit Beginn der dreißiger Jahre erschien der erste synthetische Kautschuk auf dem Markt, rollten die ersten Kraftfahrzeuge mit Bunareifen über die Straßen. Im zähen Ringen mit den Molekülen war es den Chemikern gelungen, das Kind des Urwalds aus Kalk und Kohle zu erzeugen. Aus einer Tonne Normalkarbid wurden in den Bunawerken etwa 140 kg Synthesekautschuk hergestellt.

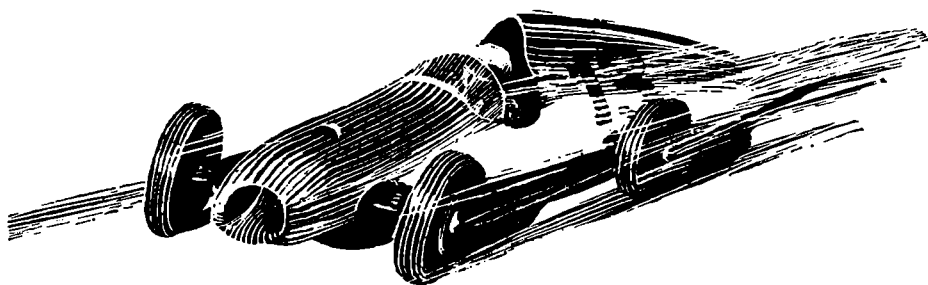
Die Gummiköche und Reifenspezialisten blieben unermüdlich tätig. Sie entwickelten neue und sortimentsgerechte Reifensorten, die gegenüber ihren Vorgängern erhöhte Haltbarkeit und längere Laufzeiten aufwiesen. Auch die Wünsche der Eroberer der Luft, der Flugzeugkonstrukteure, fanden Berücksichtigung. Die Flugzeuge erhielten Hochleistungsreifen. Selbst der Reifen ohne Schlauch, von dem sich Mr. Dunlop noch nichts träumen ließ, ist

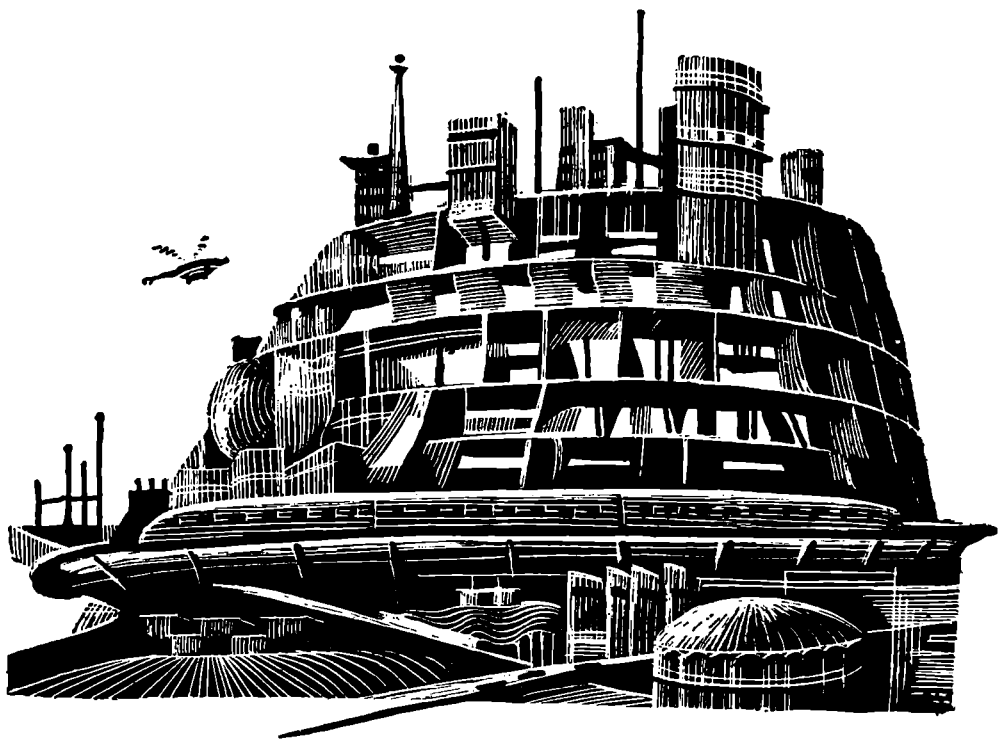


Wirklichkeit geworden. Er bringt eine erhebliche Rohstoffeinsparung mit sich und erhöht die Fahrsicherheit im Straßenverkehr.

Bei allen Neuerungen im Verkehrswesen ist Luft das modernste und zuverlässigste Federelement geblieben. Immer häufiger gehen die Automobilkonstrukteure dazu über, die althergebrachten Stoß- und Schwingungsdämpfer durch Luftfederung zu ersetzen und „Luftschwinger“ zu bauen. In schweren Fahrzeugen, wie wir sie besonders auf den Großbaustellen eingesetzt finden, betätigt sich die Luft auch als Lenkhilfe.

Eine solche „pneumatische Lenkung“ weist viele Vorzüge aus: Sie verringert den Kraftaufwand des Fahrers, ermöglicht einen selbsttätigen Lenkungsrücklauf und sorgt für einen Ausgleich der Fahrbahnstöße. In den Kolben der Druckluftbremsen begegnen wir der Luft nicht nur in den Bremseinrichtungen der „großen Brummer“, sondern auch in Schienenfahrzeugen.





Schienenfahrzeuge müssen übrigens nicht unbedingt mit schweren Stahlrädern ausgerüstet sein. Auch sie können die Vorzüge der Luftfederung nützen. Der Verkehrsfachmann spricht in diesem Falle von „Einschienenbahnen“. Den Konstrukteuren schwebte dabei ursprünglich eine Verbindung von Eisenbahn und Flugzeug vor. Bei voller Fahrt sollten sich die Räder von den Laufschienen abheben und der Wagen, geführt und gehalten von der Leitschiene, mit Flugzeuggeschwindigkeit dahinschweben. Einer Verwirklichung des kühnen Planes stellten sich die platzfordernden und gefährlichen Tragflächen entgegen.

Erst in jüngerer Zeit begann man Hochbahnen zu bauen, die durch luftbereifte Räder geführt, getragen oder gestützt werden. Allein in Tokio, der Stadt der Olympischen Spiele 1964, verkehren drei solche Bahnen. Daß es nicht nur ohne Tragflügel, sondern auch ohne Räder geht, beweisen Versuchsanlagen in England, Frankreich und den USA. In diesem Falle pressen Kompressoren die für den Auftrieb erforderliche Luft durch die

Stahlsohlen der Wagen gegen eine Gleitschiene. Dabei bildet sich zwischen der Schiene und der Schwebefläche des Wagens ein dünner Luftfilm, der die Räder überflüssig macht.

Mit Fahrgeschwindigkeiten bis 500 und 600 km/h gleitet das Fahrzeug erschütterungsfrei und nahezu lautlos über Schienen und Weichen.

Der Bau von Einschienen-Schnellbahnen nach dem einen oder anderen Prinzip wird in fast allen Millionenstädten der Welt erwogen. In Moskau ist ihre Linienführung schon abgesteckt. Sie wird das Lichatschow-Automobilwerk, die Geburtsstätte der „Moskwitsch“-Automobile, mit den Außenbezirken verbinden.

Im zweiten Bauabschnitt erfolgt dann die Verlängerung der Einschienenbahn bis zum neuen Großflughafen Domodedowo. Sowjetische Ingenieure haben auch den Grundgedanken der Einschienenbahn zielstrebig und folgerichtig bis zum räder- und schienenlosen Fahrzeug weiterentwickelt.

Fliegende Autos, fliegende Schiffe

Vor einigen Jahren veröffentlichte die sowjetische Nachrichtenagentur TASS eine Meldung ungewöhnlichen Inhalts: „Im Jahre 1953 entwickelte der junge Ingenieur Gennadi Turkin in seiner Diplomarbeit die Grundzüge für ein räderloses, auf Luftkissen dahingleitendes Automobil. Mittels zweier Kompressoren wird Luft unter die Unterfläche des Fahrzeuges gedrückt, die es zum Schweben bringt. Die Vorwärtsbewegung wird durch eine Luftschraube erzielt.

Am 25. Mai 1955 führte Turkin ein elektrisch betriebenes Modell vor, das er mit seinem Vater und seinen Brüdern gebaut hatte. Der Versuch verlief zur vollsten Zufriedenheit und veranlaßte den Erfinder, ein Modell mit Benzinantrieb zu schaffen. Das Fahrzeug wurde am 5. August desselben Jahres in der Nähe

von Moskau im Stand und am 19. September in Bewegung erprobt. Auch diese Versuche verliefen erfolgreich.

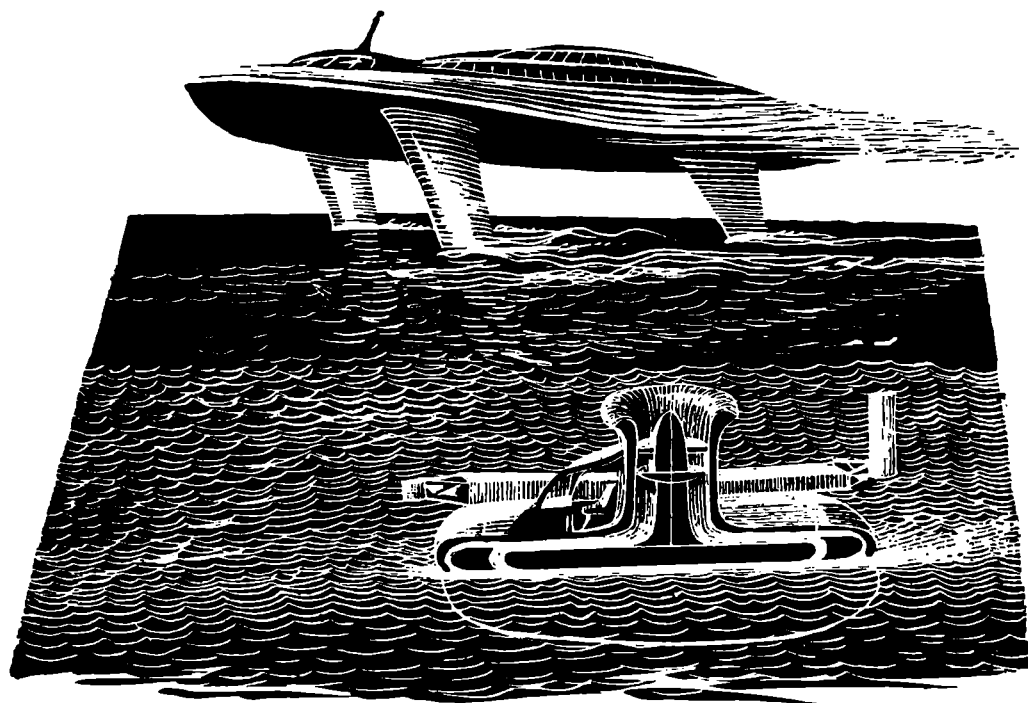
Kurz darauf verstarb der Erfinder. Die sowjetische Zeitung ‚Iswestija‘ fordert die zuständigen Stellen auf, das interessante und hoffnungsvolle Projekt weiterzuentwickeln und ihm zum Durchbruch zu verhelfen!“

Danach wurde es um das Schicksal dieser Erfindung für einige Jahre still. Erst im November 1961 folgte eine zweite Meldung. Ihr konnte man entnehmen, daß der Aufruf der Regierungszeitung „Iswestija“ aufmerksame Leser gefunden hatte. Die Meldung besagte:

„Der neue von dem Konstrukteur Smolin entwickelte ‚Tschaika‘-Wagen schwebt, seinem Namen getreu, über Äcker, Schneefelder, Flüsse und Schluchten. Die ‚Möwe‘ kommt aus dem Automobilwerk Gorki und unterscheidet sich natürlich vom rollenden ‚Tschaika‘. Das schwebende Fahrzeug ist 7 m lang und 3 m breit. An Stirn- und Heckseite sind Öffnungen mit zwei Generatoren angebracht, die Luft unter den Wagen pressen und den Schwebzustand bewirken. Am Heck eingebaute Düsen erregen kräftige Luftströme und treiben das Luftauto vorwärts.

Es besitzt den gleichen Motor wie der rollende ‚Tschaika‘ und hat auch dasselbe Lenksystem. Jeder Kraftfahrer kann also ohne ‚Luftfahrtschule‘ die ‚Möwe‘ dirigieren.“

Die beiden Meldungen, die sich einander ergänzen, erklären uns hinreichend das Funktionsprinzip der „Luftkissenfahrzeuge“, wie ihre Typenbezeichnung lautet. Aber weder die „Möwe“ aus Gorki noch ihre Schwestern aus den Automobilfabriken des Westens können sich hinsichtlich ihrer Flugeigenschaften mit den Luftfahrzeugen messen. Ihre Flughöhe beträgt meist nur wenige Zentimeter. Die Vorstellung, daß das Luftkissenautomobil seine am Boden dahinrollenden Geschwister wie beim „Mensch-ärgere-dich-nicht“-Spiel überspringen könnte, ist reine Utopie. Das verbietet schon der nach unten gerichtete Luftstrahl.



Die Vorzüge der „Möwe“ und ihrer Schwestern, die sich in verschiedenen Ländern in der Fahrerprobung befinden, sind anderer Art. Bedeutend ist der Wegfall des Reibungswiderstandes der Räder mit der Fahrbahn. Dadurch ist dem Luftkissenautomobil selbst über die schlechtesten Straßen eine erschütterungsfreie Fortbewegung möglich. Dem Kraftverkehr können damit auch die ihm bisher unzugänglichen Gebiete, wie Sandwüsten, Sümpfe und Schneefelder, erschlossen werden.

Daß sich die Luftkissenfahrzeuge sogar über Wasser fortbewegen können, beweisen die zur Kanalüberquerung eingesetzten Luftkissenfahrzeuge der „Hovercraft-SRN-1“-Serie. Mit 40 m Länge, 30 m Breite und 162,5 Mp Eigengewicht, angetrieben von leistungsstarken Gasturbinen, sind es die kuriosesten Fahrzeuge, mit denen seit den Ballonflügen von Blanchard und Jeffries jemals der Kanal überquert wurde.

Der Leser wird fragen: Also haben die Grübler, Bastler und Konstrukteure doch das Ei des Kolumbus gefunden? Also wird

es das schwebende Luftkissenfahrzeug sein, welches das Straßenbild der Zukunft bestimmt? Halt! Noch ist das Ei nicht ausgebrütet, noch sind die Konstruktionen nicht ausgereift.

Ihr Hauptvorteil, das Fehlen der Räder, bildet zugleich ihren Hauptnachteil.

Aus der Mechanik wissen wir, daß die Reibung zwischen Rad und Fahrbahn für die Übertragung der Antriebs-, Brems- und Lenkkräfte von größter Bedeutung ist. Jedes Fahrzeug wird zu einer unkontrollierbar über die Fahrbahn schlitternden Maschine, wenn es auf Glatteis oder in eine Öllache gerät und die Reibung Rad-Fahrbahn aufgehoben wird.

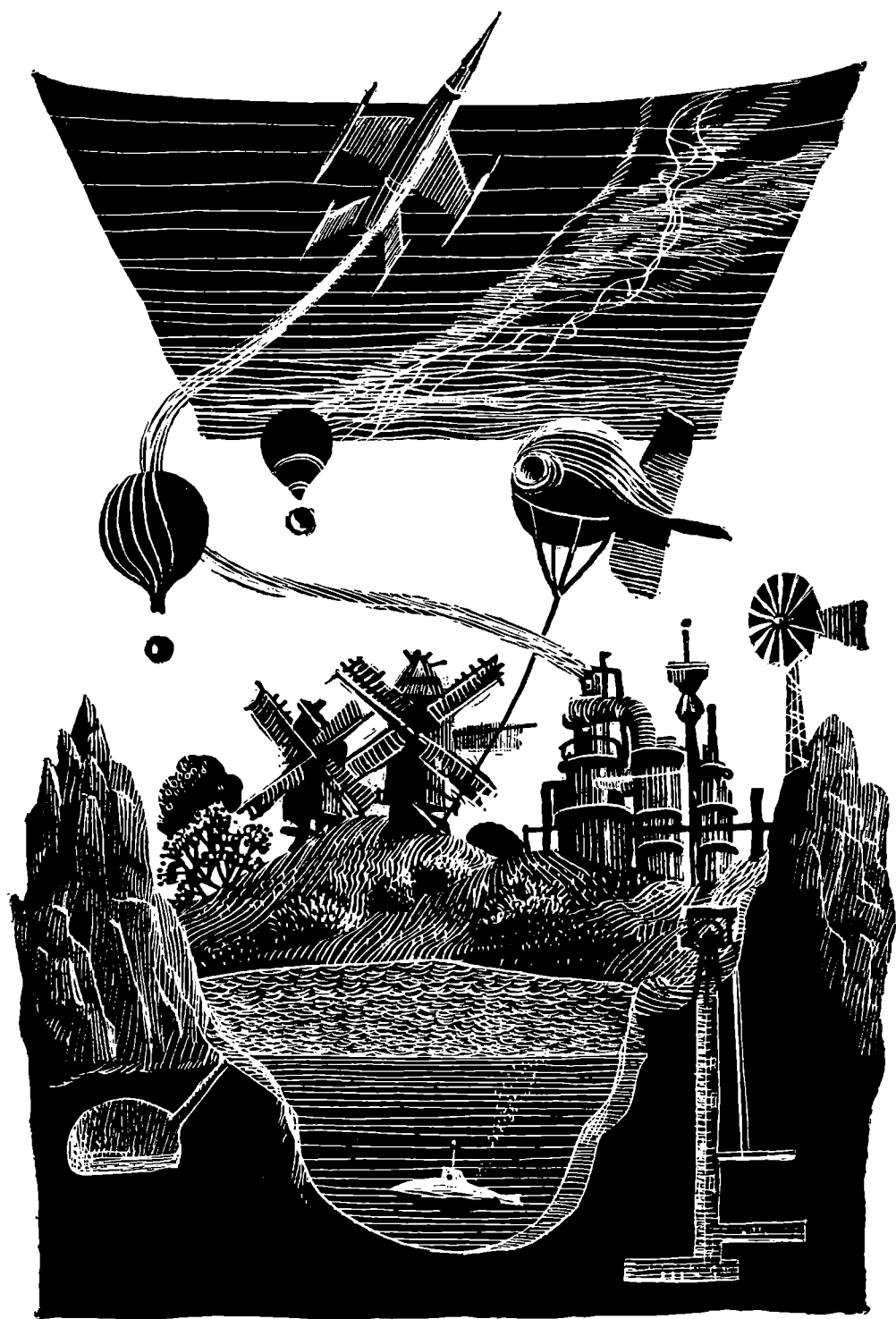
Das ist beim Luftkissenfahrzeug nicht anders. Der kleinste Seitenwind, eine Kurve genügen, um es aus der Fahrtrichtung abzudrängen. Deshalb benötigt das Luftkissenfahrzeug, ähnlich dem Flugzeug, Leitwerke und Stabilisierungsflächen.

Selbst kleinere Steigungen, die wir mit dem Fahrrad spielend überwinden, werden für das fliegende Automobil zu einem kräftezehrenden Hindernis.

Am besten bewährte sich das Luftkissenfahrzeug bisher bei seinem Einsatz über dem Wasser. Die Schiffbaukonstrukteure sind deshalb ihren eigenen Weg gegangen, der sie vom Gleit- zum Tragflächenboot und vom Tragflächenboot ebenfalls zum Luftkissenfahrzeug führte. Dabei zeigte es sich, daß erst beim Transport von mehr als 50 Tonnen Ladegut und Geschwindigkeiten zwischen 150 und 200 km/h der neue Fahrzeugtyp seine größte Rentabilität erreicht. Für solche „Riesenflitzer“, in denen sich die Grundprinzipien und Eigenschaften von Automobil, Schiff und Flugzeug harmonisch verbinden, sind die Straßen des Meeres das gegebene Element. Der Überwasserverkehr mit Luftkissenfahrzeugen besitzt deshalb eine große Zukunft.

Als Augenzeugen können wir miterleben, wie sich der Grund des Luftozeans auf neue und ungewöhnliche Weise zu beleben beginnt.

Die blaue Leitung



„Wettermacher“ unter Tage

Lackblitzende Automobile jagen über das Asphaltband der Straßen. Silberglänzende Flugzeuge ziehen hoch am Himmel ihren Kurs. Schneeweiße Urlauberschiffe durchpflügen die Meere. Wunderwerke, geschaffen von Menschenhand, zusammengefügt aus Hunderten, aus Tausenden von Einzelteilen. Selbst die kleinste Schraube muß Dutzende von Arbeiterhänden durchlaufen, bevor sie ihren Platz an der Stelle findet, die ihr die Werkzeugzeichnung zuordnet. Ihren Weg aber begann sie, wie die meisten aller Werkstücke, als mattschimmernder Gesteinsbrocken im Schoße der Erde, im Dunkel eines Erzbergwerks . . .

Auf der Hängebank des Erzbergwerks drängen die Kumpel in das Fördergestell. Die Gitter werden vorgeschoben. Am Schacht ertönen drei Glockenschläge. Die Seilfahrt beginnt. In knapp drei Minuten ist der 600 m tief gelegene Füllort erreicht. Durch Querschläge und Strecken weisen uns Rohrleitungen und Kabel den Weg vor Ort. Neben der grüngestrichenen Wasserleitung liegt der blaue Leitungsstrang für Druckluft. Eine dritte Leitung von größerem Durchmesser besteht aus Plastrohren. „Luttenleitung“ nennt sie der Steiger, der uns führt. Sie versorgt die Kumpel vor Ort mit Frischluft.

Ob wir in die höher gelegenen Stockwerke der Atmosphäre aufsteigen oder in das Erdinnere eindringen, der Mensch kommt ohne Sauerstoff nicht aus. Sinkt der Sauerstoffgehalt der Grubenluft unter 13 Prozent, droht dem Bergmann Lebensgefahr, und er muß zu den gleichen Sauerstoffgeräten greifen wie der Stratosphärenflieger. Um unter Tage atmen und arbeiten zu können, macht sich der Bergmann seit alters sein „Wetter“ selbst.

Anfangs geschah es mit dem Blasebalg, im Mittelalter mit Wettertrommeln, einer Art Wasserräder, deren hölzerne Schaukeln Luft in den Schacht schleuderten.

Heute wird die Frischluft durch den Hauptschacht, welcher

zur Förderung dient, eingeführt. Über Tage stehen mächtige Schleuderventilatoren, die bis zu 10 000 m³ Frischluft in der Minute ansaugen und durch die Grubenbaue drücken. Durch einen zweiten Schacht, den „Wetterschacht“, wird die verbrauchte Luft abgesaugt. Die Luttenleitung unterhält die Bewetterung der Vortriebe, die noch nicht in den Kreislauf des Hauptwetterstroms einbezogen sind.

„Wettersteiger“ und „Wettermänner“ wachen darüber, daß Leben und Gesundheit der Kumpel vor Ort nicht durch „matte“ oder „stickende“ Wetter gefährdet werden. Matte Wetter entstehen, wenn der Sauerstoffanteil der Luft durch die Atmung, brennende Lichter oder Sprengungen unter den Normalgehalt von 21 Prozent absinkt. Treten größere Beimengen von Kohlenmonoxid, Schwefelwasserstoff und Stickoxid auf, spricht der Bergmann von „stickenden“ und „giftigen“ Wettern.

Am meisten fürchtet und haßt der Bergmann das Methan, auch „Grubengas“ genannt. Es entsteht durch die Vermoderung von Lebewesen unter Luftabschluß. Da es geruch- und geschmacklos ist, läßt es sich mit den Sinnesorganen nicht wahrnehmen. Hat das Methan seinen bestimmten Prozentsatz im Luftgemisch erreicht, ist es explosionsfähig. Ein winziger Funke genügt, um eine furchtbare Schlagwetterexplosion auszulösen. Den mit Sicherheitslampen ausgerüsteten „Wettermännern“ haben sich deshalb Gasspürer mit modernen Gasspürgeräten hinzugesellt.

Das Gestein glitzert im Licht der Grubenlampen. Bohrhämmer dröhnen. Der Abbau des Erzes ist weitgehend mechanisiert. Zwischen den Beinen des Hauers steht ein sogenannter „Bohrknecht“. Das ist ein langer Stahlzylinder, angeschlossen an die blaue Leitung. Die Preßluft drückt einen Kolben heraus, auf den die Bohrmaschine aufgesetzt ist. Der Luftdruck hält die Maschine in der richtigen Höhe und bewirkt auch den Vorschub beim Bohren.

Nach dem Bohren werden die 1,2 bis 1,5 m tiefen Bohrlöcher mit Sprengstoff besetzt. Häufig wird dabei die nach dem Lindeverfahren hergestellte „Sprengluft“ verwendet. Bevor die Sprengladung gezündet wird, muß der Abbau geräumt werden.

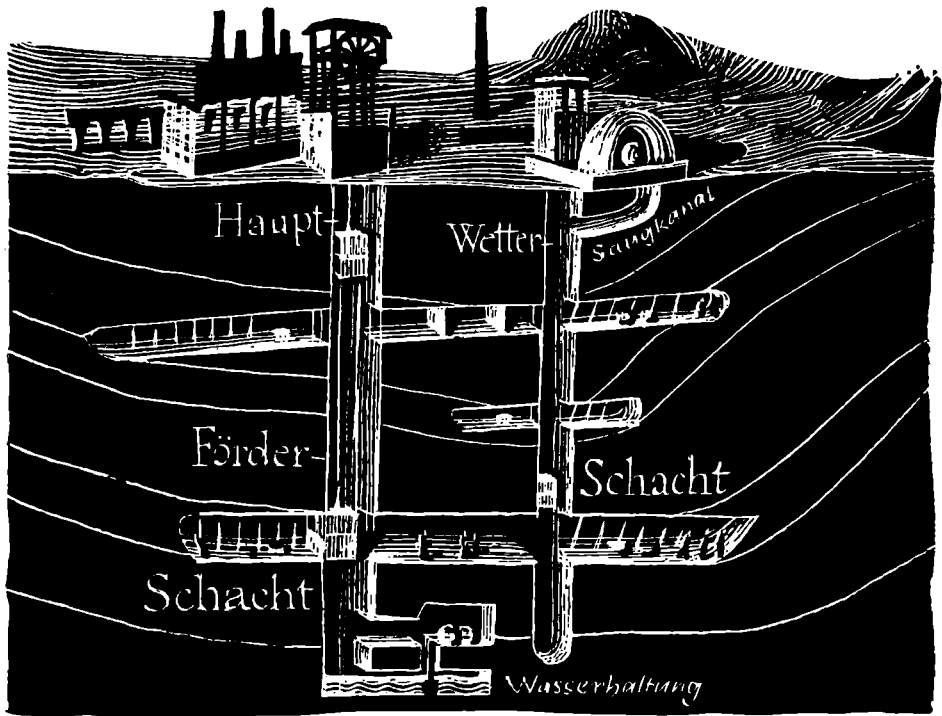
Der Berg brüllt auf, als wollte er sich spalten. Erst nachdem der Wetterzug den Gesteinsstaub davongetragen hat, dürfen die Kumpel vor Ort zurückkehren.

Auf einem schmalen Gleis rollt ein mannshoher Bagger heran. Knirschend schiebt er seine Schaufel unter das losgesprengte Erz und Gestein und wirft es mit kraftvollem Schwung „über Kopf“ in die bereitstehenden Hunte. Der Überkopflader, der ebenfalls mit Preßluft betrieben wird, nimmt den Bergleuten die schwere Schaufelarbeit ab. Keiner von ihnen weint dem Schlägel und dem Bergeisen, mit denen sich früher die Hauer plagen mußten, eine Träne nach. Die Vortriebsleistung, die man damals in einem Monat erzielte, wird mit Hilfe der modernen Abbautechnik in einer Schicht erreicht.

Randvoll beladen rattert Hunt um Hunt zum Füllort. Die Szene erinnert an eine Geisterbahn, wie wir sie vom Rummelplatz her kennen. Ein mit Preßluft betriebener Stoßkolben stößt die beladenen Hunte in den Förderkorb. Ein zweiter Kolben stößt aus dem Förderkorb die von über Tage kommenden Hunte heraus. Diese Hunte sind mit Sand und Gestein beladen.

Der Fahrsteiger, der am Füllort seinen Dienst versieht, erklärt: „Gestein wird nicht nur aus-, sondern auch eingefahren. Durch den Abbau entstehen große Hohlräume im Gebirge, die weder mit Holz noch mit Stahlstempeln abgestützt werden können. Um eine Einsturzgefahr zu vermeiden, müssen die Hohlräume mit Versatz, so nennen wir Sand und Gestein, aufgefüllt werden.“

Früher wurde der Versatz in mühevoller und zeitraubender Schaufelarbeit eingebracht. Heute hat der Bergmann auch bei dieser Arbeit in der Druckluft einen zuverlässigen Gehilfen



gefunden. Riesige Maschinen blasen stündlich 60 bis 80 m³ Sand und Gestein an den vorbestimmten Platz, in die unheil drohenden Löcher im Berg.

Zur Verwandlung des Eisenerzes in Roheisen und Stahl bedarf es der Mitwirkung der Kohle. In dem Produktionsprozeß, an dessen Endstation das fertige Automobil oder Flugzeug vom Fließband rollt, das Schiff die Werft verläßt, stehen neben den Erzbergleuten die Steinkohlenkumpel. Auf einem Streifzug durch das Reich des „Schwarzen Goldes“, wie die Kohle wegen ihrer Bedeutung oft genannt wird, treffen wir mancherlei Bekannte: Druckluftleitungen und Wettermaschinen, Abbauhämmer, Überkopflader und Blasmachines. Wir entdecken aber auch manchen Unterschied in den Produktionsinstrumenten. Der Abbauhämmer ist leichter als eine Erzbohrmaschine.

Dafür fehlt der pneumatische Bohrknicht, der das Halten und Andrücken der Bohrmaschine übernimmt. Der Hauer vor dem

schwarzglänzenden Kohlenstoß muß den Abbauhammer frei in der Hand halten. Das kostet Kraft und Ströme von Schweiß.

Besonders wenn in halbsteiler Lage nach oben gebohrt werden muß. Kein Wunder, wenn die von Otto Lilienthal entwickelte Schrämmaschine, die Kohlenkombine und andere noch modernere Abbaumaschinen den Abbauhammer mehr und mehr verdrängen.

Unter den zahlreichen Neukonstruktionen, welche zur Automatisierung der Kohlegewinnung beitragen, ist eine kombinierte Fräs-Bohr-Maschine besonders bemerkenswert. Eine horizontal arbeitende Bandfräse unterschneidet die Stirnwand des Flözes an seinem Fuß. Über der Fräse ist eine Batterie von Preßluft-hämmern angebracht. In breiter Front klopfen sie die überhängende Kohle ab. Solche modernen Kombines, die gleichzeitig als Abbau- und Lademaschinen arbeiten, machen auch den Überkopflader überflüssig.

Rhythmisches Klappern und Quietschen mischt sich in das Bellen der Hämmer und das Kreischen der Maschinen. Wo die Abbaue zu eng und zu niedrig sind, um die geförderte Kohle mit Hunten abzufahren, besorgen Schüttelrutschen den Transport.

Auf muldenförmigen Blechen gleiten die Kohlebrocken ruckartig dem Förderband auf der Fußstrecke entgegen. Die blaue Leitung verrät uns, daß die Schüttelrutschen von Druckluftmotoren angetrieben werden. Selbst die Grubenlokomotiven sind vielerorts für den Betrieb mit Druckluft eingerichtet.

In Stahlflaschen mit blauen Verschlussskappen führen sie die Betriebsluft mit sich. Ihr Vorteil besteht darin, daß sie keine Abgase und Abdämpfe bilden. Die Betriebssicherheit der Druckluftmaschinen und Druckluftwerkzeuge trägt in hohem Maße zur Sicherheit im Bergbau bei.

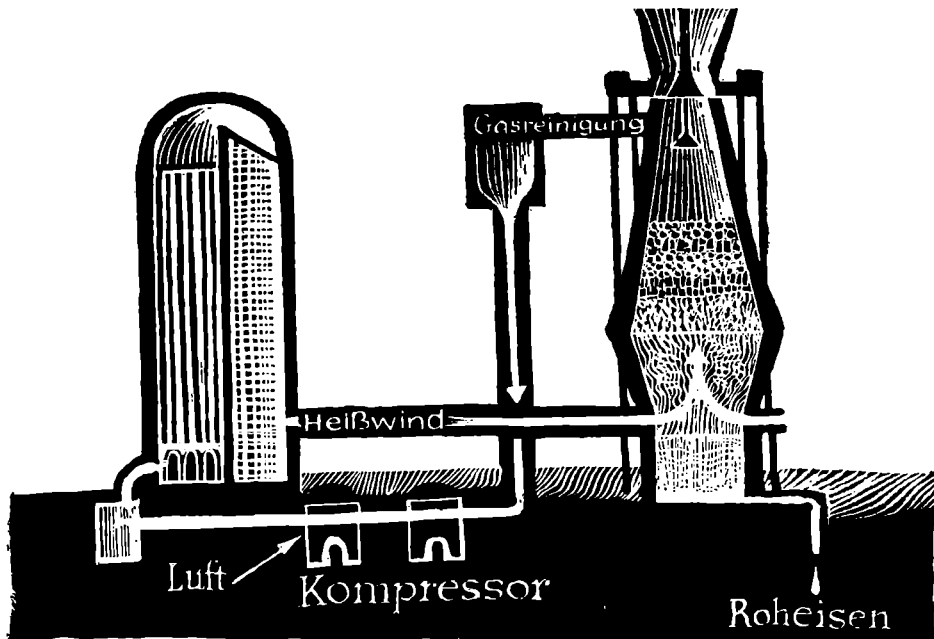
Auch in der Kohle- und Erzaufbereitung über Tage bleibt die Druckluftleitung unser Begleiter. Über den Transportbändern der Sortiereinrichtungen hängen große Blechrüssel. Sie saugen

den Kohlen- und Gesteinsstaub ab und führen ihn durch pneumatische Förderleitungen Sammelbehältern zu. Kohle und Erz aber treten, in Eisenbahnwaggons und auf Lastkähne verladen, ihre Reise in die Hütten- und Stahlwerke an.

Erz plus Wind gleich Stahl

Bis an die Schwelle des Industriezeitalters bevorzugten die Hüttenleute die Holzkohle gegenüber der Steinkohle. Die Steinkohle entwickelt höhere Temperaturen als die Holzkohle. Dadurch wird das Eisenerz zu schnell flüssig. Es entsteht ein Roheisen, das weder elastisch noch schmiedbar ist. Die englischen Hüttenleute, die Lieferanten der ersten Dampfmaschinen- und Lokomotivfabriken, nannten es geringschätzig „Schweineeisen“.

Nach langem Grübeln kam man auf die Idee, dem Schweineeisen während des Schmelzprozesses aus Blasebälgen zusätzlich



Frischlufft zuzuführen. Durch das „Frischen“ verbrannte der überflüssige Kohlenstoff, und die Roheisenqualität erhielt eine spürbare Verbesserung. Eine andere Methode bestand darin, die geschmolzene Masse umzurühren. Das englische Verbum für umrühren lautet „to puddle“ (sprich: tu paddl). So wurde das „Pud-del-Verfahren“ geboren.

Die Verwendung von Koks, der durch Erhitzen unter Luftabschluß aus Steinkohle gewonnen wird, erforderte größere Luftmengen als die Verbrennung von Holzkohle. Der Blasebalg wurde von der Gebläsemaschine verdrängt. Und als man sogar noch lernte, die beim Hochofenprozeß entstehenden Gichtgase zum Vorwärmen der Gebläseluft zu verwenden, gesellten sich zu jedem Hochofen bald drei oder gar fünf Winderhitzer. Sehen wir uns den Verhüttungsprozeß etwas genauer an.

Kennzeichnend für einen modernen Hochofen sind der freistehende, mit einem Stahlmantel gepanzerte Schacht, das tragende Stahlgerüst für den Gasfang, der Gichtverschluß und der Schrägaufzug. In regelmäßigem Wechsel befördert der Schrägaufzug Eisenerze, Koks und Zuschläge, wie Kalkstein, auf die Gichtbühne. Bei einer Tagesleistung von 1000 t Roheisen ist ein Mehrfaches an festen Ausgangsstoffen erforderlich.

Die „Rezeptur“ sieht etwa so aus:

2100 t Erz

1300 t Koks

400 t Zuschläge

3800 t Ausgangsstoffe

Die erforderliche Schmelztemperatur wird durch das Verbrennen des Kokes erzielt. Dabei reagiert der Kohlenstoff des Kokes mit dem Sauerstoff der zugeführten Luft und bildet zunächst Kohlendioxid, das sich mit dem überschüssigen glühenden Kohlenstoff zu Kohlenmonoxid umsetzt. Durch das aufsteigende

Kohlenmonoxid und den glühenden Koks werden die Eisenoxide des Erzes zu Eisen reduziert und die Gangart mit den Zuschlägen verschlackt. Weil der Ablauf dieser chemischen Prozesse nur bei einer ausreichenden Luftzufuhr möglich ist, wird eine Gebläsemaschine eingeschaltet. Sie entnimmt den Gebläsewind der uns umgebenden atmosphärischen Luft und leitet ihn in die 20 bis 30 m hohen Winderhitzer weiter. Im Inneren dieser gigantischen Türme wird die Luft durch Gichtgase bis auf 800 °C erhitzt. Weitergeleitet durch ein isoliertes Rohrleitungssystem, wird der Gebläsewind danach, unter einem Blasdruck von 1 bis 2 at, durch feuerfeste Düsen in die Schmelzzone des Hochofens gepreßt.

Da auch heute noch der größte Teil der Produktionsinstrumente aus Eisen oder Stahl hergestellt ist, kommt der Produktionssteigerung in der Metallurgie große Bedeutung zu. Dieses Ziel kann einmal durch den Bau von Großraumhochöfen erreicht werden, die bis zu 4000 und 5000 t Roheisen täglich liefern. Eine andere Möglichkeit bietet die Verbesserung der technischen Prozesse. Dazu gehört die Umgestaltung der Hochöfen in Hochdrucköfen. Hochdruck, das heißt: Der Gebläsewind wird mit einem Überdruck von 2,5 bis 3 at in das Innere des Hochofens gepreßt. Die chemischen Reaktionen laufen intensiver und schneller ab. Die Leistung des Hochofens wird um mehr als 10 Prozent erhöht, der Koksverbrauch erheblich gesenkt. Setzt man dem Gebläsewind reinen Sauerstoff zu, kann der Koksverbrauch bis zur Hälfte gesenkt und die Produktion verdoppelt werden. Der Windverbrauch einer Hochofenanlage ist beachtlich. Er wird nur noch durch ihren Riesenbedarf an Kühlwasser übertroffen. Zur Erzeugung von 1000 t Roheisen, um bei unserem Beispiel zu bleiben, bedarf es einer Luftmenge von etwa 5400 t oder mehr als 4,2 Mio m³. Wenn wir uns diese Luftmenge als eine Luftsäule von 1 m² Querschnitt vorstellen, so würde diese von Berlin bis zum Äquator reichen. Der Windverbrauch in

Hochdrucköfen beträgt das Doppelte bis Dreifache der Rohstoffmenge.

Mit einem Kohlenstoffgehalt bis zu 6 Prozent genügt das im Hochofen erschmolzene Roheisen heute bei weitem nicht mehr den hohen Qualitätsansprüchen von Industrie und Technik. Das glutflüssige Gemenge, das sich alle vier Stunden aus dem Hochofen in die Sammelpfannen ergießt, ist noch lange kein Stahl. Nach einer kurzen Verschnaufpause im Roheisenmischer, der bis zu 2000 t in sich aufnehmen kann, muß es deshalb seine Reise durch die metallurgischen Öfen fortsetzen. Der „Wind“ und der Sauerstoff spielen bei der Stahlerzeugung eine gleichgewichtige Rolle wie bei der Roheisenschmelze.

In der Haupthalle des Stahlwerkes stehen große, birnenförmige Kippöfen, früher Bessemer- oder Thomasbirnen, heute meist Konverter genannt. Im Boden dieser Birnen befinden sich Hunderte kleiner Düsen, durch die der Wind in das Eisenbad bläst. Der Blasdruck beträgt wie beim Hochofen 1 bis 2 at. Bei Temperaturen bis 1700 °C verbindet sich der Sauerstoff der Luft mit den in der Schmelze enthaltenen Verunreinigungen, wie Kohlenstoff, Mangan, Silizium oder Schwefel, die er verbrennt oder verdampft. Es ist dieselbe Methode, nach der schon die englischen Hüttenleute die Qualität des Schweineisens verbesserten. Das Windfrischverfahren wird auch bei der Herstellung von Massentählen im Siemens-Martin-Ofen angewendet.

Die Nachteile des Windfrischens: Die kleinen Düsen können ausbrennen oder verstopfen. Der in der komprimierten Luft enthaltene Stickstoff ist überdies der Stahlqualität abträglich, und die Produktivität dieses Verfahrens ist zu gering. Der Blick der Technologen fiel auf den Sauerstoff. Nachdem es gelungen war, durch die Weiterentwicklung der Luftzerlegungsanlagen Sauerstoff in der notwendigen Reinheit zu vertretbaren Kosten herzustellen, bahnte sich eine revolutionäre Veränderung auf dem Gebiet der Stahlerzeugung an. Die Düsen in der Bodenplatte der

kippbaren Schmelzbirne wurden geschlossen. Anstatt von unten, blies man den Sauerstoff von oben auf das Eisenbad.

Und das nicht mit 1 oder 2 at, sondern mit einem Überdruck von 6 bis 18 at. Der Erfolg blieb nicht aus. Durch das Sauerstoff-aufblasverfahren hat sich die Produktivität bei der Stahlherstellung um ein Mehrfaches erhöht. Sauerstoffwerke, in denen nach dem Linde-Verfahren die Luft verflüssigt und technisch reiner Sauerstoff gewonnen wird, sind seitdem zu Betriebsteilen der modernen Stahlwerke geworden.

Der Bau von Flugzeug- und Raketentriebwerken, von Aggregaten für die Hochdrucksynthesen, von Kernreaktoren und Atomkraftwerken erfordert Stähle besonderer Qualität. Sie werden zur Unterscheidung von den Massenstählen Qualitäts- und Edelstähle genannt.

Das sind Stähle, die mit hohen Drücken, hohen Drehzahlen und hohen Temperaturen belastet werden können, nicht rosten und säurebeständig sind. Diese hervorragenden Eigenschaften werden vorwiegend durch den Zusatz von Chrom, Nickel, Molybdän, Vanadium, Wolfram und anderen Stahlveredlern erzielt. Der Schmelzvorgang erfolgt hauptsächlich in den Elektroöfen der Edelstahlwerke.

In den Edelstahlwerken begegnet uns statt der „blauen“ eine „graue“ Leitung. Grau ist die Farbe für das Vakuum. In diesen Werken hat man sich die Erfahrungen Otto von Guericke's zunutze gemacht; denn Werkstoffe wie Titan, Zirkon und Uran können nur im Vakuum erschmolzen werden. Bei der Elektroschmelze von Edelstählen fällt auch der Frischwind weg.

Sauerstoff, Stickstoff und Heizgase würden die geforderte Stahlqualität erheblich mindern. Deshalb erfolgt auch das Gießen, Legieren und Entgasen von Edelstählen in Vakuumgefäßen bei einem Luftdruck von nur wenigen Torr.

In Kokillen gegossen, wandern nun die Stahlblöcke zur Weiterverarbeitung in die Warm- und Kaltwalzwerke. In diesen



Produktionsstätten kommt die Luft wieder voll zu ihrem Recht, erleichtert und beschleunigt sie die Arbeit des Menschen.

Preßluft dient zum Anstellen und Abheben der Walzen, die Blockstahl in breite Blechbänder, Feinbleche, Draht, Profile und Rohre verwandeln. Selbst beim Schmieden der tonnenschweren Werkstücke, die aus der Stahlformgießerei kommen, hat sich die Luft unentbehrlich gemacht. Der Luftfederhammer fehlt in keinem Stahl- und Walzwerk.

Mit Luft gemessen und gesteuert

Die Metallverarbeitungsindustrie und der Maschinenbau verlangen nicht nur nach hochwertigen Stahlsorten. Zahlreiche Maschinen- und Bauelemente werden aus Gußeisen hergestellt. Am gebräuchlichsten ist der Grauguß, aus dem Motorenzylinder gegossen werden. Zu Gußteilen, die an der Oberfläche sehr hart sein müssen, wird Hartguß verwendet. Eine dritte Gußeisensorte, der Temperguß, bildet gewissermaßen das Bindeglied zum Stahlguß. Hergestellt aus kohlenstoffarmem Roheisen, wird er einer zusätzlichen Sauerstoffbehandlung unterzogen. Im Fahr-

zeugbau finden wir Kurbelgehäuse und Bremstrommeln aus Temperguß.

Das Umschmelzen von Roheisen in Gußeisen erfolgt im Kupolofen. Äußerlich ähnelt der Kupolofen einem kleinen Bruder des Hochofens. Er wird wie dieser mit Koks und Kalk beschickt. Auch Guß- und Stahlabfälle poltern in den Feuerschlund. Der temperamentvolle Beschleuniger des Schmelzvorganges ist wiederum der „Wind“.

Da die Kupolöfen meistens in den Gießereien aufgestellt sind, kann das abgestochene Gußeisen gleich in die Formen geleitet werden. Ob in der Gießerei, ob in der Formerei, überall entdecken wir Arbeitsmaschinen, die an die blaue Leitung angeschlossen sind. Druckluftstamper und pneumatische Form- und Kernblasmaschinen helfen beim Füllen der Formen, beim Feststampfen des Formstoffes, beim Einsetzen und Ausstoßen der Kerne. In Spezialgießereien werden Einzelteile für die feinmechanische Industrie, die meist aus Zink- und Leichtmetalllegierungen bestehen, unter hohem Druck in Metallformen gepreßt. Der Fachmann spricht in diesem Falle von Druck- oder Spritzguß. Mit Sandstrahlgebläsen wird das fertige Gußstück sogleich von anhaftendem Formmaterial gereinigt und geputzt. Der Energieträger für das Sandstrahlgebläse ist wiederum die blaue Leitung.

Mit Hilfe von Sauerstoff-Brennschneidgeräten werden im Maschinen-, Apparate- und Fahrzeugbau Rohre, Träger und Bleche auf Maß geschnitten. Mit Sauerstoff-Schweißgeräten werden die Profileile zum Ganzen gefügt. Mit Druckluft wird gebohrt, gefräst, gemeißelt, genietet, gestemmt und geschliffen. Selbst Schrauben und Schraubenmuttern zieht man mit Hilfe von Druckluft an.

Bevor die Einzelteile auf den Montagebändern zu Baugruppen vereinigt werden, passieren sie unzählige Kontrollstellen. Qualitätsarbeit zeichnet sich durch hohe Maßhaltigkeit aus. Der Meßschieber ermöglicht eine Meßgenauigkeit bis $\frac{1}{10}$ mm. Die

Feinmeßschraube arbeitet mit einer Genauigkeit von $\frac{1}{100}$ mm. Aber die Öffnung einer Vergaserdüse oder die Maßhaltigkeit eines Kugellagers lassen sich mit den herkömmlichen Meßgeräten und Lehren nur ungenau messen und prüfen. Wiederum bot sich die Luft, die selbst durch ein Nadelöhr schlüpfen kann, als Helfer an.

Beim pneumatischen Feinmeßverfahren wird die aus dem Werksnetz stammende Preßluft durch den Gegendruck einer Wassersäule auf 0,05 at Meßdruck geregelt. Ein hohler Meßdorn führt sie an die Meßstelle. Der festgestellte Meßwert wird von einem hochempfindlichen Druckmesser in Form eines Manometerstandrohres mit geeichter Skale angezeigt. Die Meßgenauigkeit beträgt $\frac{1}{1000}$ mm.

Mit Hilfe dieses Gerätes kann der Meßprozeß sogar mechanisiert werden. Dafür ein Beispiel aus der Praxis. Seit Jahren werden die vier Lagerstellen im Kurbelgehäuse des Wartburgmotors durch Anwendung des pneumatischen Feinmeßverfahrens gleichzeitig gemessen. Das bedeutet gegenüber den alten Meßmethoden eine Zeiteinsparung von 75 Prozent. Und schon ist man dabei, im Zeichen der Automatisierung, zur Luftsteuerung von Aggregaten und Taktstraßen überzugehen. Schon seit der Frühzeit der Elektrotechnik gelangten magnetische Steuerungseinrichtungen zur Anwendung. Elektromagnetische Geräte kleinster Abmessungen bedienen ganze Industrieanlagen von der Rohstoffeinlieferung bis zum Fertigprodukt. Aber ihre Arbeitsgeschwindigkeit und Lebensdauer sind begrenzt.

Die Kontakte funktionieren nicht immer zuverlässig, und für die Verwendung solcher Steuereinrichtungen im Bergbau oder in der Chemieindustrie müssen kostspielige Sicherheitsvorkehrungen getroffen werden. Wir erinnern uns an den zündenden Funken, an die Explosionsgefahr.

Die Luft kennt solche Nachteile nicht. Der Überdruck von einer tausendstel Atmosphäre genügt, um im Bruchteil einer

Sekunde die kompliziertesten Schaltungen zu betätigen. Dabei sind die Bauelemente denkbar einfach. Hergestellt aus Keramik, Metall oder Plast, ähneln sie durchbohrten Dominosteinen. Kein Wunder, wenn die „Pneumatik“, wie die Luftsteuerung genannt wird, zu einem ernsthaften Konkurrenten der „Elektronik“ geworden ist. Eingefangen und gezähmt, fühlt sich die Luft in allen Industriezweigen heimisch, beschleunigt und vereinfacht sie die Produktionsprozesse, hilft sie Rohstoffe, Arbeitszeit und Kosten einsparen, befreit sie den Menschen von schwerer körperlicher Arbeit. Die blaue Leitung verdient unsere Hochachtung. Und doch bleibt die Druckluft nur ein Energieträger, eine Energiequelle ist sie nicht. Zur Erzeugung von Druckluft sind leistungsstarke Kompressoren und Gebläse erforderlich, die selbst Energieverbraucher sind. Nur unter Einsatz gewaltiger Energien vermag der Mensch der Luft die für ihn wichtigen Elemente zu entreißen und in wertvolle Rohstoffe und Gebrauchsgüter zu verwandeln.

Wind, gar mächtig bist du . . .

Der Energiebedarf der Menschheit wächst mit jedem neuen Hochofen, jeder neuen Maschine, jedem neuen See-, Land- oder Luftfahrzeug. Aber die klassischen Energieträger Holz und Kohle, Erdöl und Erdgas sind nicht unerschöpflich. Selbst die bis jetzt genutzten Wasserkräfte können die drohenden Lücken nicht schließen. Unausgesetzt sind Wissenschaftler und Techniker bemüht, neue Energiequellen aufzuspüren und zu erschließen. Dazu zählt die Nutzbarmachung der Kernenergie. Auch die Gezeitenströme und die Wärmeenergie der Meere, die Erdwärme und die Sonnenwärme werden in zunehmendem Maße zur technischen Energieerzeugung herangezogen.

Und stellt der Mensch nicht schon seit den ältesten Zeiten das



Arbeitsvermögen der Luftströmungen und Winde in seine Dienste? Die Windmühle, das Segelschiff und der Segelwagen, ein Vorläufer der selbstfahrenden Kutsche, stehen als Beweis dafür.

„Wind, Wind, gar mächtig bist du / jagst Schwärme von Wolken immerdar / Wühlst auf das Meer zu Wogen und Schaum / wehst überall im weiten Raum . . .“ So heißt es in einem Gedicht des russischen Dichters Alexander Puschkin.

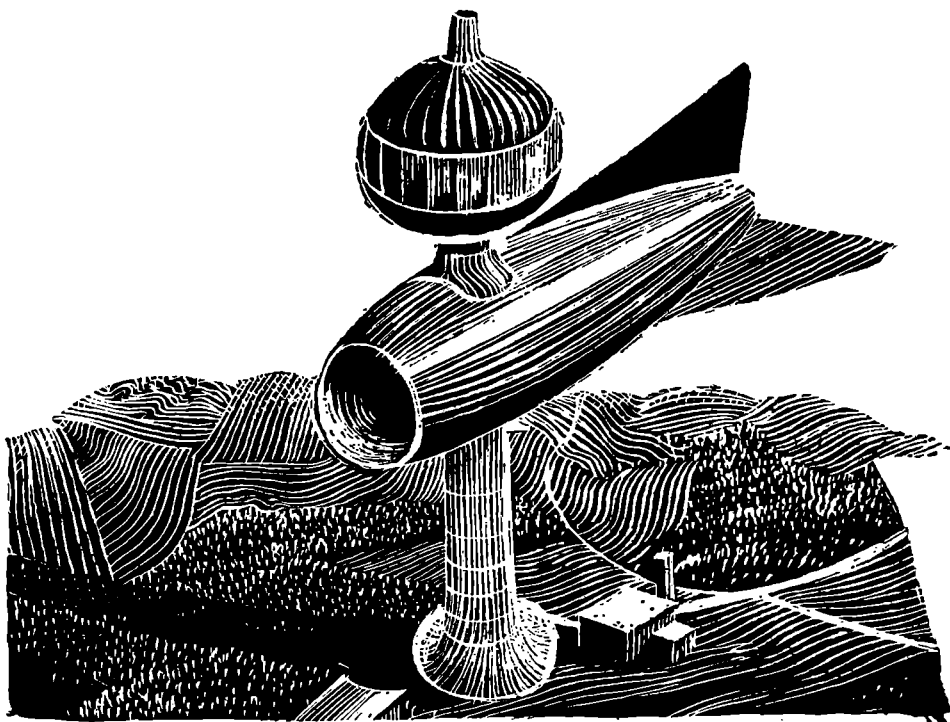
Die Wissenschaftler setzten die Worte des Poeten in konkrete Ziffern und Zahlen um. Sie rechneten aus, daß die Luftströmungen zwanzigmal mehr Energie spenden könnten als alle Ströme der Erde zusammengekommen. Aber wo gibt es heute noch Segelschiffe und Segelwagen? Die malerischen Windmühlen befinden sich im Aussterben. Nur ein winziger Bruchteil der Windenergie wird von den Windrädern genutzt, die in dünnbesiedelten Küsten- und Steppengebieten im Betrieb sind. Sie treiben kleine Generatoren an, die zur Wasser- und Stromversorgung entlegener Dörfer und einsamer Gehöfte dienen. Diese Kleinst-

kraftwerke liefern den billigsten Strom der Welt, der für Beleuchtungszwecke oder zum Antrieb von Landwirtschaftsmaschinen verwendet wird.

Aber die Windkraftwerke haben einen Nachteil: Der Wind ist ein launischer Geselle. Eben noch hat er aus vollen Backen geblasen, plötzlich geht ihm die Puste aus. Seine Stärke schwankt innerhalb der Tages- und Jahreszeiten. In Bodennähe, wo die Windgeschwindigkeit kaum 5 m/s beträgt, sind diese Schwankungen besonders groß. Ballonaufstiege verhalfen den Meteorologen zu der Erkenntnis, daß in 200 bis 500 m Höhe die Luftströmungen gleichmäßiger ablaufen und die Windgeschwindigkeit schon 9 bis 11 m/s beträgt. Der Eiffelturm ist 300 m hoch, überlegten die Techniker. Also muß man auch Höhen-Windkraftwerke bauen können!

Ein eindrucksvolles Projekt besonderer Art entwickelte zu Beginn der dreißiger Jahre der deutsche Ingenieur Hermann Honnef, der Erbauer des 256 m hohen Funkturmes in Königs Wusterhausen bei Berlin. Nach seinen Plänen sollte eine 500 m hohe Stahlkonstruktion errichtet werden, die an ihrer Spitze 3 bis 5 Windturbinen trug. Innerhalb des Turmes waren die Einrichtung eines mehrstöckigen Restaurants und einer Großsendeanlage vorgesehen.

Andere Konstrukteure schlugen gewaltige Turmbauten aus Eisenbeton vor. Ausgeführt wurde bis heute keines dieser Riesenobjekte. Versuchsanlagen entstanden jedoch in verschiedenen Ländern, besonders in der Sowjetunion. An der Küste des Schwarzen Meeres, vor der 1854 der gewaltige Sturm von Balaclawa die Kriegsflotten der Engländer und Franzosen vernichtete, wurde vor dem zweiten Weltkrieg ein 30 m hohes Stahlgerüst montiert. An seiner Spitze wurde ein Elektrogenerator in Form eines Luftschiffes angebracht. Seine Flügel von 30 m Spannweite glichen einem riesigen Propeller. Die Leistung dieser Anlage betrug 22 bis 177 PS. Kurze Zeit später errichteten



sowjetische Ingenieure im Ai-Petri-Gebirge ein Windkraftwerk von der fünffachen Höhe. Mit 10 000 PS zählte es zu den leistungsstärksten Windkraftwerken der Welt. Obwohl uns die Natur den Wind kostenlos liefert, bleibt die Errichtung von Höhen-Windkraftwerken außerordentlich kostspielig, ist ihr Betrieb wirtschaftlich unrentabel. Ein besonders interessantes Projekt sieht den Bau eines unterirdischen Windkraftwerkes im Warada-Gebirge, nördlich der sowjetischen Hafenstadt Nowosibirsk, vor. Allein von 1901 bis 1954 wurde diese Stadt 637mal von der Bora, einem kalten Fallwind, der aus der Kuban-Tiefebene kommt, heimgesucht. Durch gewaltige Tunnelschächte im Gebirgsmassiv könnten die verheerenden Fallwinde abgesaugt und zum Antrieb von Windturbinen gezwungen werden. Ausichtsreicher erscheint der Versuch, die gewaltigen Energien der Lufterlektrizität praktisch zu nutzen. Dabei ist der Mensch hauptsächlich an einer Stickstoffgewinnung aus der Luft interessiert.

Wir erinnern uns, daß jeder Blitz bis zu 1500 kg Stickoxid erzeugt, das mit dem Regen zur Erde gelangt. Freilich nicht unbedingt dorthin, wo das Stickoxid am dringlichsten benötigt wird, nämlich auf die Felder. Also muß der Mensch den Blitz nicht bloß einzufangen, sondern auch zu lenken versuchen.

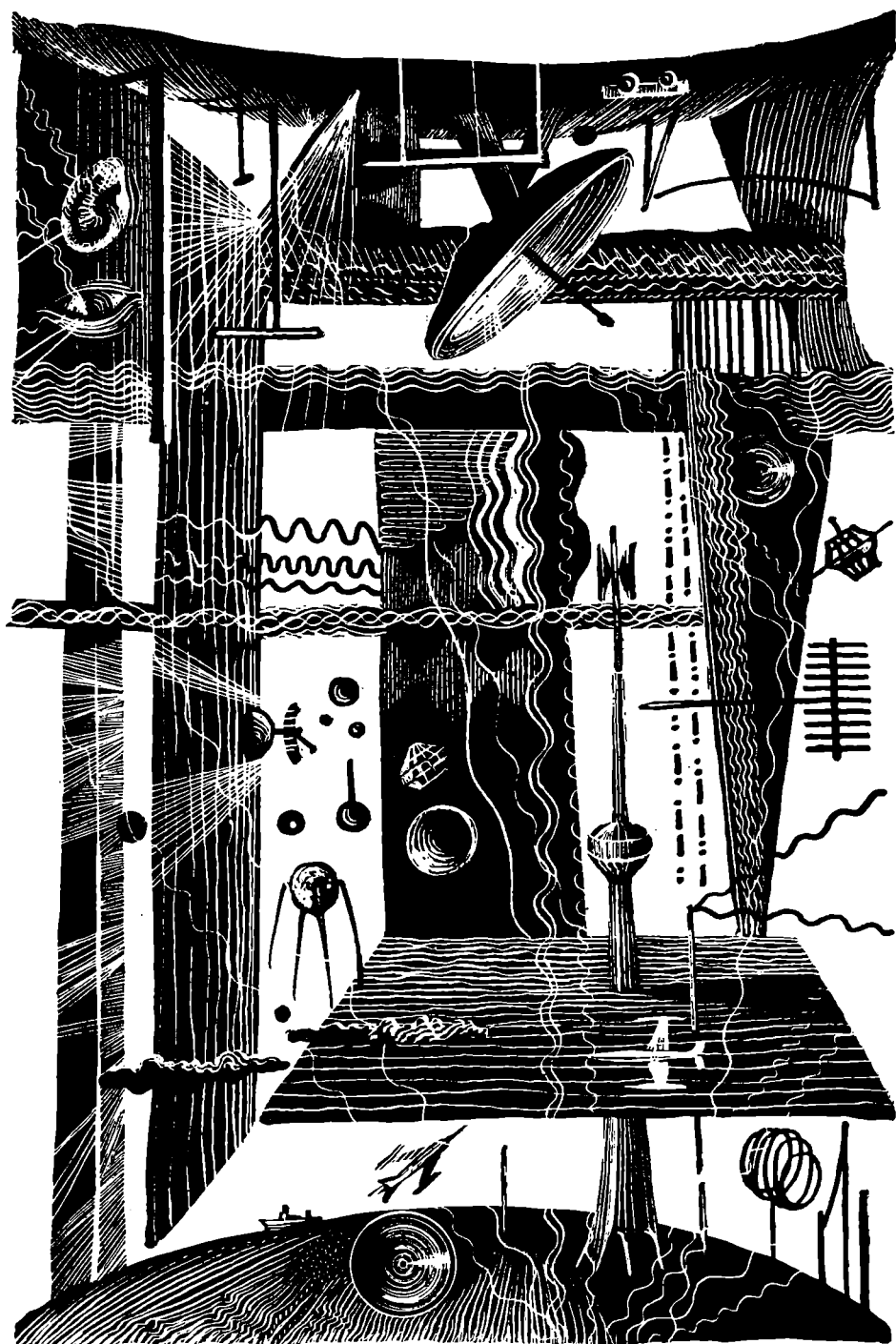
Seit Benjamin Franklin kennt man die Methoden, nach denen das geschehen kann. Ein Drachen oder ein Gummiballon, der an einem Draht befestigt ist, wird dem Gewitter entgegengeschickt. Physikalisch ausgedrückt: Zwei Pole werden miteinander verbunden. Wenngleich der Draht beim ersten Blitz verdampft, wird das Stickoxid dennoch dorthin gelenkt, wo es der Mensch benötigt. Auch durch das Aufstellen von hohen Metallmasten auf den Feldern lassen sich Bedingungen schaffen, die für die Erhöhung der Zahl der direkten Blitzentladungen besonders günstig sind. So oder so läßt sich der Blitz in einen „Fruchtbarkeits-spender“ verwandeln.

Immerhin werden auf der Erde im Tagesdurchschnitt 44 000 Gewitter gezählt, und ein einziges Gewitter davon hat durchschnittlich 60 Blitze. Und seit der Mensch weiß, daß ein starker Blitz eine große Stadt so lange mit Strom versorgen könnte, wie der Blitzkanal sichtbar ist, will er sich nicht damit begnügen, mit gelenkten Blitzen seine Äcker zu düngen. Sollte es nicht möglich sein, die Blitze in Akkumulatoren einzufangen und zu einer gleichmäßigen Stromabgabe zu zwingen?

Die Erforschung der Lufterlektrizität lenkte die Blicke der Meteorologen und die schweifende Sehnsucht der Flugpioniere weit über die Grenzen der Troposphäre, des Schauplatzes des Wettergeschehens, hinaus.

Lange bevor noch der erste Stratosphärenballon aufgelassen wurde, bevor das erste Stratosphärenflugzeug startete, durcheilte die geflügelte Stimme des Menschen die Stratosphäre. Getragen von den unsichtbaren Wellen des Luftozeans, schwang sie sich bis zur Ionosphäre empor.

Reserviert für den Funkverkehr



Unsichtbare Wellen

Im Garten der Kronstädter Schule für das Minenwesen prangten Busch und Baum in zartem Grün. Der alte Wächter, der die Wege harkte, blinzelte in die Aprilsonne. „Das Jahr 1895 wird man sich merken müssen“, brummelte er zufrieden. „Endlich wieder einmal richtiges Frühlingswetter!“

Der Frühling schien selbst dem Herrn Professor Popow in den Kopf gestiegen zu sein. Mit seinem Assistenten Rybkin beschäftigte er sich damit, vom Dach eines Gartenhauses aus bunte Kinderluftballons aufsteigen zu lassen. Von einem Kupferdraht gehalten, schaukelte die farbenfrohe Traube hoch über dem grauen Schulgebäude. War das vielleicht nach Professorenart? Oder wollte Popow sogar im Himmel seine komischen Klingeln anbringen, die er seit Monaten in allen Räumen der Schule, an allen Ecken und Enden der Parkanlagen erschallen ließ? Der Graukopf, der verstohlen durch die Hecken blinzelte, tappte mit seiner Vermutung durchaus nicht daneben.

Im Gespräch mit Kronstädter Matrosen, mit Studenten der Marinetechnischen Lehranstalt, an der Popow Vorlesungen gehalten hatte, und mit Vertretern der Admiralität war immer wieder die mangelnde Nachrichtenübermittlung auf See beanstandet worden. Zwar umspannten im Jahre 1890 bereits 10 Millionen km Telegrafendraht den Erdball, verbanden Unterwasserkabel die Kontinente, aber auf See bediente man sich noch der Signalmittel des Mittelalters. Die Dampfschiffe, die sich auf dem Atlantik oder dem Pazifik begegneten, verständigten sich durch Flaggenschwenken wie zur Zeit des Kolumbus. Sobald ein Schiff seine Nase seewärts richtete, war die Verbindung zum Heimathafen abgeschnitten. Die Leitungsdrähte des Drahttelegrafen und des Telefons hielten den Menschen wie an einer Leine. Wer telegrafieren oder telefonieren wollte, mußte das Gebäude aufsuchen, in dem sich der Nachrichtenübermittler befand. Und auf

See gab es nun einmal keine Telefonzellen und Telegrafämter.

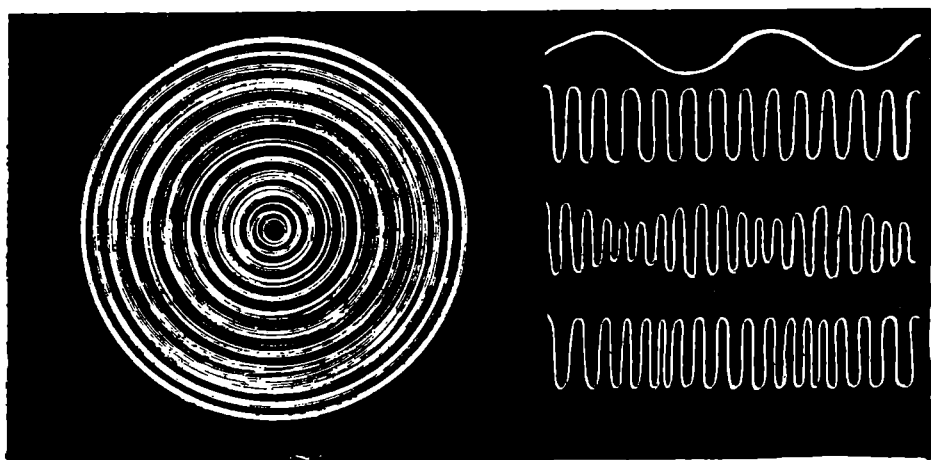
Popow konnte seine Gesprächspartner nur mit dem Hinweis trösten, daß sich im Ausland die Erfinder die Köpfe darüber zerbrachen, wie man die elektrischen Impulse ohne Draht weiterleiten könne. Einige versuchten, die Aufgaben der Telegrafenableitung den Flüssen und Kanälen zu übertragen.

Vergebens. Die Wellen des Wassers erwiesen sich als ungeeignet, die Botschaft der Menschen weiterzutragen. Der amerikanische Universalerfinder Thomas Alva Edison suchte eine andere Lösung. Er hatte zwei Metallkugeln auf hohe Masten montiert und unter Spannung gesetzt. Tatsächlich waren dabei kleine Blitze überggesprungen, so, wie der Blitz von der elektrisch geladenen Wolke auf eine elektrisch geladene Turmspitze überspringt. Auf größere Entfernungen angewendet, versagte freilich auch diese Methode. Und doch sollte die drahtlose Nachrichtenübermittlung, von der die Seeleute und der junge Popow träumten, mit einem Funken beginnen...

Drei Physikern gebührt das Verdienst, Popow zu seinen Klingelexperimenten angeregt zu haben: Tesla, Maxwell, Hertz.

Dem kroatischen Physiker Nicola Tesla ist die Feststellung zu danken, daß jeder stromdurchflossene Leiter elektromagnetische Wellen ausstrahlt. Einfach ausgedrückt: In die Luft „geworfene“ elektrische Energie gleicht einem Steinwurf ins Wasser. Sie erzeugt Schwingungen, unsichtbare Wellen, die sich im Raum nach allen Seiten ausbreiten.

Der englische Physiker James Clerk Maxwell ging noch einen Schritt über Tesla hinaus. Er stellte für die Ausbreitungsgeschwindigkeit dieser geheimnisvollen Wellen eine exakte mathematische Gleichung auf. Maxwell nahm an, daß auch das Licht eine besondere Form der elektromagnetischen Wellen sei. Folglich mußten sich die unsichtbaren Wellen mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten und fortpflanzen.



Wir wissen, daß der Lichtstrahl bedeutend schneller ist als der Schall. Der Unterschied erinnert an den Wettlauf des Hasen mit dem Igel. Die Schallgeschwindigkeit beträgt in der Luft 332 m/s, die Lichtgeschwindigkeit beträgt etwa 300 000 km/s. Bevor wir das Wort „Sekunde“ nur einmal ausgesprochen haben, kann das Licht einen Weg zurücklegen, der siebeneinhalbmal um den Erdball läuft. Nicht viel länger benötigt er für die Reise von der Erde zum Mond.

Heinrich Hertz war es mit Hilfe eines Funkeninduktors, einer Art Elektrisiermaschine, erstmalig gelungen, „elektrische Strahlen“ nachzuweisen. Die von ihm erzeugten Funken waren so winzig, daß man sie kaum durch ein Vergrößerungsglas zu erkennen vermochte. Der Forscher dachte lange darüber nach, welche Eigenschaften diese Strahlen hatten, welche ihrer Wirkungen man sichtbar machen konnte, um durch das Studium der Wirkungen auf die Erscheinung selbst zu schließen.

Die Saiten der Musikinstrumente vermittelten Hertz neue interessante Anregungen. Normalerweise ist ein Klavier zum Klavierspielen da. Ruft man aber in ein geöffnetes Klavier hinein, geraten die auf denselben Ton abgestimmten Saiten ins Schwingen. Der Physikprofessor vermutete, daß es bei elektromagneti-

schen Wellen ebenfalls eine „Resonanz“ gab, wie bei Schallwellen, und versuchte, diese Erscheinung aus dem Reich der Töne auf das Gebiet der Elektrizität zu übertragen. Er bog einen Kupferdraht, an dessen Enden kleine Metallkugeln befestigt waren, so zu einem Kreis zusammen, daß zwischen den Kugeln ein freier Raum blieb. Diese einfache Apparatur, Resonator genannt, bildete sozusagen den „Empfänger“. Den „Sender“ bildete der Funkeninduktor, dessen Kugelabstand Hertz auf denselben „Ton“, auf dieselbe „Wellenlänge“ wie die des „Empfängers“, einstellte.

Das Experiment glückte. Zwei Fünkchen von der Länge eines hundertstel Millimeters, die gleichzeitig zwischen den Kugeln des Funkeninduktors und den Kugeln des Resonators übersprangen, zeugten für das Vorhandensein von elektromagnetischen Wellen. Hertz, der sein anspruchsloses Gerät „elektrisches Auge“ nannte, ahnte nicht, daß sich fünfzig Jahre später sein Name auf allen Radioskalen der Welt finden würde. Denn das Kurzzeichen Hz (Hertz) ist die Maßeinheit der Frequenz; $1 \text{ Hz} = 1$ Schwingung je Sekunde.

Befragt, welche praktische Bedeutung er dem „elektrischen Auge“ zumesse, antwortete Hertz: „Gar keine!“ Schließlich betrug die größte Reichweite seiner verbesserten Apparate kaum drei Meter. Bevor man daran denken konnte, die elektromagnetischen Wellen als Signalisierungsmittel zu benutzen, mußten die Apparate von Grund auf verbessert, mußte ihre Leistungsfähigkeit erheblich verstärkt werden. Und ebendas war das Problem, das Alexander Stepanowitsch Popow zu lösen versuchte.

Um die Signalzeichen sichtbar zu machen, leitete Popow die elektromagnetischen Wellen durch eine mit Eisenpulver gefüllte Röhre. Damit erfand er jenes wichtige elektrische Bauelement, das wir unter der Bezeichnung „Kathodenröhre“ kennen. Um die Signalzeichen zum Ertönen zu bringen, war Popow auf die Idee mit der Klingel gekommen. Aber die durch die Röhre

geschickten elektromagnetischen Wellen erwiesen sich als viel zu schwach, um einen Klingelklöppel zu bewegen. Erst nachdem der Apparat einen Elektromagneten als Verstärker erhalten hatte, geriet der Klöppel in Bewegung.

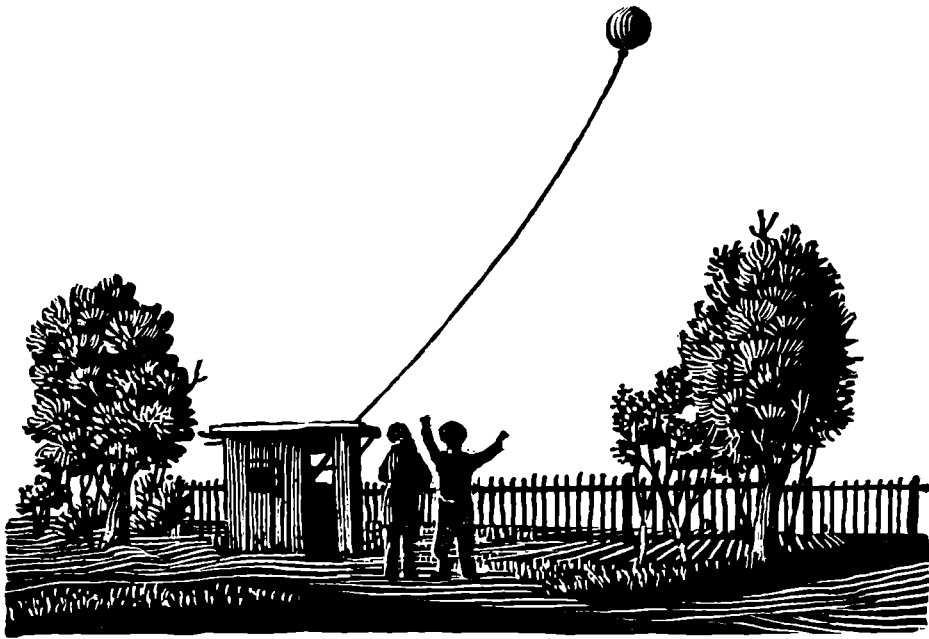
Meter um Meter hatten Popow und sein Gehilfe Rybkin den Abstand zwischen „Sender“ und „Empfänger“ vergrößert, bis er eines Tages vom Physikalischen Kabinett bis hinaus in den Garten reichte. Dabei waren neue, nicht vorhergesehene und kaum erklärbare Schwierigkeiten aufgetaucht. Sobald Rybkin den Empfänger unter einem Laubbaum oder hinter einem Gebüsch aufstellte, war der Empfang gestört. Es konnte nicht anders sein: Die unsichtbaren Wellen wurden durch das dichte Blattwerk abgelenkt oder verschluckt.

Zuerst hatte Popow versucht, mit einem in die Baumkrone geworfenen Kupferdraht die Wellen „herauszufischen“. Dann hatte er einen langen Kupferstab am Empfänger befestigt.

Damit war die Antenne erfunden, ohne die keine Rundfunkstation arbeiten kann, kein Rundfunkempfänger funktioniert.

Eine solche Antenne bildete auch der Kupferdraht, den die bunte Traube der Luftballons an jenem Frühlingstag des Jahres 1895 in die Lüfte trug. Das lose Drahtende hatte Popow mit dem Empfänger verbunden, der neben ihm auf dem Dach des Gartenhauses stand.

Benjamin Franklin, der mit seinem Drachen ähnliche Versuche unternommen hatte, wollte die elektrischen Erscheinungen des Blitzes ergründen. Popow ging es um mehr. Er war überzeugt davon, daß der Blitz ebensolche elektromagnetischen Wellen ausstrahlte, wie er sie mit seinem „Sender“ erzeugte. Und wenn das zutraf, mußte es auch möglich sein, Signale aus der Atmosphäre mit einem Empfangsgerät aufzufangen. Gespannt schaltete Popow die Klingel ein. Minutenlanges Schweigen. Dann zuckte der Klöppel ein wenig, ließ sich ein träges Läuten vernehmen. Dabei blieb es für diesen Tag.



Als Popow den Versuch wenige Tage später wiederholte, schrillte die Klingel plötzlich Alarm.

„Was ist geschehen?“ fragte Rybkin und blickte in Richtung der Luftballons. Der Himmel über Kronstadt war zwar bewölkt, aber von einem Gewitter konnte keine Rede sein.

„Ich bin überzeugt davon, Rybkin, daß es sich um eine elektrische Entladung in der Atmosphäre handelt!“ sagte Popow.

„Vielleicht kann uns die Meteorologische Station in Petersburg das Rätsel erklären!“ Die Petersburger „Wettermacher“ bestätigten auf Anfrage, daß zur angegebenen Zeit die ersten Frühjahrsgewitter in der Umgebung der Zarenstadt niedergegangen waren. Über eine Entfernung von 30 km hatte Popows Gerät die Signale aus der Atmosphäre aufgefangen und durch Klingeln angezeigt.

Popow glaubte nunmehr zu wissen, wozu sein Gerät nützlich sein konnte. Er nannte es „Gewittermelder“ und führte diesen schon wenige Tage später, am 7. Mai 1895, seinen Petersburger Kollegen vor. Die Herren Universitätsprofessoren lächelten über

die Klingelmaschine. Der Sekretär kritzelte gelangweilt das Protokoll. Zum Schluß gab es mäßigen Beifall. Neue Erkenntnisse oder gar technische Umwälzungen erwartete niemand von der primitiven Apparatur. Die Meteorologen sollten sie getrost in ihre Obhut nehmen.

Die Geburtsstunde des Radios

Professor Popow und sein Assistent Rybkin waren weder geneigt, ihr halbfertiges Gerät aus den Händen zu geben, noch dachten sie daran, es in die Ecke zu stellen. Sie waren fest entschlossen, es so zu verbessern, daß selbst die verbohrtesten Schreibtischgelehrten seine Nützlichkeit erkennen würden.

„Also fort mit der Klingel“, beschloß Professor Popow. „Versuchen wir unseren Apparat mit einem Schreibtelegrafen zu verbinden!“

Die beiden Männer machten sich mit Begeisterung und Hingabe an die Arbeit, sie veränderten den Sender, verbesserten den Empfänger.

Im März 1896 konnten sie mit dem neuen Gerät, das die drahtlos übermittelten Signale als Punkte und Striche auf einem Papierstreifen festhielt, endlich vor die Öffentlichkeit treten.

Die Vorführung fand wiederum in Petersburg statt. Während sich Popow mit dem Empfänger im physikalischen Hörsaal der Universität aufstellte, postierte sich Rybkin mit dem Sender in einem 250 m entfernten Nebengebäude. Einige jüngere Dozenten erhielten den Auftrag, genauestens zu überprüfen, daß zwischen den beiden Apparaten keine Drahtverbindung bestand. Dem Vorsitzenden der Physikalischen Gesellschaft, einem weißhaarigen Gelehrten, drückte Popow ein Stück Kreide in die Hand. Mit höflichen Worten bat er ihn, alle Zeichen, die der Empfänger aufnehmen würde, an die Wandtafel zu schreiben.

Der Vorsitzende lächelte nachsichtig. Gleich ihm glaubten die meisten Anwesenden an einen Scherz. Da begann sich das Papierband zu bewegen.

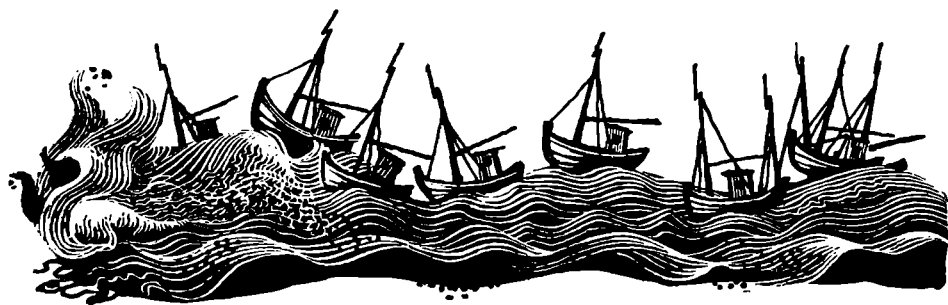
„Bitte, schreiben Sie!“ sagte Popow. Der greise Gelehrte rückte seinen Kneifer zurecht und bedeckte die schwarze Tafel mit steilen weißen Buchstaben. Ein Raunen ging durch den Saal.

Die Professoren und Dozenten buchstabierten gleich Abschlüssen: „Heinrich Hertz“. Zum erstenmal hatten die elektromagnetischen Wellen eine von Menschen gegebene Botschaft durch die Luft getragen. Der Traum der Piloten und Seeleute, die drahtlose Telegrafie, war seiner Verwirklichung einen Riesenschritt näher gerückt.

Popow setzte seine Experimente in zwei Richtungen fort. Er versuchte, zwischen dem Festland und auf See befindlichen Schiffen Funkverbindungen herzustellen und die elektromagnetischen Schwingungen in Schallwellen zu verwandeln, das heißt die Radiosignale akustisch hörbar zu machen. Dabei leisteten ihm die weitverbreiteten Telefonapparate mit ihren eingebauten Mikrofonen gute Dienste.

Im Winter 1900 bestand der Funkverkehr seine erste Bewährungsprobe. Von zwei selbsterrichteten Küstenstationen aus lenkten Popow und Rybkin die Arbeiten zur Wiederflottmachung eines gestrandeten Panzerschiffes. Auf eine Entfernung von rund 40 km wurden innerhalb kurzer Zeit 400 Funksprüche gewechselt. In diesem Winter ertönte auch das erste Funknotsignal. Als Popow mitgeteilt wurde, daß an der Küste 27 Fischer auf einer Eisscholle ins Meer getrieben worden seien, rief er ohne Zögern den Eisbrecher „Jermak“ zu Hilfe. Die Rettungsaktion gelang. Damit hatte der verbesserte Nachkomme des „Gewittermelders“ bewiesen, wozu er nützlich sein konnte.

Das Seenotzeichen CQD – „Come quick, danger!“ – „Kommt schnell, Gefahr!“ – wurde zu einer der ersten international vereinbarten Abkürzungen im Funkverkehr, zum Vorboten des

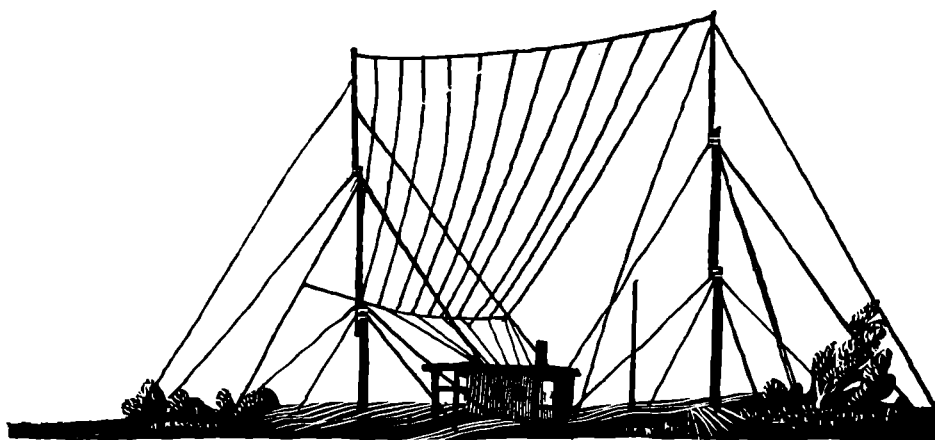


1912 eingeführten SOS-Rufes, der Abkürzung für „Save our souls!“ – „Rettet unsere Seelen!“

Trotz seiner Erfolge fehlte es Popow an Geschäftssinn, um sich mit seiner Erfindung die Taschen zu füllen. Das verlockende Angebot einer englischen Telegrafengesellschaft, die Auswertung seiner Erfindung den Engländern zu überlassen, warf er in den Papierkorb.

Anders der in England lebende Italiener Guglielmo Marconi, der 1897, also ein Jahr nach Popow, einen Funkensender entwickelte. Gestützt auf seine noch druckfeuchte Patentschrift, gründete Marconi eine Kapitalgesellschaft, die den Funkverkehr sogleich zu monopolisieren versuchte.

Wer immer in der westlichen Welt drahtlos telegrafieren wollte, konnte es nur nach dem „System Marconi“. Schiffe, die



mit Schiffsfunkanlagen nach dem Marconisystem ausgerüstet waren, durften im Notfall nur solchen Schiffen helfen, die ihren SOS-Ruf ebenfalls mit einer Marconi-Anlage ausgestrahlt hatten. Andernfalls blieben die Schiffbrüchigen gnadenlos ihrem Schicksal überlassen. Diese unhaltbaren Zustände änderten sich erst, als 1906 in Deutschland die von der Marconi-Gesellschaft unabhängigen Funkstationen Norddeich-Radio und Nauen eingerichtet wurden.

Durch Einführung der Erdung und der sogenannten „tönen-den Funken“, durch Verbesserung der Röhren und Verstärker, der Mikrophone und Antennen, durch Erfindung der Abstimm-spule und der Rückkopplung erhielten die Funkgeräte immer größere Vollkommenheit. Die Postanstalten in aller Welt eröffneten den drahtlosen Telegrafen- und Telefonverkehr. Die blauen Straßen der Ozeane verloren ihre Trostlosigkeit. Von nun an konnten die Wetterwarten auch die auf See befindlichen Schiffe mit Wetterberichten versorgen. Im Austausch dafür erhielten sie von allen Weltmeeren wichtige Meldungen über die Wetterlage und Wetterveränderungen. Und auch die Zeitungen profitierten von dem neuen Nachrichtenmittel.

Alexander Stepanowitsch Popow konnte den Siegeszug seiner Erfindung nicht mehr miterleben. Er erlag im Jahre 1906 einem Gehirnschlag. Am 7. November 1917, zwanzig Jahre nach Popows Experimentalvorträgen in Petersburg, dröhnten durch die Zarenstadt die Schüsse des Panzerkreuzers „Aurora“. Unter der Führung Lenins stürzten die Bolschewiki die verräterische Krenskiregierung, errichteten rote Matrosen die Macht der Arbeiter und Bauern. Die Funkstation der „Aurora“ schickte Lenins Botschaft an die Völker der Erde in den Äther: „An alle! Wir fordern Frieden!“

Mit dem Beginn eines neuen Kapitels der Menschheitsgeschichte wurde das Tor zum Zeitalter des Rundfunks aufgestoßen.

Himmliche Störsender

In der Frühzeit des Rundfunks, als unsere Großväter noch mit Kopfhörern vor ihren primitiven, meist selbstgebastelten „Ein-kreis“-Empfängern saßen, arbeiteten die Rundfunksender hauptsächlich mit Langwellen. Die Langwellen, die eine Wellenlänge von 10 km bis 1 km haben, lassen sich mit den langgezogenen Meereswellen bei Windstille vergleichen. Ihre Frequenz, die Zahl der Schwingungen, ist entsprechend niedrig.

Von einem störungsfreien Empfang konnte keine Rede sein. Das Radio reagierte nach wie vor auf die kleinste atmosphärische Störung. Selbst im Laufe der Tages- und Jahreszeiten veränderte sich die Empfangsqualität. Der Übergang vom Langwellen- zum Mittelwellenbereich mit einer Wellenlänge von 571,4 bis 186,9 m, brachte zwar eine geringfügige Verbesserung der Empfangsqualität mit sich, dafür störten die Sender sich gegenseitig. „Wellensalat“ ist ein passendes Wort dafür. Auch wenn wir eine Handvoll Steine gleichzeitig ins Wasser werfen, überlagern und vermischen sich die einzelnen Wellenzüge.

Abhilfe schaffen hieß ein Versäumnis nachholen. Noch war die Ausbreitungstheorie der Funkwellen ungeklärt und umstritten.

Popow, der mit seinen ballongetragenen Antennen nicht über Kirchturmhöhe hinausgekommen war, hatte vermutet, daß sich die elektromagnetischen Wellen nur in Bodennähe ausbreiten würden. Der Umstand, daß sich die Bodenbeschaffenheit auf die Empfangsqualität auswirkt, schien diese Vermutung zu bestätigen. Dagegen stand die Tatsache, daß Rundfunksendungen auch in Gebieten empfangen werden können, die weit außerhalb der Reichweite der Bodenwellen liegen.

Ohne Zweifel mußte es für die Funkwellen zwei Ausbreitungsmöglichkeiten geben. Wo und wie konnten sich die unsichtbaren Wellen weiter und schneller, eben mit Lichtgeschwindigkeit, ausbreiten als in der Luft?

Eine Erklärung dafür war bald gefunden. Noch zu Lebzeiten Popows hatte der englische Physiker und Elektroingenieur Oliver Heaviside erklärt: Schneller als ein gasgefüllter Ballon durchheilen die Raumwellen die Atmosphäre und schwingen sich durch ihre einzelnen Stockwerke empor, bis sie irgendwo, in etwa 100 km Höhe, auf einen unsichtbaren Widerstand stoßen. Unter einem solchen Widerstand dachte sich der Engländer eine elektrisch leitende Schicht. Von ihr würden die Raumwellen wie ein scharf geschlagener Tennisball von einer Mauer abprallen und auf die Erde zurückgeworfen werden.

Von nun an begann sich der Mensch, der mit seinen Luftfahrzeugen noch nicht einmal in die zweite Etage der Atmosphäre eingedrungen war, experimentell mit ihren nächsthöheren Stockwerken zu beschäftigen. Durch Funkbeobachtung und Echolotung fand die kühne Hypothese des englischen Ingenieurs ihre Bestätigung. Die Ionosphäre, das vierte Stockwerk der Atmosphäre, erstreckt sich demnach zwischen 60 km und 400 km Höhe. Sie besteht aus mehreren Schichten, in denen eine von der Sonne ausgehende Strahlung ihre Fangnetze ausgespannt hat.

Tagsüber, wenn unsere Erdseite der Sonne zugewendet ist, werden die von den Rundfunksendern ausgestrahlten, in die Ionosphäre eindringenden Lang- und Mittelwellen einfach „aufgeschluckt“. Wir empfangen dann das Rundfunkprogramm dieser Sender nur durch die Bodenwellen. Umgekehrt verhält es sich mit den Kurzwellen, deren Länge etwa ein Zehntel der Mittelwellen, ihre Frequenz jedoch viele Tausende Schwingungen in der Sekunde beträgt. Ihre Bodenwellen gelangen nicht weit über den Sender hinaus, ihre Raumwellen aber werden von den Schichten der Ionosphäre zurückgeworfen. Wir erinnern uns an das Bild mit dem Tennisball. Der Rundfunktechniker sagt: Die Kurzwellen werden von der Ionosphäre reflektiert. Eine Kurzwellensendung von Radio Moskau oder Radio Budapest kommt also auf dem Umweg über die Ionosphäre zu uns ins Haus.

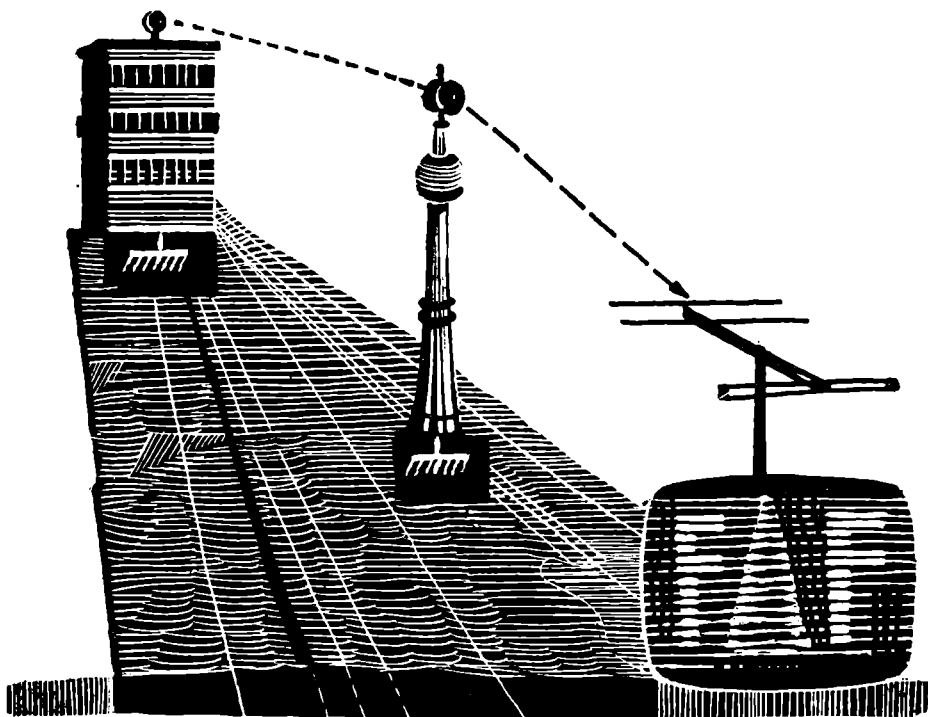
Unter günstigen Bedingungen können die ausgestrahlten Kurzwellen sogar mehrmals zwischen der Erdoberfläche und der Ionosphäre reflektiert werden. In einem solchen Fall wandern sie in einer gigantischen Zickzacklinie rund um den Erdball.

Aber auch die Kurzwellen, die ruhelosen Wanderer durch den Äther, sind keine Alleskönner. Ein besonders heftiger Ausbruch von energiereichen Strahlen auf der Sonne genügt, um den gesamten Kurzwellen-Funkverkehr auf der Erde durcheinander oder zum Erliegen zu bringen. Die dadurch ausgelösten „Ionosphärenstürme“ können so stark sein, daß sogar auf der Erde magnetische Stürme ausgelöst werden. Dann beginnt ein wilder Tanz der Magnetnadeln in den Nordweisern der Schiffe und der Flugzeuge. Eine Erscheinung, die schon Alexander von Humboldt und Karl Friedrich Gauß zu klären versuchten.

In den Polargebieten der Erde, der Arktis und der Antarktis, kann man zur gleichen Zeit starke Polarlichterscheinungen beobachten, deren Schauplatz ebenfalls die Ionosphäre ist. Die von der Sonne ausgehenden energiereichen Strahlen bringen bei dieser Erscheinung die in der Ionosphäre enthaltenen Stickstoff- und Sauerstoffgasteilchen zum Leuchten. Damit hat ein weiteres Naturphänomen seine Erklärung gefunden. Es handelt sich bei den Polarlichtern nicht um „himmlische Wunder und Zeichen“, nicht um glitzernde Eisnadeln, wie mancher aus der alten Garde der Polstürmer glaubte, sondern um exakt erklärbare physikalische Vorgänge in der Hochatmosphäre.

Kehren wir aus der Vergangenheit in die Gegenwart zurück. Wenden wir uns wieder den Menschen zu, die nach neuen Wegen zu einem störungsfreien Rundfunkempfang suchten. Ihr Augenmerk konzentrierte sich auf die Ultrakurzwellen.

Vergleicht man die Langwellen mit langgezogenen Meereswellen, so gleicht die Ausbreitung der Ultrakurzwellen dem Wellenkräuseln. Ihre Reichweite ist demzufolge sehr gering. Doch gerade darin besteht ihr Vorteil.



Die geringe Reichweite der UKW-Sender macht den gefürchteten und unliebsamen „Wellensalat“ unmöglich. Weit voneinander entfernt aufgestellte Sender, sagen wir ein UKW-Sender in Berlin, ein UKW-Sender in Prag und ein UKW-Sender in Moskau, können ihre Sendungen sogar auf derselben Wellenlänge, derselben Frequenz, ausstrahlen. Im Gegensatz zu den anderen Wellen werden die UKW-Raumwellen von den Schichten der Ionosphäre weder geschluckt noch reflektiert, sie stoßen durch sie hindurch. Die Störimpulse aus der Atmosphäre, die ihre Ursache in der Gewittertätigkeit und den stillen Entladungen haben, können die Ultrakurzwellen nicht beeinflussen. UKW-Sendungen ermöglichen deshalb einen nahezu störungsfreien und annähernd naturgetreuen Rundfunkempfang.

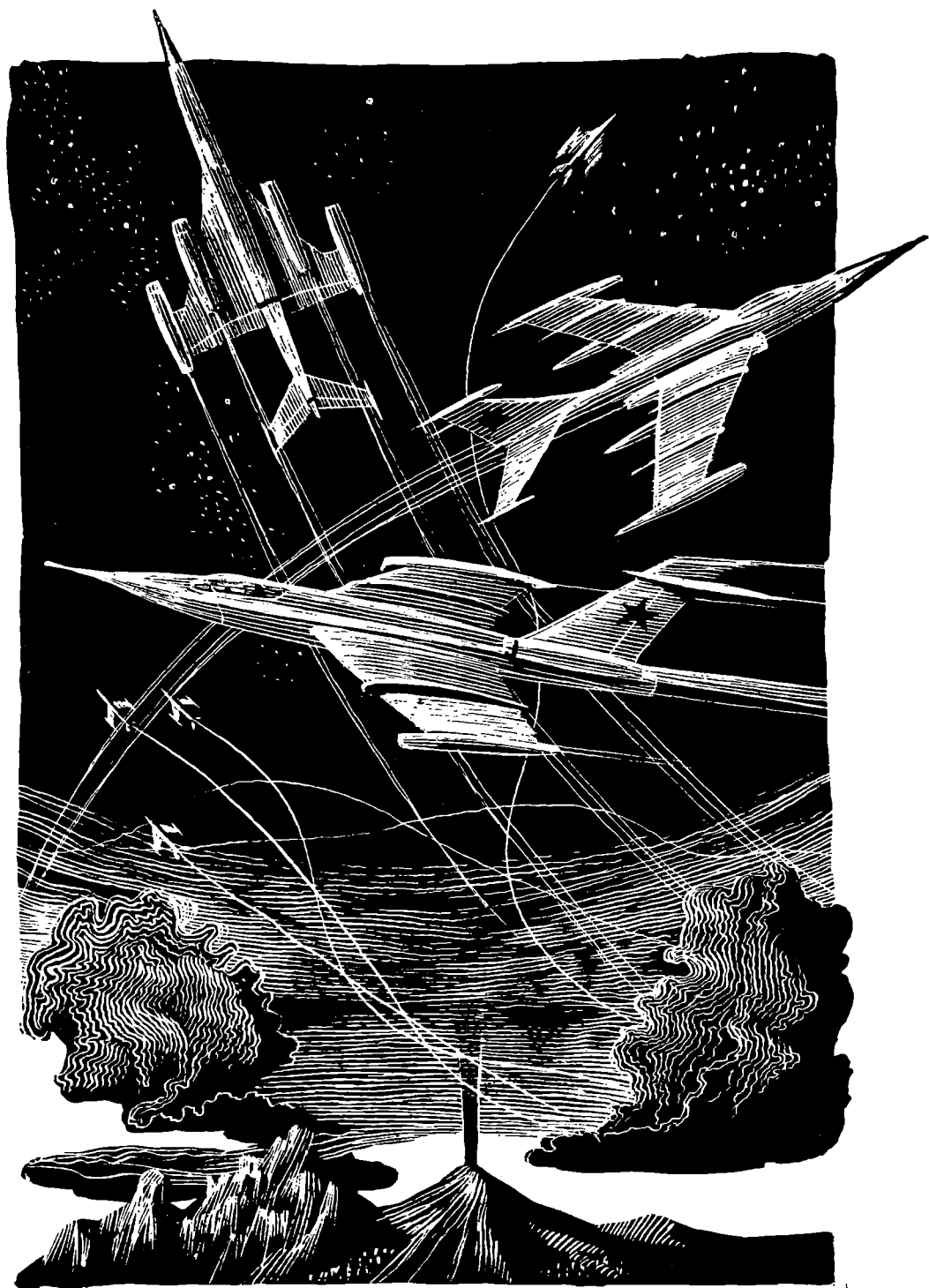
Greifen wir dem historischen Ablauf, der technischen Entwicklung getrost voraus: Ultrakurzwellen mit ihrer breiten Frequenz dienen auch zur Übertragung von Fernsehsendungen. In Sekun-

denschnelle transportieren sie die unsichtbaren Bildpunkte durch die Luft, die sich auf der Bildröhre des Fernsehgerätes in bewegtes Leben umwandeln.

Welch kompliziertes Gerät der Fernsehempfänger ist, wird in vielen Büchern dargestellt. In einer einzigen Sekunde huschen nicht weniger als 25 Bilder über die Mattscheibe. Jedes einzelne dieser Bilder besteht aus 625 Zeilen, jede Zeile enthält 833 Bildpunkte verschiedener Helligkeit. Eine einfache, aber eindrucksvolle Rechnung: $625 \times 833 = 520\,625$ Punkte je Bild, das sind 13 Millionen Bildpunkte pro Sekunde. Die Größe der Bildröhre, ein luftleerer Hohlkörper, ist für die Punktzahl ohne Bedeutung.

Auf den zuerst von Heinrich Hertz entdeckten unsichtbaren Wellen kommt die Welt zu uns ins Haus. Wir drehen an den Knöpfen des Empfängers, und wie durch Zauberhand öffnet sich vor uns der Vorhang der Staatsoper, breitet sich vor uns das weite Rund eines Stadions, begleitet uns die freundliche Stimme des Sprechers durch Industriebetriebe, Forschungsinstitute oder Ausstellungen, werden wir zu Augenzeugen der Maiparade auf dem Roten Platz in Moskau und grüßen uns Kosmonauten von ihrem Flug durch das Weltall.

Vorstoß in die Stratosphäre



Gefangene der Luft

Im Morgengrauen des 27. Mai 1931 herrschte auf dem Werkgelände der Augsburger Ballonfabrik Riedinger Hochbetrieb. Von Scheinwerfern angestrahlt, von derben Männerfäusten gehalten, blähte sich mitten auf dem Platz die gasgefüllte Hülle eines großen Luftballons. Eine mattschimmernde Aluminiumkugel bildete die Gondel. Durch ihre kreisrunde Einstiegluke zwängten sich zwei Männer: Professor Dr. Piccard und sein Begleiter, Ingenieur Kipfer.

Seit Jahr und Tag berichteten die Zeitungen darüber, daß es sich der aus der Schweiz gebürtige und in Belgien lebende Gelehrte Piccard in den Kopf gesetzt hatte, mit dem altmodischen Luftballon in die Stratosphäre vorzustößen. Er ging dabei von der Überlegung aus, daß der Luftballon dem Flugzeug auch bei der Erschließung der Troposphäre vorausgeeilt war.

Erreichten die unbemannten Ballone, die Entdecker der Stratosphäre, nicht schon bis zu 34 000 m Höhe? Damit ließen sie ihre Rivalen, die Flugzeuge, weit, weit unter sich. Was den bemannten Ballonflug anbelangte, so galt noch der dreißig Jahre alte Höhenrekord vom Jahre 1901. Die zwischen der Troposphäre und der Ionosphäre gelegenen Schichten der Lufthülle der Erde glichen nach wie vor unerforschtem Gebiet.

Zwar war im Jahre 1927 der Engländer Gray in einem offenen Ballonkorb bis in 12 945 m Höhe aufgestiegen, aber er hatte seinen Rekord mit dem Leben bezahlen müssen. Ohne Zweifel war Gray, dem keine Sauerstoffgeräte zur Verfügung gestanden hatten, erstickt.

Piccard aber wollte noch höher hinauf.

„Belgischer Professor will auf 16 000 m Höhe steigen!“ – „Todesfahrt in die Stratosphäre!“ – „Luftballon als Höhenlaboratorium!“ So etwa hatten die Schlagzeilen der Zeitungen am Vortag des Aufstiegs gelautet. Die hermetisch abgeschlossene

Spezialgondel und ihre Einrichtung stellten wahrhaftig ein technisches Spitzenerzeugnis, ein fliegendes Laboratorium dar.

Eine Vielzahl von Apparaturen sorgte dafür, die Luft ständig zu erneuern und zu entgiften, den Luftdruck zu regulieren und damit dem menschlichen Organismus künstlich die Lebensbedingungen zu schaffen, an die er durch das Erdenleben gewöhnt ist.

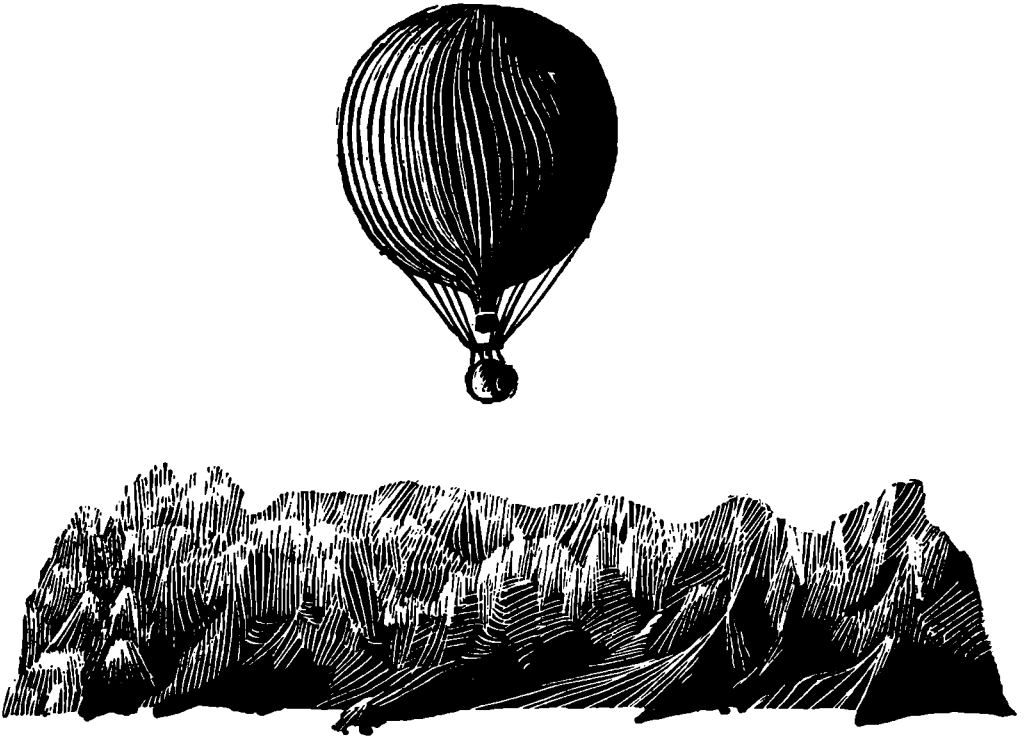
Die Aluminiumwandung der Gondel sollte ihre Insassen vor den sogenannten Höhenstrahlen schützen, mit deren Erforschung sich eben damals die Wissenschaft beschäftigte. Dabei rechnete man mit einer Fahrtdauer von etwa sechs bis acht Stunden. Bis spätestens gegen Mittag wollten Piccard und sein Begleiter auf die Erde zurückgekehrt sein.

Kaum waren die Verschußdeckel der Gondel geschlossen, entriß eine Sturmbö den Ballon den Händen der Haltemannschaften.

Er schoß wie eine emporgeschleuderte Kugel in die Höhe und entwand in den Wolken. In der kurzen Zeit von 30 Minuten erreichte der Ballon eine Höhe von 15 000 m. Bevor noch die Haltemannschaften, das Bodenpersonal und die Zuschauer begriffen, was eigentlich geschehen war, hatte der Stratosphärenballon bereits den Raum des Wettergeschehens durchquert und alle bisherigen Rekorde eingestellt.

Die beiden Höhenstürmer konnten sich nicht einmal zu ihrem Erfolg gratulieren, die Bedienung und Kontrolle der Instrumente und Apparate erforderte ihre ungeteilte Aufmerksamkeit. Sie fanden auch keine Gelegenheit, den Übergang von der Troposphäre zur Stratosphäre genauer zu untersuchen.

Infolge der schnellen Abkühlung schlug sich die Luftfeuchtigkeit als Reif an der Kabinenwand nieder. Da die Innentemperatur zunächst nur wenige Grad über Null betrug, trat ein merkwürdiger physikalischer Vorgang ein. Der Reif löste sich in großen Flocken von den Wänden, und in der Gondel begann es zu schneien. Die Versorgung mit Preßsauerstoff funktionierte



ausgezeichnet. Und sollte einer der Apparate versagen, so hielt Piccard mehrere Flaschen mit flüssigem Sauerstoff bereit.

Kurz vor 8.00 Uhr stand der Stratosphärenballon in einer Höhe von 15 781 m. Infolge der Luftverdünnung nahm der Auftrieb, eines der Hauptmerkmale für den Charakter der Troposphäre, merklich ab. Die Außentemperatur betrug -50°C .

Damit fanden die Meßergebnisse der Registrierballone, die für die Stratosphäre eine nahezu gleichbleibende Temperatur von etwa -50°C bis -70°C ermittelt hatten, Bestätigung. Da die Gondel der direkten Sonnenbestrahlung ausgesetzt war, kletterte das Innenthermometer bis auf $+40^{\circ}\text{C}$ in die Höhe.

Ein Blick in die Tiefe gab Auskunft über den Kurs. Der Wind hatte den Ballon von Augsburg aus südwärts getrieben. Er näherte sich den Alpen. Piccard, der bei der Backofenhitze ins Schwitzen geraten war, runzelte die Stirn. Er konnte sich einen idealeren Landeplatz vorstellen als ein Hochgebirge.

„Wir dürfen keine Zeit verlieren“, sagte er zu Ingenieur Kipfer. „Leiten wir das Landemanöver ein!“

Piccard griff nach der Ventilleine und zog daran, um Gas abzulassen. Die Leine rührte sich nicht. „Versuchen Sie es, Kipfer!“

Kipfer versuchte es. Aber auch er hatte kein Glück. „Die Leine ist abgerissen“, sagte er tonlos.

Resigniert schrieb Piccard in das Bordtagebuch: „10 Uhr 10: Man kann die Ventilleine nicht ziehen. Rad dreht ohne Wirkung. Wir haben das abgerissene Ende gesehen. Wir sind Gefangene der Luft. Verurteilt zu warten, bis wir herunterkommen.“

Die beiden Stratosphärenfahrer wußten: Bis zum Entweichen des Gases aus der Ballonhülle konnten Stunden vergehen. Waren sie dazu bestimmt, das Schicksal Grays zu teilen? Wie lange würde der Sauerstoff reichen? Würde die hermetisch abgeschlossene Kugelgondel trotz der Mehrbeanspruchung dicht halten? Wie sollten sie sich verhalten, wenn sich außer der gerissenen Ventilleine noch andere Schwierigkeiten einstellten? Es wurde Mittag. Von der Erde aus würde man jetzt den Himmel nach dem Ballon absuchen, der zu dieser Stunde landen sollte. Es wurde Nachmittag. Die Ballonhülle zeigte keinerlei Schrumpferscheinungen. Stundenlang schwebte der Ballon in gleichbleibender Höhe dahin. Nur ein Zeiger zeigte eine fallende Tendenz: Die Sauerstoffvorräte gingen zur Neige. Wenn wir nicht vor Einbruch der Dunkelheit die Landung hinter uns bringen, droht unserer Fahrt ein schlimmes Ende, dachte Piccard. Ohne sich seine innere Erregung anmerken zu lassen, half er Kipfer beim Ablesen der Instrumente. Zusammengekrümmt hockten die beiden Männer zwischen Kabeln, Schlauchleitungen und Apparaten. Schweigend starrten sie durch die kleinen Bullaugen zum Himmel, zur Erde.

Die Spitzen und Grate der Berggipfel erschienen wie mit Blut übergossen. Alpenglühn nennen die Maler die Stunde des

Sonnenuntergangs. Endlich begann sich der Ballon abzukühlen. Aber auch in der Gondel wurde es empfindlich kalt. Der Mond stieg auf. Unvermittelt war es ringsum Nacht.

„Wir sinken!“ rief Piccard. Auf dem Trommelfell lastete ein dumpfer Druck.

„Wir sinken!“ wiederholte Kipfer und starrte angestrengt in die Tiefe. In 4 500 m Höhe öffneten sie die Luken und ließen Frischluft einströmen. Die Hauptgefahr, die des Erstickungstodes, war damit gebannt. Nun hieß es, sich auf die Landung vorzubereiten. Die beiden Piloten gürteten die Fallschirme um, legten die Schleppseile zum Auswerfen bereit und prüften die Reißleine. Die Reißleine ist sozusagen die Notbremse des Luftballons. Ein kräftiger Ruck genügt, um die Ballonhülle zu öffnen und das gesamte Gas entweichen zu lassen. Deshalb darf sie erst in der letzten Phase der Landung, wenn die Gondel bereits den Boden berührt, gezogen werden. Noch aber war es nicht soweit.

Mit einer Sinkgeschwindigkeit von 3 m/s näherte sich der Stratosphärenballon gegen 21.00 Uhr der Erde. Unter der Gondel tauchte ein Gletscher auf. Schwarze Risse deuteten die Gletscherspalten an. Ringsum schroff aufragende Felswände. „Wir müssen auf alles gefaßt sein“, sagte Piccard. Im gleichen Augenblick zog er die Reißleine. Die Aluminiumgondel polterte dumpf über das Eis, sprang nochmals hoch, wirbelte Instrumente und Piloten durcheinander und blieb liegen. Hastig zwängten sich Piccard und Kipfer durch die Luke. Die Erde hatte sie wieder, wenn auch der Boden unter ihren Füßen weder fest noch sicher war.

Im Laufe des nächsten Tages wurde die Ballonhülle von einem Suchflugzeug gesichtet. Rettungsmannschaften begaben sich auf den Weg. Die Telegrafen begannen zu spielen: „Vorstoß in die Stratosphäre geglückt! Professor Piccard und sein Begleiter nach 17 Stunden und 4 Minuten Fahrt auf einem Gletscher im Ötztal wohlbehalten gelandet!“

Zur Vervollständigung seines wertvollen Beobachtungsmaterials wiederholte Piccard 15 Monate später den Aufstieg in die Stratosphäre von Zürich aus. Dabei erreichte er mit 16 201 m eine neue Rekordhöhe. Ein wissenschaftliches Observatorium, das den Ballon mit Theodoliten anvisiert hatte, errechnete sogar eine Höhe von 16 940 m.

Die 17 000-Meter-Marke lockte. Die wissenschaftliche Erforschung der Stratosphäre wurde eine Art Wettlauf unter dem Motto: „Höher hinauf“.

Jagd nach der „Eiszapfenkrone“

Ende September 1933 verlautete aus Moskau, daß sowjetische Wissenschaftler mit dem Spezialballon „CCCP“ bis auf 17 200 m emporgestiegen seien. In Amerika horchte man auf; man war erbst. Damals schon benahm man sich so, als sei die Luftfahrtforschung nach den Erfolgen der Gebrüder Wright und den Langstreckenflügen von Lindbergh und Byrd ausschließlich ein amerikanisches Vorrecht. Zwei Monate später trugen sich die Amerikaner Settle und Fordney mit einem Stratosphärenaufstieg von 18 665 m in die Rekordtabelle ein.

Die nächste Rekordmeldung kam wiederum aus Moskau. Im Januar 1934 waren die Ballonfahrer Fedossejenko, Wassenko und Ussyskin mit dem Stratosphärenballon „Ossoaviachim-1“ bis auf 24 990 m emporgestiegen und hatten damit die Stratosphäre reichlich zur Hälfte durchquert. Der Vorstoß des Menschen in diese Region war von besonderer Bedeutung, seitdem man durch Luftproben wußte, daß die Schicht zwischen 20 und 25 km Höhe mit einer besonderen Form des Sauerstoffs angereichert ist.

Das chemische Zeichen O_2 besagt, daß Sauerstoff aus zwei Atomen besteht. Durch elektrische Entladungen oder die Einwirkung

der ultravioletten Strahlen der Sonne bildet sich die dreiatomige Form des Sauerstoffs, das Ozon mit dem Zeichen O_3 . Durch seinen eigenartigen Geruch beim Arbeiten mit der Elektrysiermaschine entdeckt, ist Ozon selbst bei 500 000facher Verdünnung noch wahrnehmbar. Insgesamt macht der Ozongehalt der Luft kaum ein millionstel Prozent aus. Ozon besitzt ein großes Wärmespeichervermögen. Deshalb ist die Ozonschicht von großem Einfluß auf den Wärmehaushalt der Atmosphäre und damit auch für das Bodenwettergeschehen.

Es blieb den sowjetischen Höhenforschern versagt, ihre in der Ozonschicht der Stratosphäre gesammelten Beobachtungen auszuwerten. Beim Abstieg rissen die Halteseile, dadurch wurde es unmöglich, die Fallgeschwindigkeit zu steuern. In freiem Fall stürzte die Gondel der Erde entgegen und zerschellte.

Der tragische Unglücksfall konnte die Amerikaner von der Jagd nach der „Eiszapfenkrone“ nicht abhalten. Mit einem Ballon, der die unvorstellbare Größe von 85 000 m³ besaß, bereiteten sich die Ballonkapitäne Orvil A. Anderson und Albert W. Stevens auf einen neuen Rekordaufstieg vor. Vom Erfolg des Vorhabens überzeugt, nahm zum ersten Male ein Rundfunkreporter in der Leichtmetallgondel seinen Platz ein. Als Augenzeuge sollte er den Rundfunkhörern die Überlegenheit der amerikanischen Ballontechnik und das unvergleichliche Erlebnis des Stratosphärenaufstiegs schildern.

Der Reporter berichtete: „5000 m Höhe. Die Berge der Black Hills kommen uns wie kleine Hügel vor. Nun wird das Sauerstoffgebläse geöffnet, die Batterieheizung eingeschaltet...“

Nach dem Eintritt des Ballons in die Stratosphäre wollte der Reporter seinen Hörern eine kleine Lektion über die Höhenstrahlen halten, die nach wie vor die Wissenschaft beschäftigten. Aber es sollte nicht dazu kommen. Als der Ballon 15 000 m Höhe erreicht hatte, tönte ein schrilles Pfeifen aus den Rundfunklautsprechern.

„Die Geräusche sind keine Störungen in Ihrem Rundfunkempfänger“, erklärte der Reporter. „Der Abdichtungsring ist undicht geworden. Die Luft entweicht aus unserer Kapsel. In 15 300 m Höhe müssen wir Sauerstoffmasken anlegen. Unsere Reportage wird fortgesetzt. Ich berichte Ihnen über das Kehlkopfmikrophon weiter . . .“

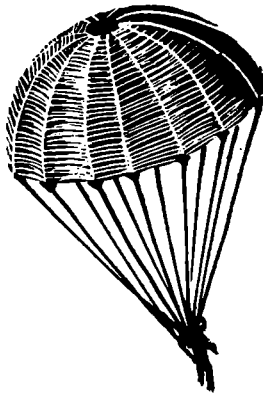
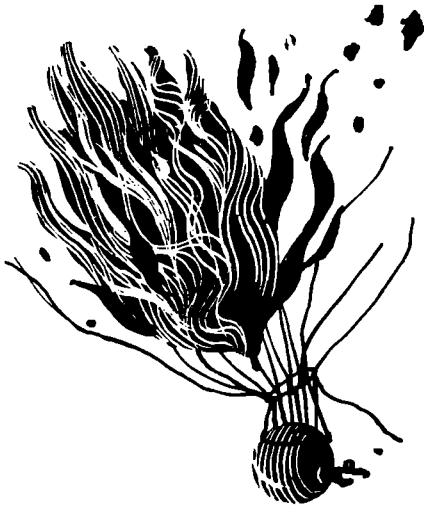
Die Hörer, die in der Geborgenheit ihrer vier Wände vor den Lautsprechern saßen, überlief eine Gänsehaut, doch sensationslüstern verfolgten sie die Reportage weiter. Kaum war die Gondel, nach den Worten des Reporters, abgedichtet, drehte sie sich um ihre eigene Achse. „Ein Riß in der Ballonhülle . . ., ein Teil des Traggurtes ist abgerissen . . . Wir hängen schief . . . Zum Glück verfügen wir über Fallschirme . . .“ Stille! Nervös drehten Millionen Rundfunkhörer an den Knöpfen der Empfangsgeräte. Aber die Stimme aus der Stratosphäre schwieg. Eine Katastrophe? Läßt sich ein gerissener Traggurt flicken, ein Riß in der Ballonhülle kleben? So unvermittelt die Stimme des Reporters verstummt war, so plötzlich meldete sie sich wieder.

Sie verkündete Entsetzliches: „Unser Ballon ist in Brand geraten! Wir stürzen haltlos in einen wolkenverhangenen Abgrund. In 5000 Meter Höhe werden wir versuchen, die Gondel zu öffnen und mit dem Fallschirm abzuspringen . . .“

Im Inneren der Gondel hämmerte Kapitän Anderson wie ein Wahnsinniger auf die Flügelschrauben, die sich nicht öffnen lassen wollten. Der Zeiger des Höhenmessers lief schneller als der Sekundenzeiger einer Uhr . . . 6000 m . . . 5500 . . . 4500 . . . Endlich, in 3500 m Höhe, lösten sich die Schrauben.

„Kapitän Steevens hat Befehl erhalten, als erster abzuspringen . . .“, meldete sich abermals der Reporter. „Gleich ist es soweit . . . Da schwebt er schon . . . 3000 m Höhe . . . Kapitän Anderson wirft den Lastfallschirm mit den Instrumenten ab . . . Nun bin ich an der Reihe . . .“

Abermals Stille.



Die Rundfunkhörer stürzten an die Fenster, liefen auf die Straßen, starrten zum Himmel, erwarteten noch irgend etwas Ungewöhnliches . . . Einige Minuten später meldete sich der Reporter ein letztes Mal: „Wir sind soeben alle drei wohlbehalten in der Nähe von Wellington gelandet . . . Damit ist unsere

Originalreportage vom Aufstieg in die Stratosphäre beendet. Wir hoffen, Sie hatten trotz der unvorhergesehenen Schwierigkeiten einen guten Empfang!“

Der Ehrgeiz, 25 000 oder 30 000 m Höhe zu erreichen, ließ Anderson und Steevens im November 1935 erneut in die Stratosphäre aufsteigen. Den Bau des Ballons, der fast achtmal größer als Piccards berühmter Stratosphärenballon war, hatte das amerikanische Kriegsministerium finanziert. Mit einer Höhe von 22 000 m konnte bei diesem Aufstieg der sowjetische Weltrekord nur um 66 m überboten werden. Trotzdem blieben Anderson und Steevens bis 1957 Träger der „Eiszapfenkrone“; denn so lange blieben damit die technischen Möglichkeiten für den Aufstieg von bemannten Forschungsballons ausgeschöpft.

Werfen wir noch einen Blick auf die wissenschaftliche Ausbeute der geschilderten Höhenflüge. Die Ballonpiloten stellten übereinstimmend fest, daß innerhalb der Stratosphäre weitaus günstigere meteorologische Voraussetzungen für den Flugverkehr gegeben sind als in der Troposphäre. Jenseits des großen Wetterschauplatzes gibt es weder Nebel noch Wolken, sind weder Regen noch Schnee anzutreffen. Ein ewig klarer Himmel erleichtert den Piloten die Orientierung nach den Gestirnen und vermittelt den Passagieren einzigartige Naturschauspiele.

Infolge der geringeren Luftdichte, die dem Auftrieb der Gasballone die spürbarsten Grenzen setzt, ist der Luftwiderstand für das Flugzeug wesentlich kleiner als in Erdnähe. Man konnte also schon damals mit Verkehrsgeschwindigkeiten von 500 bis 600 km/h rechnen. Dafür begegneten die kühnen Flugzeugpiloten bei ihren ersten Vorstößen in die Stratosphäre anderen Schwierigkeiten. Die Motorleistung der herkömmlichen Kolbenmotoren fiel beim Aufstieg in große Höhen rasch ab. Ein 400-PS-Motor leistete in rund 10 000 m Höhe kaum noch 80 PS.

Dabei fanden die Propeller nur geringen Widerstand, um das schwere Flugzeug vorwärts ziehen zu können. Also mußte dem

Motor durch ein Spezialgebläse verdichtete Frischluft zugeführt und die Luftschraube mit verstellbaren Schaufelblättern versehen werden, um auch bei geringerer Luftdichte einen großen Wirkungsgrad zu erzielen.

Die tiefen Temperaturen, die schon Professor Piccard kennengelernt hatte, bedeuteten für das Flugzeug erhöhte Vereisungsgefahr. Die Motorkühlung warf jedoch ein gegenteiliges Problem auf. Während auf der Erde die Siedetemperatur des Wassers bei 100 °C liegt, beginnt Wasser, also auch das Kühlwasser, in 20 000 m Höhe bereits bei 35 °C zu siedeln.

Also konnten zum Einbau in Stratosphärenflugzeuge nur luftgekühlte Triebwerke verwendet werden. Daraus ergab sich, daß auch dem Luftschraubenantrieb eine Grenze gezogen war. Sollte das heißen: Bis hierher, und nicht weiter?

Der Träumer aus Kaluga

Von der Erschließung der obersten Stockwerke der Atmosphäre und des Weltalls durch geeignete Flugkörper hatten schon weitblickende Zeitgenossen der ersten Luftfahrtpioniere geträumt. Einer von denen, die über die Grenzen ihrer Zeit hinaus dachten, die nach neuen Wegen suchten und der Technik neue Ziele wiesen, war Konstantin Eduardowitsch Ziolkowski.

Der 1857 als Sohn eines Försters geborene Kostja galt bei seinen Lehrern und Mitschülern als begabter, lernbegieriger Junge. Es traf ihn deshalb doppelt schwer, als er, kurz nach seinem zehnten Geburtstag, die Schule verlassen mußte. Durch eine Scharlacherkrankung hatte er fast vollständig das Gehör verloren. Zwei Jahre später starb seine Mutter, die ihn bis dahin zu Hause im Lesen und Schreiben unterrichtet hatte. Von nun an blieben Kostja nur noch die Bücher seines Vaters und seiner älteren Geschwister. In seiner Freizeit aber bastelte er Luftballons,

Flugdrachen und andere ungewöhnliche Fahrzeuge, von denen er in den Büchern gelesen hatte.

Auf sich selbst gestellt, erwarb sich Kostja seine ersten mathematischen und physikalischen Kenntnisse, deren Gründlichkeit den Vater angenehm überraschten. Die Begabung seines Sohnes, seine technischen Fertigkeiten verdienten es, gefördert zu werden. Im Alter von sechzehn Jahren reiste Kostja mit väterlicher Einwilligung nach Moskau, um sich weiterzubilden. Die Universitätsprofessoren, denen der von Krankheit gezeichnete Förstersohn seine Studienwünsche vortrug, schüttelten den Kopf. „Ein Schwerhöriger kann unmöglich studieren. Es wäre verlorene Zeit, nutzlos verausgabtes Geld!“ Grimmig kehrte Kostja den Professoren den Rücken. In den öffentlichen Bibliotheken suchte er Ersatz für den Hörsaal, der ihm verschlossen blieb. Bei einer Waschfrau fand er eine bescheidene Unterkunft.

Als Vater Ziolkowski erfuhr, welches Hungerleben sein Junge in Moskau führte, holte er ihn nach Hause zurück. „Im Dorf wohnen genug Bauernkinder, denen du Nachhilfeunterricht erteilen kannst. Sicher fallen dabei ein paar Rubel, ein Stück Brot oder Speck für dich ab. Deinen geliebten Büchern brauchst du deshalb nicht untreu zu werden!“

Kostja entwickelte als Unterrichtshelfer solche ausgezeichneten pädagogischen Fähigkeiten, daß er mit einundzwanzig Jahren seine Lehrerprüfung ablegen konnte. An der Kreisschule in Borowsk fand er seine erste Anstellung. Einige Jahre später wurde er nach Kaluga versetzt, wo er bis zu seinem Lebensende wirkte. Von den Schülern verehrt, von deren Eltern geachtet, geschätzt von seinen Kollegen, schien es, als hätte Ziolkowski das Ziel seines Lebens erreicht.

Aber Ziolkowski begnügte sich nicht mit der Erfüllung seines Lehrauftrages. Erfüllt von dem Wunsch, „etwas Nützliches für die Menschheit zu schaffen“, widmete er jede freie Stunde der wissenschaftlichen Arbeit. Wie seine Landsleute Moshaiski und

Shukowski zogen ihn die Eroberung der Luft, die Erschließung erdferner Räume in ihren Bann. Ohne jede Verbindung zu den Luftfahrtpionieren seiner Zeit entwickelte Ziolkowski das Projekt eines Ganzmetall-Luftschiffes, später das eines Ganzmetall-Flugzeuges. Und auch er baute sich einen Windkanal, überprüfte darin den Luftwiderstand seiner Modelle und veröffentlichte Beiträge über die aerodynamischen Gesetze.

Bleibende Verdienste erwarb sich Ziolkowski auf einem anderen Gebiet der Luftfahrtforschung: der Raketentechnik. Die ersten Anregungen dazu vermittelte ihm ein eben damals in russischer Sprache erschienener utopischer Roman. Jules Verne: „Von der Erde zum Mond“, stand auf seiner Titelseite. Die darin geschilderten Begebenheiten waren erregend genug. Da gab es zu Baltimore in Maryland einen „Kanonenklub“, dessen Mitglieder es sich in den Kopf gesetzt hatten, dem „Mann im Mond“ einen Besuch abzustatten. Zur Verwirklichung ihrer Pläne bauten sie ein in die Erde eingelassenes Riesengeschütz, die „Columbiade“. Sie besaß eine Rohrlänge von 270 m, ein Kaliber von 2,70 m. Das Kaliber entsprach dem Durchmesser des Geschosses, einer 10 t schweren Aluminiumkapsel, die Vernes Kosmonautentrio zum Mond befördern sollte. Das Treibstoffproblem löste Verne auf „militärische“ Art. Er ließ das Rohr der „Columbiade“ 54 m hoch mit Schießbaumwolle vollstopfen. Bei ihrer Entzündung entwickelte sich eine Antriebskraft von 22 Milliarden PS.

Ziolkowski brauchte nicht lange nachzurechnen, um herauszubekommen, was von einem solchen Schuß in das All zu erwarten gewesen wäre. Das hohle Aluminiumgeschosß mußte bereits im Geschützrohr durch den Druck der Pulvergase und den Gegen- druck der Luft plattgedrückt werden. Sollte jemals eine Rakete Kurs auf den Mond nehmen, dann konnte sie wohl nur durch das Rückstoßprinzip angetrieben werden, wie es beim Auflassen von Feuerwerkskörpern angewendet wurde.



Für seine ersten Versuche schien Ziolkowski ein Faß gerade das Rechte zu sein. Hatte nicht auch Guericke mit einem Faß begonnen? Der Lehrer aus Kaluga schlug vor, das Faß, gleich einem Luftballon, mit Gas zu füllen, und erklärte dazu: „Wenn wir einen seiner Hähne aufdrehen, so strömt ein Gasstrahl aus dem Faß, wobei die Elastizität des Gases, indem sich seine Teilchen im Raum abstoßen, auch das Faß abstoßen. Das Ergebnis ist, daß sich das Faß bewegt!“

1883 entwarf er in einer Federzeichnung einen solchen Raketenflugkörper mit Rückstoßprinzip und versäumte nicht, die entsprechenden Formeln und Zahlenwerte für die Berechnung der idealen Endgeschwindigkeit hinzuzufügen. Die Veröffentlichung dieser Pläne erfolgte 1903, in jenem Jahre also, da die Gebrüder Wright im fernen Amerika ihre ersten kurzen Luftsprünge durchführten.

Ziolkowskis Pläne verdienen eine genauere Betrachtung, denn sie erscheinen verblüffend „modern“. Der Raketenkörper ähnelt in seiner Form einem Wassertropfen. In seinem Vorderteil befindet sich die Kabine des Piloten mit den Navigationsinstrumenten und Steuergeräten. Die Bedienung der Strahlruder sollte durch Kreiselgeräte erfolgen. Dahinter waren die Behälter für

den Treibstoffvorrat untergebracht. Ziolkowski dachte an Benzin, Petroleum oder flüssigen Wasserstoff. Da diese Stoffe zur Verbrennung Sauerstoff als Oxydationsmittel benötigen, finden wir auch Behälter mit flüssigem Sauerstoff an Bord.

Der Verbrennungsvorgang vollzieht sich in einer Brennkammer aus einer schwer schmelzbaren Metallegierung, die außerdem noch von den umlaufenden Treibstoffen abgekühlt wird. Die Verbrennungsgase strömen durch eine Düse nach hinten aus, wodurch die erforderliche Rückstoßkraft erzeugt wird, die den Flugkörper mit hoher Geschwindigkeit vorwärts treibt.

Bei den Behörden erntete Ziolkowski mit seinen Plänen, deren Grundprinzipien für den Raketentriebwerksbau wegweisend wurden, nur Spott. Die Beamten, denen er sie zur Begutachtung vorlegte, hielten den unbemittelten Provinzlehrer für einen noch gefährlicheren Phantasten als den Romanautor Jules Verne. Wenn es den Menschen bis dahin nicht gelungen war, sich die Troposphäre untertan zu machen, was hatte er dann in oder gar jenseits der Stratosphäre zu suchen?

Daß sich auch in Deutschland, Österreich und USA angesehene Wissenschaftler mit der Entwicklung von Flüssigkeitsraketen beschäftigten, ließ den Zaren unbeeindruckt. „Wenn der Einsatz von Raketen jemals Nutzen verspricht, können wir solche Raketen, genauso wie Traktoren und Automobile, im Ausland kaufen!“ beharrte er.

Ziolkowski schrieb später einmal: „Den größten Teil meines Lebens habe ich im Dunkel des Zarismus, unter schwierigen Bedingungen gearbeitet. Erst die Oktoberrevolution brachte meinen Arbeiten Anerkennung, erst die Sowjetregierung und die Partei Lenins gewährten mir tatkräftige Hilfe.“

Von neuer Schaffenskraft beflügelt, veröffentlichte Ziolkowski nach 1917 Hunderte wissenschaftlicher Arbeiten, die sich hauptsächlich mit Luft- und Raumfahrtproblemen beschäftigten.

1924 wurde in Moskau eine „Zentrale Forschungsstelle für

Raketenprobleme“ – und eine „Gesellschaft zur Erforschung des interplanetaren Verkehrs“ gegründet.

An allen größeren Universitäten des Landes bildeten sich „Ziolkowski-Zirkel“, in denen sein Vermächtnis in guten Händen lag. Damals erhielt der „Träumer von Kaluga“ einen neuen Ehrennamen. Die sowjetischen Geschichtsbücher und Nachschlagewerke nennen Ziolkowski den „Vater der Raketentechnik“.

Bevor noch der Raketenflug Wirklichkeit wurde, lenkte die Raketentechnik den Flugzeugbau in neue Bahnen.

Die gezähmte Tigerin

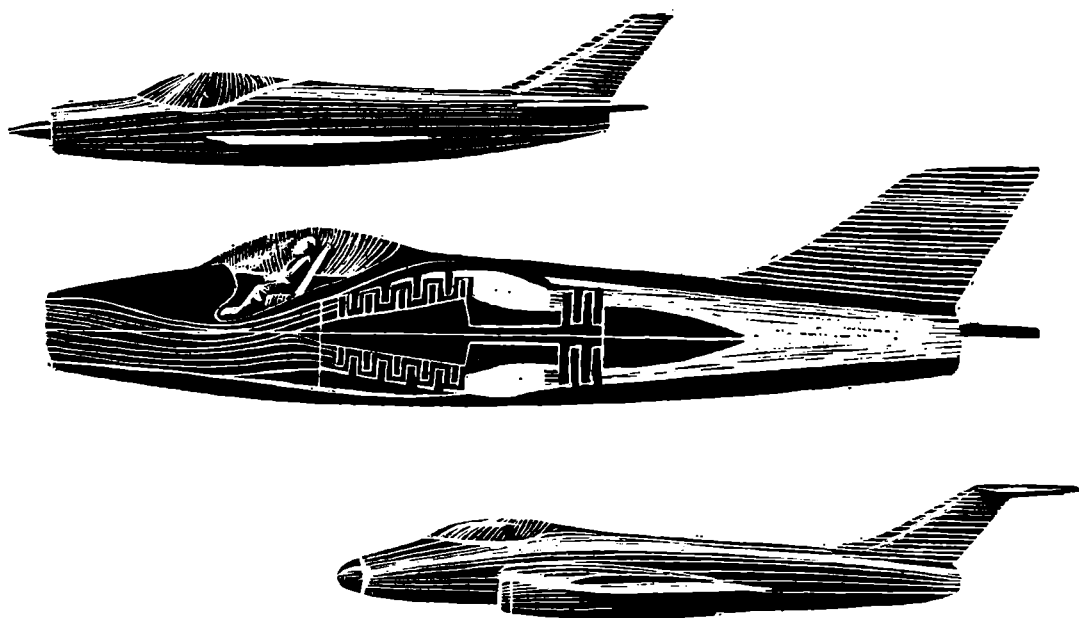
Im Dezember 1945 erhielt Alexander Sergejewitsch Jakowlew eine Einladung in das Staatliche Verteidigungskomitee der UdSSR. Als Zweck seines Erscheinens war angegeben: „Bericht über die Fortschritte in der Entwicklung sowjetischer Strahlflugzeuge.“ Für Jakowlew, der in den Jahren des Großen Vaterländischen Krieges die von den deutschen Piloten gefürchteten Jäger der „Jak“-Serie konstruiert hatte, kam die Einladung nicht überraschend. Nur nicht so weit ausholen, dachte Jakowlew, der sich mit aller Gründlichkeit auf seinen Vortrag vorbereitete. Es genügt, bei dem technischen Rückblick um knappe zehn Jahre zurückzugreifen!

Spätestens 1937, als Tschkalow und seine Genossen mit der „ANT-25“ ihre aufsehenerregenden Transpolarflüge durchgeführt hatten, waren sich die Flugzeugkonstrukteure bewußt geworden, daß damit die Grenze für Flugzeuge mit Kolbenmotoren und Luftschrauben erreicht war. Unmittelbar danach hatte man in Hitlerdeutschland, später auch in der Sowjetunion, damit begonnen, kleinere Flüssigkeitsraketen als Starthilfen und Beschleuniger in Flugzeuge einzubauen.

Der Ausbruch des zweiten Weltkrieges hatte den Bau von superschnellen Abfangjägern für beide Seiten zu einer zwingenden Notwendigkeit werden lassen.

Jakowlew blätterte in vergilbten Fotografien. Sie zeigten die von den deutschen Flugzeugkonstrukteuren Heinkel und Messerschmitt gebauten Raketenflugzeuge mit ihrem kurzen, gedrungenen Rumpf. Daneben lag ein Foto des ersten sowjetischen Raketenflugzeugs. Damals hatte auch Jakowlew eine Flüssigkeitsrakete in seine „Jak-3“ eingebaut, um Erfahrungen auf diesem Gebiet zu sammeln. Der Konstrukteur erinnerte sich noch genau der Worte, die der Testpilot nach dem ersten Probeflug gesprochen hatte: „Mit dieser Maschine fliegen ist genau dasselbe, wie eine Tigerin küssen. Man empfindet nur Schrecken und keinen Genuß!“

Jakowlew und seine Mitarbeiter hatten nächtelang überlegt, was getan werden müsse, die Tigerin zu zähmen, die Piloten an die Fluggeschwindigkeiten von 800 km/h zu gewöhnen, sie von der Zuverlässigkeit der neuen Maschinen zu überzeugen. Den größten Unsicherheitsfaktor bildete die kurze Brenndauer der Raketen. Das von Ziolkowski entwickelte Rückstoßprinzip mußte auf andere Weise verwirklicht werden. Eine dicke Mappe mit der Aufschrift „Luftstrahltriebwerke“ zeigte die Lösung. Die Skizzen auf dem ersten Blatt erinnerten an Ziolkowskis „Wassertropfen“ oder an ein Ei, dem man die Spitzen abgeschnitten hat. Durch die Bugöffnung strömt während des Fluges Luft in eine Art Rohr, das mit der hinteren Öffnung verbunden ist. Je schneller das Flugzeug fliegt, desto mehr Luft wird angesaugt. Eine Mitnahme von flüssigem Sauerstoff für die Verbrennung ist also nicht erforderlich. Es genügt, in den Luftstrom des Strahlrohres flüssigen Treibstoff einzuspritzen und elektrisch zu entzünden. Dabei entweichen die Verbrennungsgase mit großer Geschwindigkeit durch die Auspuffdüse in die Atmosphäre und stoßen das Flugzeug, ähnlich wie die Flüssigkeitsraketen, vorwärts.



Die Auspuffdüse wird deshalb auch Schubdüse genannt. Wir aber haben mit dieser Konstruktion die einfachste Form des „Düsenjägers“ kennengelernt.

Um noch größere und besser regulierbare Flugleistungen zu erzielen, läßt sich vor der Brennkammer ein Kompressor als Luftverdichter einbauen. Zum Antrieb des Kompressors werden hinter der Brennkammer Turbinen eingesetzt. Der Fachmann spricht in diesem Falle von einem Turbinen-Luftstrahltriebwerk, abgekürzt „TL“, das 1941/42 den aussichtsreichsten Entwurf eines Strahlflugzeuges darstellte.

Da es darauf ankam, daß sich die Düsenjägerpiloten schnell an die neuen Maschinen gewöhnten, war Jakowlew bei der Grundform der bewährten „Jak-3“ geblieben. Lediglich der Bug erhielt ein völlig neues Gesicht, weil unter ihm die Strahl turbine angebracht wurde. Die Standläufe des Triebwerkes der „Jak-15“, so lautete die neue Typenbezeichnung, waren erfolgreich abgeschlossen. Die Untersuchungen im Windkanal hatten die außerordentlich günstigen aerodynamischen Eigenschaften der Neu-

entwicklung unterstrichen. Nun standen die Roll- und Startproben bevor.

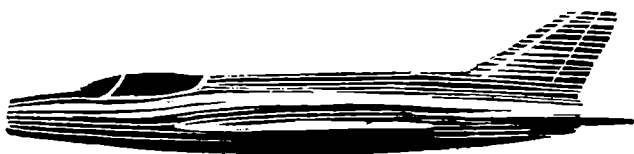
Zuversichtlich begab sich Jakowlew in den Kreml. Sein Vortrag fand aufmerksame Zuhörer. „Unsere Konstrukteure sind mit der Entwicklung von Strahlflugzeugen gut vorangekommen“, schloß Jakowlew seine Ausführungen. „Der strahlgetriebene Jäger ‚MiG-9‘ von Artjom Mikojan und unsere ‚Jak-15‘ stehen startbereit auf dem Flugplatz. Wir bitten das Verteidigungskomitee der UdSSR um die Startgenehmigung!“ Wenige Tage später kletterte der Testpilot Michail Iwanow in die silberglänzende Maschine, die erste Vertreterin einer neuen Flugzeuggeneration.

„Eine ungewöhnliche Erregung packte uns, als das Triebwerk angelassen wurde“, schreibt Jakowlew in seinen Erinnerungen. „Der charakteristische, für das Ohr ungewohnte Pfeifton betäubte die Dabeistehenden.

‚Triebwerksprobe – alles klar!‘ Nach einem kurzen Anlauf war die Maschine schon in der Luft. Der erste Flug unseres Strahlflugzeuges!“

Aus Jakowlews Aufzeichnungen spricht der berechtigte Stolz des erfolgreichen Konstrukteurs: „Die Genossen, außer sich vor Freude, halfen Iwanow beim Aussteigen und warfen ihn hoch in die Luft. ‚Wartet doch, ihr Bösewichter! Ihr bringt mich ja um!‘ rief der Testpilot lachend. Und dann schilderte er seine ersten Eindrücke von dem Flug: ‚In der Kabine ist viel weniger Lärm zu hören, und auch das beim Kolbenmotor übliche Vibrieren fällt weg. Im übrigen läßt sich der Strahljäger genau so gut und sicher regieren wie ein Kolbenmotor-Flugzeug. Der erste Gesamteindruck: sehr gut! Das ist kein Flugzeug, sondern ein einziges Vergnügen!‘“

Die „Tigerin“ war gezähmt! 1946, bei der Luftparade in Tuschino, erlebte die „Jak-15“ ihre öffentliche Premiere. Sie zeichnete ihre künstlichen Rauchstreifen an den Himmel und



brauste im Tiefflug über die Tribünen hinweg, daß es den Zuschauern den Atem verschlug.

1947 gelang es einem sowjetischen Testpiloten erstmals, mit der „MiG-9“ im Sturzflug so schnell wie der Schall zu sein. Mit dem ohrenbetäubenden Gedröhn, das jeden Angriff auf die unsichtbare „Schallmauer“ begleitet, wurde ein Wendepunkt in der gesamten Flugtechnik eingeleitet, kündigte sich der Strahlverkehrsflugdienst an.

Britische Luftverkehrsgesellschaften machten den Anfang mit dem Einsatz von Strahlflugzeugen. Sie mußten ihren Wagemut teuer bezahlen. Innerhalb kurzer Zeit stürzten fünf Maschinen vom Typ „Comet 1“ infolge von Konstruktionsmängeln ab. Die restlichen Maschinen mußten aus dem Verkehr gezogen werden, und es schien, die Karriere der Strahlverkehrsflugzeuge sei damit schon zu Ende.

Desto größer war das Aufsehen, als am 23. März 1956 das erste sowjetische Strahlflugzeug vom Typ „TU 104“, in dreieinhalbständigem Flug von Moskau kommend, in London landete. Jeder war begierig, Näheres über die technischen Einzelheiten und über die Person des Konstrukteurs zu erfahren. Die Auskünfte lauteten: Zwei Luftstrahltriebwerke von zusammen

19 000 kp Schub verleihen der Maschine, die bis zu 100 Passagiere befördern kann, eine Reisegeschwindigkeit von 800 km/h. Ihre Flughöhe beträgt 10 000 m. Das waren solide Zahlen.

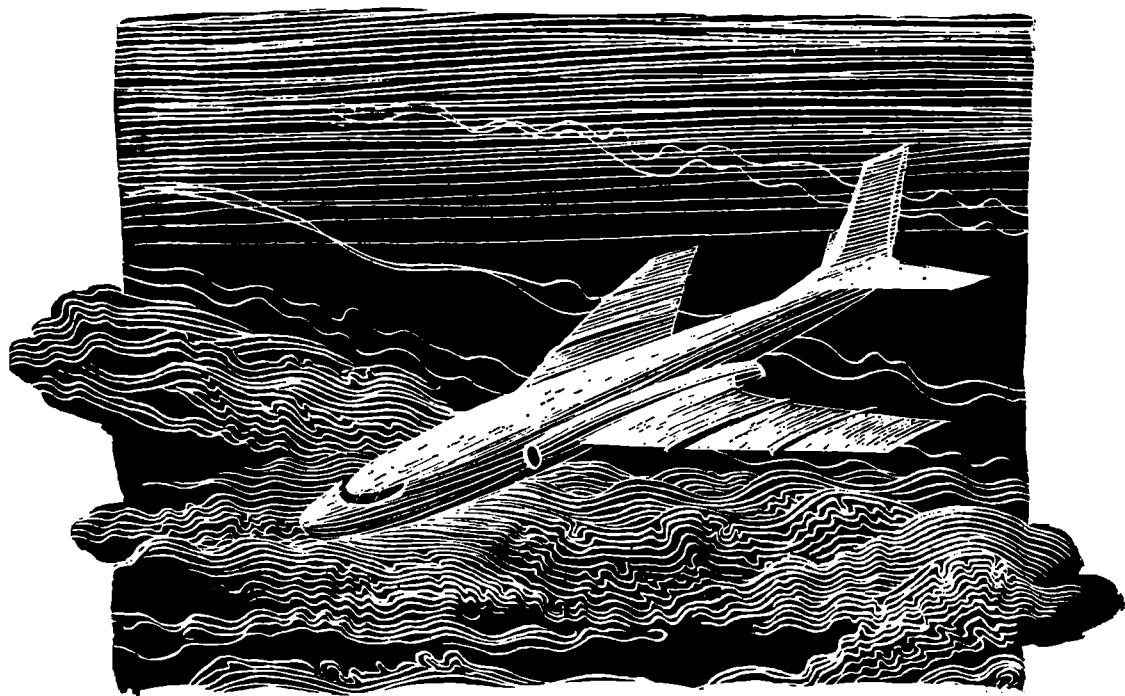
Der Name des Konstrukteurs bürgte für die Qualität: Andrej Nikolajewitsch Tupolew, Senior der sowjetischen Flugzeugkonstrukteure und Schüler des großen Shukowski. Eine seiner ersten Erfolgskonstruktionen war jene „ANT-25“, mit der Tschkalow das Polarmeer überquerte.

Begeistert schrieb die englische Zeitung „Daily Mail“: „Die ‚TU-104‘ ist vollkommener als alle Flugzeuge, die wir in den letzten drei Jahren in Großbritannien und den USA gesehen haben!“

Im Jahr darauf hatte die westliche Welt gleich drei sowjetische Trümpfe zu bewundern. Der Konstrukteur Oleg Konstantinowitsch Antonow stellte seine „AN-10“, einen viermotorigen Hochdecker, vor. Eine Standardmaschine, die sich bei ihren Expeditionseinsätzen in den Polargebieten der Erde und im Liniendienst hervorragend bewährte. Aus der Werkstatt des Konstrukteurs Iljuschin kam die „IL-18“, die auf den Flugplätzen Europas ebenfalls rasch heimisch wurde. Tupolew gesellte seiner „TU-104“ einen Riesen hinzu, die „TU-114“.

Ein äußerliches Kennzeichen ist allen drei Typen gemeinsam: Sie besitzen außer Schubdüsen auch Propeller. Die Kombination der Luftschraube mit dem Turbinen-Luftstrahltriebwerk ermöglicht es dem Piloten, das Triebwerk bei geringen Geschwindigkeiten mit der Luftschraube arbeiten zu lassen. So beim Start und bei der Landung. Erst 1958/59 reihten sich die westlichen Luftverkehrsgesellschaften mit Strahlverkehrsflugzeugen vom Typ „Boeing 707“, Douglas „DC 8“, der schnellen „Convair 990“ und anderen Düsenflugzeugen in den Strahlverkehrsdienst der Erde ein.

Die technische Entwicklung kennt keine Atempausen, keinen Stillstand. Die „TU 104“ und die „IL-18“ wurden aerodyna-



misch verbessert, die Zahl ihrer Passagierplätze verdoppelt und ihre Wirtschaftlichkeit und Betriebssicherheit erhöht. Die Strahlflugzeuge der „zweiten Generation“, die 1965 in der Sowjetunion in den Dienst gestellt worden sind, ließen weitere grundlegende Neuerungen erkennen.

Sowohl bei der „TU-134“ für den Kurzstreckenverkehr als auch bei der „IL-62“ für den Langstreckendienst sind die Propeller weggefallen. Ihre Pfeilflügel sind weit zurück versetzt, die Triebwerke am Rumpfheck untergebracht, das Seitenleitwerk hochgezogen und das Höhenleitwerk oben aufgesetzt. So gleichen diese Strahlflugzeuge in ihrer sorgfältigen aerodynamischen Durchbildung langgestreckten Raketen.

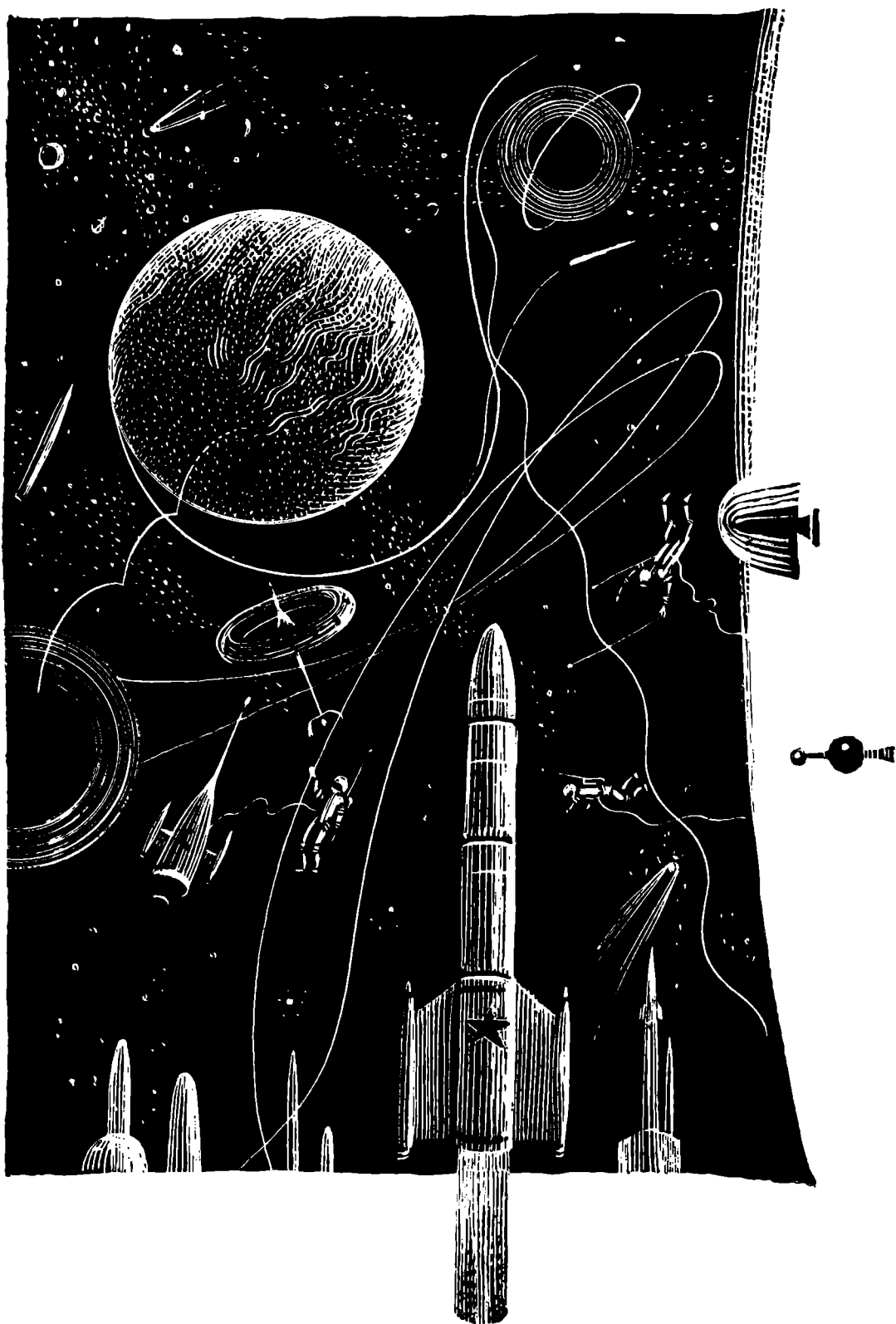
Ohne Höhenruder zeigt sich die „TU-144“, das erste sowjetische Überschall-Verkehrsflugzeug, das die Krönung der Strahltriebwerke im Luftverkehr darstellt. Ein Gigant von 57,5 m Länge und 26,4 m Flügelspannweite, der im Touristenverkehr

120 Passagiere mit zweieinhalbfacher Schallgeschwindigkeit (Mach 2,35) in fünf Stunden – bei nur einer Zwischenlandung – von Moskau nach New York befördern kann.

Die „Riesenvögel des Strahlluftverkehrs“ haben ihre „Zugstraßen“ vorwiegend in etwa 12 000 bis 18 000 m Höhe, an der Grenze zwischen Troposphäre und Stratosphäre. Das ist kein Zufall. Meteorologen haben festgestellt, daß die starken Temperaturgegensätze in dieser Region zur Entstehung von Luftströmungen führen, die mit Geschwindigkeiten von 190 km/h um den Erdball rasen. Sie gaben ihnen die Bezeichnung „Jet-Streams“, das heißt auf deutsch „Strahlströme“. Die geschickte Ausnutzung dieses Höhen-„Rückenwindes“ begünstigt den Einsatz von Überschallverkehrsflugzeugen und ermöglicht den Luftverkehrsgesellschaften im interkontinentalen Luftverkehr beachtliche Zeit- und Kraftstoffeinsparungen.

Spezialmaschinen, die von Trägerflugzeugen bis in 14 000 m Höhe geschleppt und dort ausgeklinkt worden sind, schwangen sich sogar schon bis zu 51 700 m Höhe hinauf. Damit stieß der Mensch erstmals bis in das dritte Stockwerk der Atmosphäre, die sogenannte Mesosphäre, vor, die bis dahin den Radiosonden und den Funkwellen vorbehalten war.

Blickpunkt Weltraum



Der Weg zu den Sternen

Das Kalenderblatt zeigt den 12. April 1961. Seit Tagen herrscht auf dem sowjetischen Raketenstartplatz Baikonur Hochbetrieb. Noch umschließt das Wartungsgerüst den turmhohen, schlanken Raketenleib. Wissenschaftler und Techniker überprüfen ein letztes Mal die komplizierte Schöpfung aus Menschenhand, deren Grundzüge ein einfacher russischer Lehrer, der „Träumer aus Kaluga“, Konstantin Eduardowitsch Ziolkowski, entwarf. Im Kommandoraum der Leitzentrale huscht bläulicher Lichtschein über die Bildschirme der Fernsehgeräte, leuchten die farbigen Lämpchen der Kontrollgeräte auf.

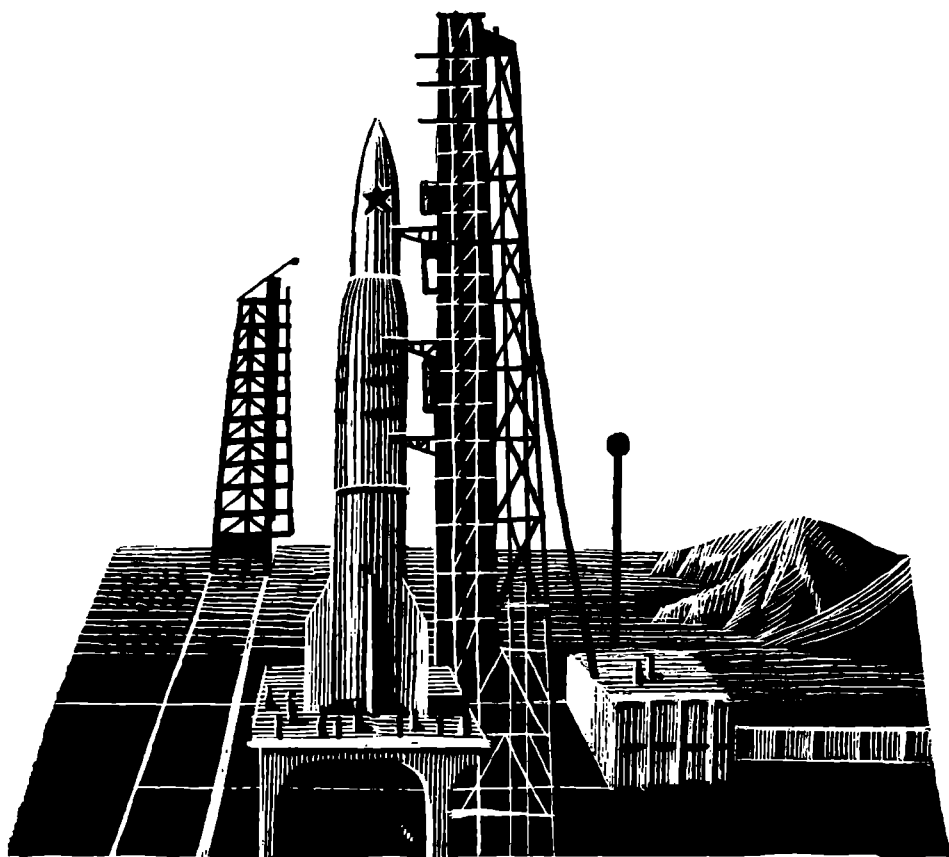
Eine warme Frauenstimme tönt aus dem Lautsprecher: „Aktive Kontrollphase abschließen! Die Kosmonauten erwarten Abruf!“

Alle, die in Baikonur arbeiten und tätig sind, erfüllt die Gewißheit: Der erste bemannte Raumflug muß und wird gelingen! Die lange Reihe der Vorversuche, die im Oktober 1957 mit dem Start von „Sputnik I“, des ersten künstlichen Erdtrabanten, begonnen hatte, war erfolgreich verlaufen. In Höhen von 250 km bis 1880 km hatten die künstlichen Erdsatelliten die kosmische Strahlung und die Ultraviolettstrahlung der Sonne, Luftdruck und Temperaturverhältnisse erforscht und waren wohlbehalten zur Erde zurückgekehrt.

Bereits mit „Sputnik IV“ hatte die Erprobung der sowjetischen Raumschiffe begonnen. Als Testpiloten befanden sich des Menschen beste und getreueste Freunde und Helfer an Bord – Hunde.

Der Weg zu den Sternen wollte sorgsam erkundet sein, sollte der Mensch als Himmelsstürmer keinen Schaden erleiden.

Die große Uhr im Kommandoraum der Technischen Zentrale zeigt die letzten Minuten vor dem Start. Der Kosmonaut Nummer eins, Juri Gagarin, besteigt das Montagegerüst, sucht nach



Worten für eine „Abschiedsrede“. Er sagt: „Ich wage den Flug in den Sternenraum, weil ich ein Kommunist bin!“

Dann trägt ihn der Fahrstuhl zur Spitze des Raumschiffes empor. Noch einmal legt Gagarin die Hände grüßend an den Helm seines Raumanzuges.

Die Einstiegluke schließt sich. Das Wartungsgerüst gleitet auf einem breiten Schienenpaar langsam zurück. Die Rakete steht frei auf dem Starttisch. Nur ein schlangenähnliches Meß- und Zündkabel verbindet sie noch mit der Kommandozentrale.

Und dann beginnt das Auszählen der letzten Minuten, der letzten Sekunden. „Sechzig... fünfundfünfzig... fünfzig...“ Eine Hand legt sich fest auf den Schalter, der bei „Null“ den

Zündstrom zur Rakete jagen wird. „Fünf... vier... drei... zwei... eins...“

Im gleichen Augenblick ertönt das Kommando „Start!“ Die Zeiger der Kontrolluhr rutschen auf 7.07 Uhr mitteleuropäischer Zeit. Die Ventile der Treibstoffleitungen öffnen sich. Die Triebwerke beginnen zu arbeiten. Im Bruchteil von Sekunden werden Millionen PS entfesselt und hüllen den Starttisch in wirbelnde Wolken ein. Dumpfes Dröhnen erinnert an fernes Donnergrollen. Immer neue Farben tauchen auf. Immer neue Töne werden laut. Langsam löst sich der silbrig glänzende schlanke Raketenkörper vom Erdboden, als ob die Kraft der zwanzig Triebwerke nicht ausreiche, die Fesseln der Erdanziehung zu sprengen. Noch kann man in aller Ruhe die Buchstaben auf dem Raketenleib lesen: „UdSSR – Wostok I“. Dann endlich triumphiert der grelle Feuerstrahl, der die Rakete mit steigender Geschwindigkeit himmelwärts stößt, in Höhen, die noch kein Stratosphärenballon, noch kein mit Höhenkammern ausgerüstetes Flugzeug erreichte...

Als Gagarin zur Erde meldet: „Befinden ausgezeichnet... Sehe die Erde, Wälder, Wolken...“, atmen seine Genossen in der Leitzentrale für einen Augenblick erleichtert auf.

Das Raumschiff „Wostok I“ hat seine vorausberechnete Umlaufbahn erreicht. Sie liegt unterhalb des inneren „Strahlengürtels“, dessen Existenz erstmals durch „Sputnik II“ nachgewiesen wurde.

Mit der unvorstellbaren Geschwindigkeit von 8 km/s, fast fünfundzwanzigmal schneller als der Schall, umkreist das Raumschiff in freiem Flug die Erde. Seine Flughöhe schwankt zwischen 181 und 327 km.

Die Sinnesorgane des Kosmonauten nehmen eine Fülle von Erscheinungen wahr, die noch niemals vorher ein Mensch unmittelbar erlebte. Die Luft ist in Höhen über 150 km so dünn, daß sich der Schall nicht mehr ausbreiten kann. Inmitten jener

Schichten der Ionosphäre, von denen die Funk- und Radiowellen aller Sendestationen der Welt auf die Erde zurückgeworfen werden, ist Gagarin vom Schweigen des Weltalls umgeben.

Auch die Farbe des Himmels hat sich verändert. Das lebensfrohe Himmelsblau ist einem tiefen Samtschwarz gewichen. Ein Beweis mehr dafür, daß auch die Farbe des Himmels vom Vorhandensein der Luft abhängig ist. Grell leuchten aus dem samtigen Schwarz die Himmelskörper.

Das sonderbarste aber ist der körperliche Zustand, in dem sich der Kosmonaut seit dem Eintreten des Raumschiffes in die Umlaufbahn um die Erde befindet. Die Überbelastung während des Aufstiegs ist dem Zustand der Schwerelosigkeit gewichen. Das Gesetz der Schwere scheint aufgehoben. In Wirklichkeit halten sich die Erdanziehungskraft und die Zentrifugalkraft das Gleichgewicht. Wären nicht alle Einrichtungsgegenstände und Instrumente der Raumkapsel befestigt, würden sie wie Daunenfedern durch die Kabine schweben. Aber für den Kosmonauten besteht kein Grund zur Besorgnis. Die komplizierten automatischen Apparaturen, die die Verhältnisse in der Kabine den Lebensbedingungen auf der Erde anpassen, arbeiten so einwandfrei wie auf den Prüfständen.

Obwohl die Temperaturen an der Außenwand der Kapsel in der Ionosphäre bis $+ 600^{\circ}\text{C}$ erreichen können, herrscht in der Kabine angenehme Zimmertemperatur. Die zur Erde übermittelten Meßwerte der Körperfunktionen und der Klang der Stimme des Kosmonauten beweisen den normalen Flugverlauf. 8 Uhr 25, während sich „Wostok I“ Afrika nähert, erhält Gagarin den Auftrag, das Bremstriebwerk einzuschalten.

Damit beginnt die schwierigste Etappe des Fluges: Abstieg und Landung. Die Atmosphäre schützt die Erde wie ein zuverlässiger Schild gegen alle Eindringlinge aus dem Kosmos, gegen die gefährlichen Höhenstrahlen und gegen Meteorite. In den dichten Schichten der Atmosphäre werden die Meteorite abge-

bremsst und verdampfen. Als Sternschnuppen ziehen sie am Nachthimmel ihre Bahn. Bei der Landung eines Raumschiffes machen sich diese Eigenschaften der Atmosphäre recht unangenehm bemerkbar. Die das Raumschiff umgebende Luft beginnt durch die Reibungswärme zu leuchten. Doch die Wärmeschutzhülle von „Wostok I“ ist auch diesen Beanspruchungen gewachsen, und die Temperaturen in der Kabine steigen nicht über 22°C. Der Zustand der Schwerelosigkeit ist aufgehoben. Trotz Druckausgleich in der Kabine scheint sich der Körper des Kosmonauten in einen Klumpen Blei verwandelt zu haben. Über eine Flugstrecke von 8000 km neigt sich die Abstiegsbahn des Raumschiffes der Erde, der Heimat zu. Aus der Tiefe wachsen Gagarin Wälder, Felder, Städte entgegen. Minuten später landeten „Wostok I“ und ihr Pilot, von Fallschirmen getragen, auf einem Acker südwestlich der Stadt Engels.

Zum erstenmal in der Geschichte der Menschheit stieß der Mensch in den Kosmos vor. Der Kolumbus unseres Jahrhunderts heißt Juri Alexejewitsch Gagarin. In 89,1 Minuten rund um die Erde! Der Schlüssel zum „Reich der Leere“ ist gefunden! Zur See- und Luftfahrt wird künftig die Raumfahrt treten!

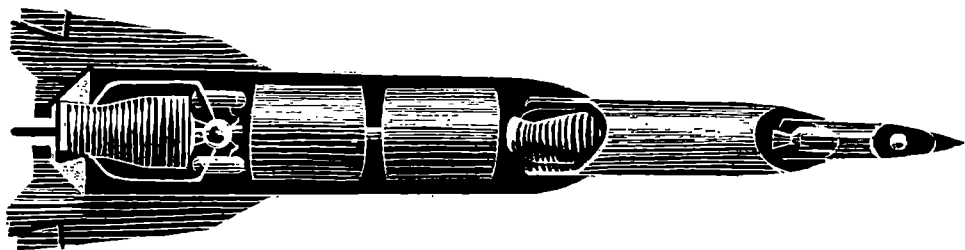
Kosmonauten-Parade

Unmittelbar nach Gagarins Rückkehr aus dem Kosmos erhielt German Stepanowitsch Titow den Auftrag, sich auf den zweiten Flug ins All vorzubereiten. Der ersten Erdumkreisung folgte am 6. August 1961 der erste Dauerflug. In 25 Stunden und 18 Minuten umkreiste „Wostok II“ die Erde siebzehnmal, was einer Flugstrecke von 700 000 km entspricht. Damit war der Beweis erbracht, daß der Mensch auch längere Zeit den Zustand der Schwerelosigkeit ertragen und in einer künstlich geschaffenen Atmosphäre leben und arbeiten kann.

Mit dem Doppelstart und dem Gruppenflug der Raumschiffe „Wostok III“ und „Wostok IV“ begann im August 1962 eine neue Etappe des bemannten Raumflugs, die Rendezvoustechnik. Schon war vorauszusehen, daß das Aneinanderkoppeln von Raumschiffen eine wichtige Voraussetzung für den Bau und die Aufrechterhaltung künftiger Raumstationen und für den Flug des Menschen zum Mond und zu den anderen Planeten unseres Sonnensystems bilden würde.

Erregt verfolgten Millionen Fernsehzuschauer die Übertragung von Bord der beiden Raumschiffe, die sich ohne Bahnkorrektur, von den Kosmonauten Nikolajew und Popowitsch gesteuert, bis auf 6,5 km Entfernung näherten. Im Frühjahr des folgenden Jahres setzten die Raumschiffe „Wostok V“ und „Wostok VI“ die Rendezvoustechnik fort. Zum erstenmal meldete sich die Stimme einer Frau aus dem Kosmos. Das Raumschiff „Wostok VI“ wurde von der 26jährigen Sowjetbürgerin Walentina Tereschkowa gesteuert. Bereits eine halbe Stunde nach dem Start näherte sich ihr Raumschiff der vorausgestarteten „Wostok V“, mit Oberstleutnant Bykowski an Bord, bis auf 5 km. Insgesamt vollführten die beiden Raumschiffe 129 Erdumkreisungen, wobei die beiden Kosmonauten eine Vielzahl aufeinander abgestimmter Handlungen ausführten.

Die amerikanischen Raumfahrtbehörden ließen es nicht an Anstrengungen fehlen, beim „Sprung in den Himmel“ dabei-zusein. Schon lange vor dem Start von „Wostok I“ hatte die amerikanische Presse ihren Lesern Wunderdinge von dem geplanten Projekt „Mercury“ zu berichten gewußt. Nach einer



Reihe von Mißerfolgen mit den „Atlas“-Trägerraketen gelangen im Sommer 1961 den amerikanischen Astronauten Alan B. Shepard und Virgil Grissom Flüge auf ballistischen Flugbahnen in 190 km Höhe, die allerdings nur 15 Minuten währten. Die nächsten Astronauten, die mit den Raumkapseln „MA-4“ und „MA-5“ zur ersten amerikanischen Erdumkreisung starteten, waren eine lebensgroße Kunststoffpuppe und ein Schimpanse. Erst im Frühjahr 1962, ein halbes Jahr nach dem Dauerflug von Titow, schafften Oberstleutnant John H. Glenn und der Marineoffizier Malcolm S. Carpenter jeweils drei Erdumkreisungen. Ihnen folgte Walter M. Schirra, der mit der Raumkapsel „MA-8“ die Erde sechsmal umkreiste. Den vorläufigen Höhepunkt und Abschluß des „Mercury“-Programms bildete im Frühsommer des Jahres 1963 der Flug von Gordon L. Cooper, dem es gelang, trotz zeitweisem Ausfall der Steuerautomatik, der Klimaanlage und der Trinkwasserversorgung, die Erde zweiundzwanzigmal zu umrunden.

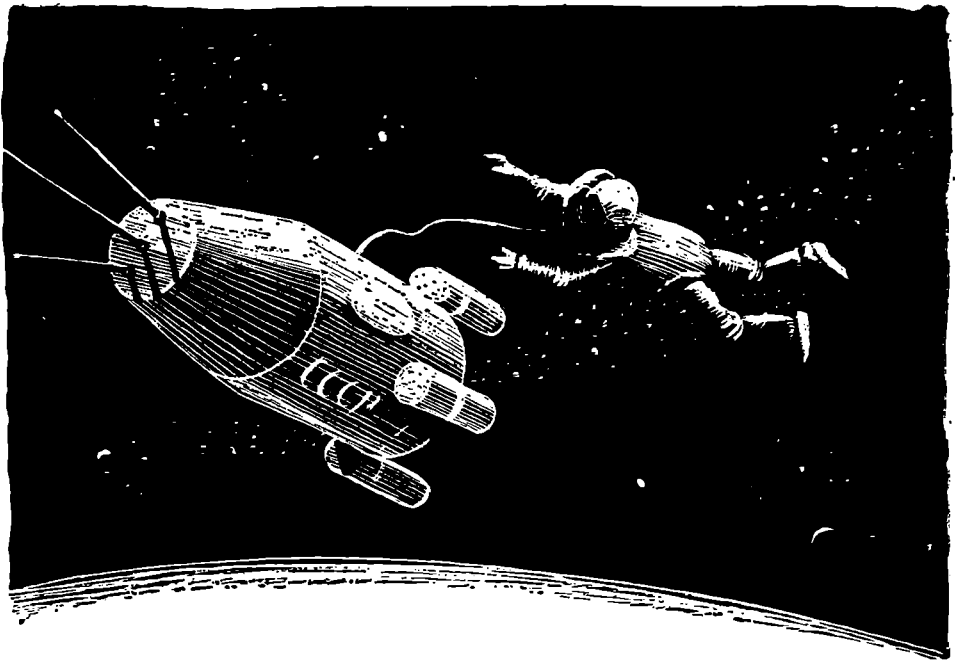
In der Sowjetunion wurde die Erforschung und Erschließung des Kosmos durch den Menschen planmäßig und systematisch fortgesetzt, waren neue Trägerraketen und das erste dreisitzige Raumschiff entwickelt und getestet worden. Am 12. Oktober 1964 erfolgte der Start von „Wos-chod I“. An Bord befanden sich außer dem Kommandanten, Oberst-Ingenieur Wladimir Komarow, zwei Wissenschaftler, die kurzfristig für den Raumflug ausgebildet worden waren: der Techniker Konstantin Feoktistow und der Mediziner Boris Jegorow.

Zum Begleiter der Eroberer des Weltalls geworden, untersuchte der Arzt das Befinden seiner Kameraden im Zustand der Schwerelosigkeit, ihre Atemtätigkeit, ihren Blutkreislauf, ihre Verdauung, ihren Schlaf. Nicht in den beengenden Raumanzügen wie ihre Vorgänger, sondern in leichten blauen Wollstoffjacken, hellen Sporthosen und bequemem Schuhwerk gingen die Kosmonauten ihrer Arbeit nach. Mit ähnlichen Instrumenten,

wie sie in der See- und Luftfahrt gebräuchlich sind, bestimmte Feoktistow die Position des Raumschiffes nach dem Stand der Gestirne, der Lage der Erde. Mit der Handsteuerung versuchte sich auch Komarow nach den Gestirnen zu orientieren, als gelte es, den Mond, den Mars oder die Venus anzufliegen. Dabei konnten die Kosmonauten ihre Beobachtungen unmittelbar austauschen und auswerten, bevor sie diese im Bordbuch festhielten oder per Funk zur Erde meldeten. So gelang es ihnen, beim Überfliegen der Arktis ein Polarlicht von oben zu beobachten und das eindrucksvolle Bild mit der Filmkamera festzuhalten.

Neuartig war auch die Landetechnik von „Wos-chod I“. Mit Beginn der sechzehnten Erdumkreisung bereiteten sich die drei Kosmonauten, in den bequemen Konturensesseln festgeschnallt, auf eine weiche Landung vor, deren Beherrschung ebenfalls eine Grundvoraussetzung für die Landung auf anderen Planeten bildet. Über Afrika wurde das Bremstriebwerk gezündet und die Bremsklappen ausgefahren. Nach dem Durchqueren der oberen Atmosphäreschichten entfalteten sich die Fallschirme. In unmittelbarer Bodennähe zündeten automatisch mehrere kleine Strahltriebwerke, deren Luftstrahl auf den Boden gerichtet ist. Sanft wie ein Hubschrauber setzte „Wos-chod I“ auf dem Feld einer Sowchose auf. Der neue Raumschiffstyp, die verbesserten Bordsysteme und die neuentwickelte Landetechnik hatten ihre Bewährungsprobe bestanden.

Am Morgen des 18. März 1965 startete das Raumschiff „Wos-chod II“, begann für Pawel Beljajew und Alexej Leonow die abenteuerlichste Reise ihres Lebens. In wenigen Minuten brachte die mächtige Trägerrakete mit einer Schubkraft von 650 000 kp das Raumschiff auf die berechnete Umlaufbahn. Bei einem Neigungswinkel von 65° betrug ihr erdfernster Punkt, Apogäum genannt, 495 km. Das war mehr als die doppelte Flughöhe der „Wostok“-Raumschiffe und übertraf den Höhenrekord von



„Wos-chod I“ um rund 90 km. Der ersten Sensation folgte kurz darauf eine zweite. Im Verlauf der zweiten Erdumkreisung erteilte Kommandant Beljajew seinem Kopiloten Leonow den Befehl, das Raumschiff zu verlassen.

Mit Hilfe von Beljajew überprüfte Leonow noch einmal seinen Spezialraumanzug, den Sitz des Schutzhelmes mit der Sprechereinrichtung, die Verbindungstrosse mit den Versorgungsleitungen und schwebte zum Luk der Luftschleuse. Nach erfolgtem Druckausgleich öffnete Leonow das Außenluk der Schleusenkammer und verließ die schützende Hülle des Raumschiffes. Und wieder wurden die Fernsehzuschauer in aller Welt zu Augenzeugen des historischen Augenblicks, in dem ein Mensch zum ersten Mal den freien Raum „betrat“.

„Schwebe frei im Raum. Bedingungen normal!“ meldete Leonow dem Raumschiffkommandanten, mit dem er in ständiger Sprechfunkverbindung stand. Auf dem Bildschirm war deutlich zu erkennen, wie sich Leonow vom Raumschiff entfernte, wie er

im Zustand der Schwerelosigkeit die ersten „Purzelbäume“ schlug und dann an die „Arbeit“ ging. Zu seinen Aufgaben gehörte die Untersuchung der Raumschiffhülle, als gelte es, eine dringliche Reparatur auszuführen, gehörten Filmaufnahmen und visuelle Beobachtungen der Erde und des Weltraums, als käme es darauf an, den Standort für eine Raumstation zu bestimmen. Zwanzig Minuten befand sich Leonow außerhalb des Raumschiffes. Erst nachdem er die Fernsehkamera demontiert hatte, die seinen Ausflug filmte, kehrte er an Bord des Raumschiffes zurück, das die beiden Kosmonauten sicher zur Erde zurückbrachte.

Angespornt von den sowjetischen Pionierleistungen in der Raumfahrt und in der Kosmosforschung, begann 1965 auch in Kap Kennedy Hochbetrieb. Mit den neuentwickelten „Gemini“-Raumschiffen bemühten sich die amerikanischen Raumfahrtbehörden, den sowjetischen Vorsprung aufzuholen. Virgil Gribb und Walter M. Schirra waren wieder mit dabei, als es die ersten „Zweisitzer“ einzufliegen und den Gruppenflug zu üben galt. Im Juni 1965, drei Monate nach Leonow, gelang Edward White als erstem amerikanischen Astronauten der Ausstieg in den Kosmos. In Fortsetzung der Rendezvoustechnik, beim Ankoppeln der „Gemini“-Raumschiffe an die „Agena“-Zielraketen, konnten auch Neill Armstrong, Michael Collins und Edwin Aldrin, deren Namen als Mondfahrer vier Jahre später Schlagzeilen machten, ihre Gesellenprüfung als künftige „Weltraummonteure“ ablegen.

Die sowjetischen Raumfahrtspezialisten hatten in der Zwischenzeit mit unbemannten Raumflugkörpern zwei weitere wichtige Voraussetzungen für den bemannten Raumflug gemeistert. Mit „Proton 1“ hatten sie den bisher schwersten Satelliten auf eine Erdumlaufbahn gebracht. Seine Gesamtmasse betrug über 12 t, was etwa der Gesamtmasse von zwölf vollbesetzten „Trabant“-Kraftwagen entspricht. Gleichzeitig war es mit den Satel-

liten vom Typ „Poljot“ gelungen, das Problem der Bahnkorrekturen, eine Grundbedingung für automatische Kopplungsmanöver, zu lösen. Das erste automatische Kopplungsmanöver zweier unbemannter Raumflugkörper erfolgte mit den Forschungssatelliten „Kosmos 186“ und „Kosmos 188“, bevor es im Oktober 1968 mit der Kopplung der Raumschiffe „Sojus 2“ und „Sojus 3“ durch Oberst Georgi Beregowoi in den bemannten Raumflug eingeführt wurde.

Voll augenscheinlich wurde die technische Vollkommenheit des neuen Raumschiffstyps erst mit dem Doppelstart von „Sojus 4“ und „Sojus 5“, der gleich ein halbes Dutzend Raumflugpremiere brachte. Zum ersten Mal erfolgte ein Gruppenflug mit vier Kosmonauten, zum ersten Mal wurden zwei bemannte Flugkörper im Raum gekoppelt, zum ersten Mal befanden sich gleichzeitig zwei Kosmonauten außerhalb der Raumschiffe und wechselten nach getaner „Arbeit“ ihr Quartier, wobei eine weitgehende Arbeitsteilung stattfand. Hatte Oberstleutnant Wladimir Schatalow mit „Sojus 4“ das Anlegemanöver gesteuert, so übernahm Oberstleutnant Boris Wolynow die Steuerung der gekoppelten Raumschiffe, während Oberstleutnant Jewgeni Chrunow und Bordingenieur Alexej Jelissejew die Montagearbeiten außerhalb der Raumschiffe ausführten. Selbst dieses Unternehmen wurde bald darauf durch den ersten Formationsflug von drei „Sojus“-Raumschiffen übertroffen, die – beginnend am 11. Oktober 1969, 12 Uhr 10 MEZ – im Abstand von jeweils 24 Stunden starteten und sich mittels Handsteuerung bis auf Sichtweite näherten. Damit befanden sich zum ersten Mal in der Geschichte der Raumfahrt sieben sowjetische Kosmonauten gleichzeitig im All. Kommandeur des Formationsfluges war Fliegerkosmonaut Wladimir Schatalow, der bereits im Frühjahr des ereignisreichen Jahres „Sojus 4“ gesteuert hatte. Auch sein Bordingenieur Alexej Jelissejew war beim ersten „Sojus“-Gruppenflug dabeigewesen. Und erstmalig in der Geschichte der Raumfahrt verwandelte sich ein

Raumschiff in eine Montagewerkstatt. Unter den Bedingungen des kosmischen Vakuums wurden an Bord von „Sojus 6“, während der 77. Erdumkreisung, mit Hilfe eines Spezialgerätes verschiedene Schweißarbeiten ausgeführt, wie sie für den Aufbau von Raumstationen erforderlich sind.

Ebenso neuartig wie die Kopplungstechnik, das Flug- und das Arbeitsprogramm war die Konstruktion der Raumschiffe und Raumanzüge, der schützenden Hüllen des Menschen inmitten einer lebensfeindlichen Umwelt. Außer dem Antriebsteil verfügen die „Sojus“-Raumschiffe über zwei Räume, den Kommandoraum, der einer gewaltigen Geschößspitze gleicht, und einen kugelförmigen Raum, der den Kosmonauten als wissenschaftliches Laboratorium, als Ruheraum und zugleich als Ausstiegsschleuse in den Weltraum dient. Auch die künftigen Weltraummonteure waren nicht mehr durch die leicht zu gefährdende Versorgungsleitung an das Raumschiff gebunden und in ihren Bewegungen behindert.

Die neuen Raumanzüge verfügten über ein eigenes, unabhängiges Versorgungssystem, das ihre Träger gegen die kosmische Strahlung schützt, sie mit Atemluft versorgt, den Luftdruck und die Luftfeuchtigkeit reguliert.

Seit dem Start der „Sojus“-Raumschiffe besteht kein Zweifel mehr daran, daß es möglich ist, Außenreparaturen an fliegenden Raumschiffen vorzunehmen oder Raumschiffbesatzungen während des Fluges – zum Beispiel in Havarie- oder Krankheitsfällen – auszuwechseln, Raumstationen im Kosmos zu montieren und die Apparaturen automatischer Stationen durch den Menschen überwachen zu lassen.

Schon seit dem Start der ersten „Sputniks“ wurden die Fortschritte der Raumfahrttechnik in der UdSSR nicht nur zur weiteren, schrittweisen Erforschung des kosmischen Raumes, sondern auch für die Verbesserung der Lebensbedingungen auf der Erde nutzbar gemacht.

Himmelsstudios und Raumstationen

Seit der Erfindung des Thermometers und des Barometers hat die Familie der Meßgeräte und Beobachtungsinstrumente zahlreiche Nachfolger erhalten. Seit den Bemühungen Alexander von Humboldts zur Errichtung von meteorologischen Stationen in allen Teilen der Erde hat sich deren Zahl von Jahr zu Jahr erhöht. Die Eroberung der Luft mit Flugzeugen, Stratosphärenballonen und Radiosonden ermöglichte den Meteorologen neue Beobachtungsmethoden. Aber noch immer weist das Netz der Beobachtungsstationen spürbare Lücken auf. Über den Ozeanen, den schwer zugänglichen Polargebieten sowie in den großen Wüstengürteln der Erde sind solche Lücken geblieben. Alljährlich fordern Orkane in bestimmten Gebieten Amerikas und Asiens Tausende von Menschenleben, vernichten Wirbelstürme Dörfer, Städte und Ernten. Flutkatastrophen, Dürren und Hagelschläge verursachen ebenfalls große volkswirtschaftliche Schäden.

Weiter als der Blick der Wetterpiloten, die in Überschall-Strahlflugzeugen die Wirbelstürme in ihren Entstehungszentren aufzuspüren versuchen, reicht das Blickfeld der in einen künstlichen Erdsatelliten eingebauten Fernsehkamera. Diese Überlegungen führten dazu, bereits im Jahre 1960 den ersten Wettersatelliten in einer Höhe von etwa 700 km auf eine Umlaufbahn um die Erde zu bringen.

Die neue Beobachtungsmethode bewährte sich. So ermittelte der Wettersatellit „Tiros 3“ z. B. die Wirbelstürme „Esther“ und „Carla“ schon zwei Tage vor ihrer Entdeckung durch Flugzeuge und Schiffe. Rechtzeitig konnten Hunderttausende Menschen aus den bedrohten Gebieten evakuiert werden. Bis Ende 1965 übermittelten die Wettersatelliten bereits 520 000 Wetterfotos zur Erde. Eine weitere entscheidende Verbesserung brachte der sowjetische Wettersatellit „Kosmos 122“. Ausgerüstet mit Infra-

rotstrahlern ermöglicht er es, auch nachts Wolkenbilder aufzunehmen.

Da die künstlichen Erdsatelliten unseren Planeten im Laufe eines Tages mehrmals umrunden, blieb die Dauer für den Abruf der Wetterfotos durch die Bodenstationen zunächst auf jeweils 20 bis 30 Minuten beschränkt. Je höher die Umlaufbahn des Satelliten, desto größer das Blickfeld der Kameras und desto länger die Dauer von Übertragungen. In etwa 36 000 km Höhe benötigt der Satellit zu einem Erdumlauf die gleiche Zeit wie die Erde für ihre Rotation. Für den irdischen Beobachter scheint der Satellit „stillzustehen“. Sein Blickfeld umfaßt etwa ein Drittel der Erdoberfläche. Die erste automatische Wetterstation dieser Art, deren Energieversorgung durch Sonnenbatterien erfolgt, ging Ende 1966 im Kosmos „vor Anker“.

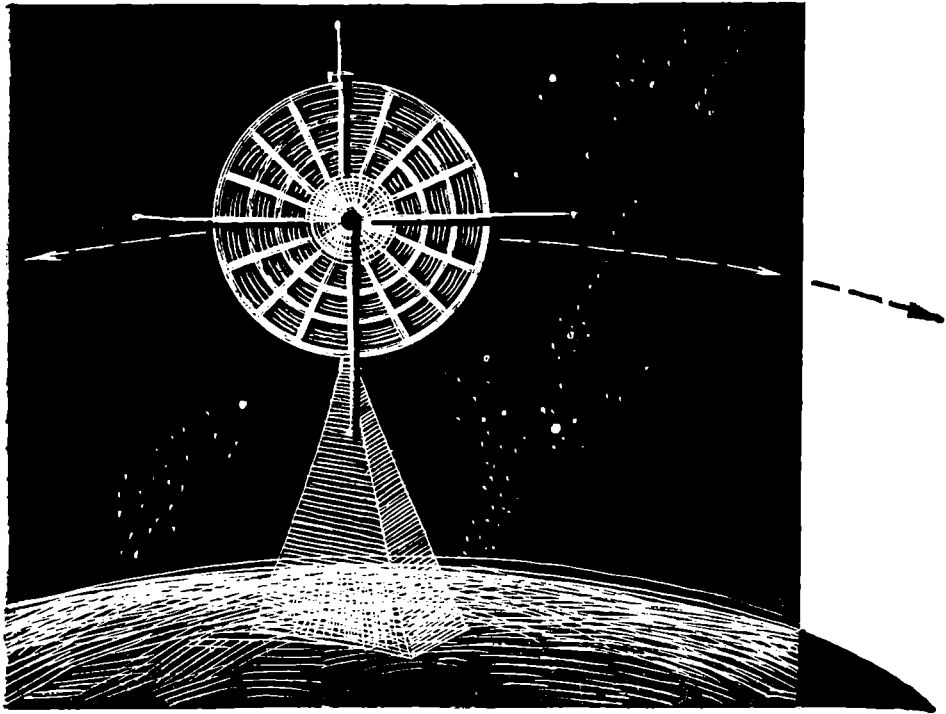
Von elektronischen Rechenmaschinen ausgewertet und den regionalen Wetterdienstzentralen zugestellt, erreichen die Wetterprognosen immer größere Zuverlässigkeit, entscheidet sich der „Wettlauf mit dem Wetter“ immer eindeutiger zugunsten des Menschen. Doch der Mensch wird nicht eher ruhen, bevor er nicht auch zum Beherrscher des Wettergeschehens geworden ist. Die geschickte Ausnutzung der in der Natur herrschenden Gesetzmäßigkeiten eröffnet ihm Möglichkeiten, die meteorologischen Vorgänge in der Atmosphäre zu beeinflussen. Schon kann der Mensch die Wolkenbildung korrigieren und mit Hilfe von Chemikalien künstliche Niederschläge produzieren. Vielleicht werden die „Himmelsstudios“ von heute die Wetter- und Klimaschaltzentralen unseres Planeten von morgen sein.

1962, zwei Jahre nach dem ersten Wettersatelliten, umkreiste der erste Nachrichtensatellit die Erde, war es den Wissenschaftlern und Technikern gelungen, die Errungenschaften der Raumfahrt der Verbesserung der Nachrichtenübermittlungen zwischen den Kontinenten dienstbar zu machen. Bis dahin war der zunehmende Übersee-Fernsprechverkehr an die aufwendigen Seekabel

gebunden. Der kontinentale Funkverkehr setzte den Aufbau von Richtfunkstrecken voraus. Die Reichweite der Fernsender ging über die optische Sichtweite von etwa 100 km kaum hinaus. Da sich die zur Übertragung von Fernsehsendungen benutzten Wellen geradlinig wie das Licht ausbreiten, wurde jeder Berg, jede Häusergruppe und die Erdkrümmung selbst zu einem unüberwindlichen Hindernis für sie. Je höher also ein Fernsehturm aufragt, desto größer ist seine Reichweite. Deshalb zählen die Fernsehtürme zu den höchsten von Menschenhand geschaffenen Bauwerken unserer Zeit. Doch selbst der höchste Fernsehturm wird – wie die Flughöhen der Wetterflieger – von den Flughäfen der künstlichen Erdsatelliten um ein Vielfaches übertroffen.

Die ersten Fernsehübertragungen von Bord der sowjetischen Raumschiffe und automatischen Raumstationen erbrachten den Beweis, daß Bildsendungen von ausgezeichneter Qualität durch die Hochatmosphäre zur Erde übertragen werden können. Unser Sprachschatz war um ein neues Wort, die Nachrichtentechnik um einen neugeprägten Begriff reicher: Kosmovision. Der Gedanke lag nahe, künstliche Erdsatelliten nicht nur als Wetterbeobachter, sondern auch als Relaisstationen für die Übertragung von Rundfunk- und Fernsehsendungen, für die Übermittlung von Telefongesprächen zwischen den Kontinenten zu benutzen.

Mit den Nachrichtensatelliten verhält es sich wie mit den Wettersatelliten: je höher ihre Umlaufbahn, desto länger ihre „Sendezeiten“. Theoretisch würden drei Satelliten, in einer Höhe von 36 000 km über dem Äquator stationiert, genügen, um den Erdball mit einem lückenlosen Sendernetz zu umspannen. Ein solcher Satellit vom Typ „Syncom“, auf halbem Wege zwischen Tokio und Los Angeles über dem Pazifik stationiert, ermöglichte 1964 die erste weltweite Fernsehübertragung der Olympischen Sommerspiele in Tokio. Bei der Übertragung der Olympischen Sommerspiele aus Mexiko-City übernahm der Nachrichten-und-Wetter-Satellit „ATS-3“ diese Funktion.



In der Sowjetunion wurde mit dem Start der Nachrichtensatelliten vom Typ „Molnija“ und dem Aufbau der entsprechenden Bodenempfangsstationen die Möglichkeit geschaffen, in allen Sowjetrepubliken die Sendungen des Moskauer Fernsehens zu empfangen, die Übertragungen von Bord der „Sojus“-Raumschiffe und den Empfang ihrer mutigen Kosmonauten in Moskau mitzuerleben. So sind die automatischen Raumstationen, die seit fast einem Jahrzehnt ihren Dienst im erdnahen Raum versehen, zu unentbehrlichen Helfern der Menschheit geworden.

Es ist verständlich, wenn sich neben den Meteorologen und Nachrichtentechnikern auch die Vertreter anderer wissenschaftlicher Bereiche hohen Nutzen von der Schaffung geeigneter Arbeitsmöglichkeiten im „luftleeren Raum“ versprechen und sich an der Entwicklung von bemannten Raumstationen interessiert

zeigen. Die ersten Pläne zu solchen Stationen entwickelte Ziolkowski, der „Vater der Raketentechnik“. Er schlug vor, ihre Montage aus Fertigteilen vorzunehmen, die von Raumschiffen oder Transportraketen auf die Umlaufbahn in den Kosmos gebracht und dort zusammengesetzt werden müßten. Wie wir aus dem Kapitel „Kosmonauten-Parade“ wissen, ist die technische Seite dieses Problems glänzend gelöst.

Als Grundbedingung für einen längeren Aufenthalt des Menschen im Kosmos nannte Ziolkowski die Angleichung an die Lebensverhältnisse auf der Erde. Auch dieses Problem kann als gelöst betrachtet werden. Der Schutz vor gefährlichen Strahlungen aus dem All ist gemeistert. Für die Luftversorgung der Raumstationen bietet sich ein Sauerstoff-Stickstoff-Gemisch an, wie es in den ersten sowjetischen Raumschiffen verwendet wurde. Auch das Gemisch von Sauerstoff und Helium, das wir als Füllgas von Luftschiffen kennenlernten, liefert eine ausgezeichnete „Lebensluft“. Die Luftdruckregulierung einer solchen Station auf etwa 1 at ist nicht nur für Raumschiffe, sondern auch für die Raumanzüge der frei schwebenden Kosmonauten längst selbstverständlich geworden. Um Vergiftungen durch das ausgeatmete Kohlendioxid zu verhindern, muß die Atemluft ständig erneuert werden.

Für die Raumschiffe und Raumanzüge wurde deshalb ein funktionssicheres Regenerationssystem entwickelt.

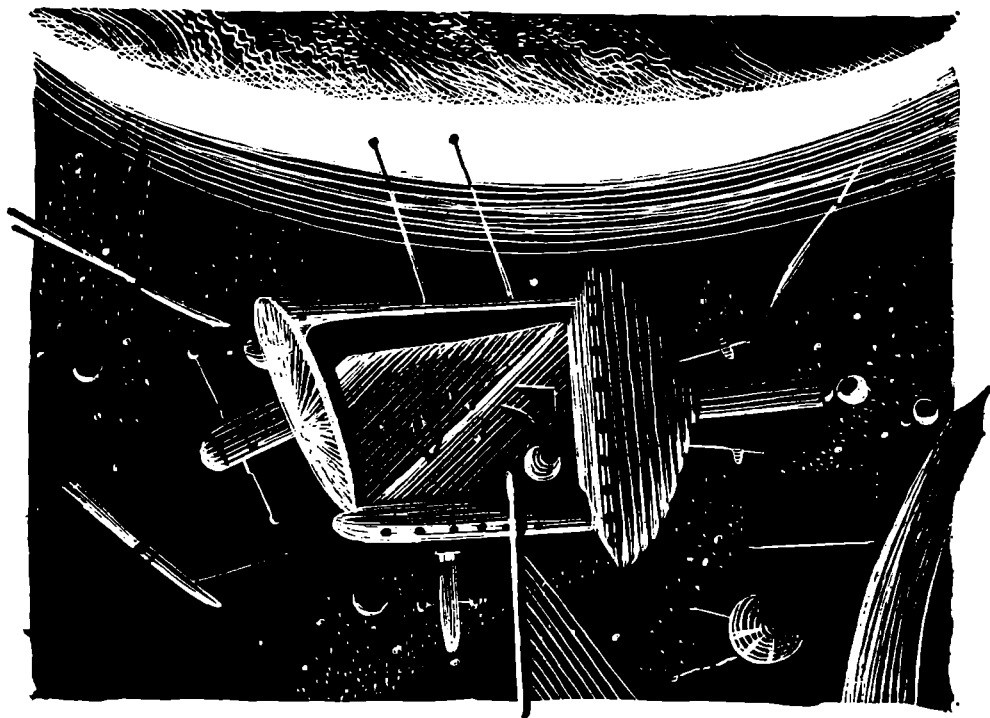
Für die Aufrechterhaltung des „Lebenskreislaufes“ in ständig bewohnten Raumstationen schlug Ziolkowski das Vorhandensein von Pflanzen vor. Diese kosmischen Nutzpflanzen müssen unempfindlich gegen Hitze und Kälte, aber auch gegen kosmische Strahlungen sein und eine besonders hohe chemische Aktivität entwickeln. Der Blick der Biochemiker richtet sich seit langem auf die Meeresalgen. Wer schon einmal seine Ferien an der See verbracht hat, kennt die vom Wellenschlag an den Strand gespülten grünen, braunen und roten Pflanzenbündel. Wer aber

sieht den dünnfaserigen Gebilden ihre Qualitäten an? Algen entwickeln einen besonders lebhaften Stoffwechsel. Aus Nährsalzlösung und dem vom Menschen ausgeatmeten Kohlendioxid bauen diese Meerespflanzen mit Hilfe der Strahlungsenergie des Lichtes Kohlehydrate, Fette, Eiweiße und Vitamine auf. Dabei geben sie beachtliche Mengen Sauerstoff ab und vermehren sich innerhalb eines Tages um ein Vielfaches ihres Anfangsgewichtes. Etwa 2,5 kp Algen würden genügen, einen Menschen im Kosmos längere Zeit am Leben zu erhalten. Die erforderliche Nährsalzlösung für den Aufbau der Algen könnte in der Raumstation, nach Keimfreimachung durch ultraviolette Strahlen, aus den menschlichen Ausscheidungen hergestellt werden. Schneller, als es Liebig erahnen konnte, wird sich auf den „Inseln des menschlichen Lebens“ im Kosmos der Kreislauf Düngung – Acker – Pflanze – Mensch vollziehen.



Bemannte Raumstationen bieten Meteorologen, Ozeanologen und Kartographen, Astronomen und Astrophysikern einen ausgezeichneten Beobachtungsplatz, der keine durch die Atmosphäre verhangenen Fenster kennt. Auf ihnen könnten Geophysiker und Strahlungsforscher neue Erkenntnisse gewinnen, da auch die Primärteilchen der kosmischen Strahlung beim Passieren der Erdatmosphäre wesentlich verändert werden. Mediziner könnten in den Raumstationen Patienten behandeln, denen der Zustand der Schwerelosigkeit die Heilung ihrer Leiden verspricht. In den Produktionsabteilungen könnten unter den Bedingungen des natürlichen Vakuums ultrareine Metalle hergestellt oder für bestimmte chemische Prozesse die Siedetemperaturen von Flüssigkeiten erheblich herabgesetzt werden.

Eine der Hauptaufgaben dieser „Mehrzwecke-Laboratorien“ wird in der Zukunft darin bestehen, Park- und Startplatz für die Raumschiffe zu sein, deren Ziel die Nachbarplaneten unserer Erde sind. Die Startbedingungen von einer solchen Raumstation aus sind besonders günstig. Hier angekommen, haben die Raumschiffe die dichten Schichten der Atmosphäre bereits durchstoßen und die Erdanziehung überwunden. Nachdem die ersten Stufen der Trägerraketen abgeworfen oder zum Aufbau neuer Raumstationen verwendet worden sind, kann Treibstoff nachgetankt und die Verpflegung ergänzt werden. Die Eroberer des Kosmos können sich unter ärztlicher Kontrolle an die Weltraumbedingungen gewöhnen, die Weltraummonteure können in Ruhe und Gründlichkeit die Antriebssysteme der Raumschiffe überprüfen und kleinere Reparaturen vornehmen, bevor sie ihren Flug zum Mond, zur Venus oder zum Mars fortsetzen. Die Meilensteine auf dem Weg zu fernen Welten sind aufgestellt.



Stimmen aus dem Kosmos

Lange bevor noch der Mensch eine reale Möglichkeit sah, sich aus dem Bannkreis der Erde zu lösen, bediente er sich optischer Hilfsmittel, um unseren Erdtrabanten und die Planeten des Sonnensystems, die Reiseziele der Raumfahrer von heute und morgen, zu erforschen. Schon in der Studierstube Galileis lernten wir das Fernrohr als eines der wichtigsten Instrumente der Himmelsbeobachtung kennen. Dem Linsenfernrohr, auch Refraktor genannt, gesellte sich das Spiegelfernrohr, der Reflektor, hinzu. Mit Linsen und Spiegeln von mehreren Metern Durchmesser, mit Brennweiten bis 20 m und mehr erinnern sie kaum noch an jene primitiven Geräte, mit denen Galilei die Sonnenflecke, die Mondgebirge und Jupitermonde entdeckte. Sie er-

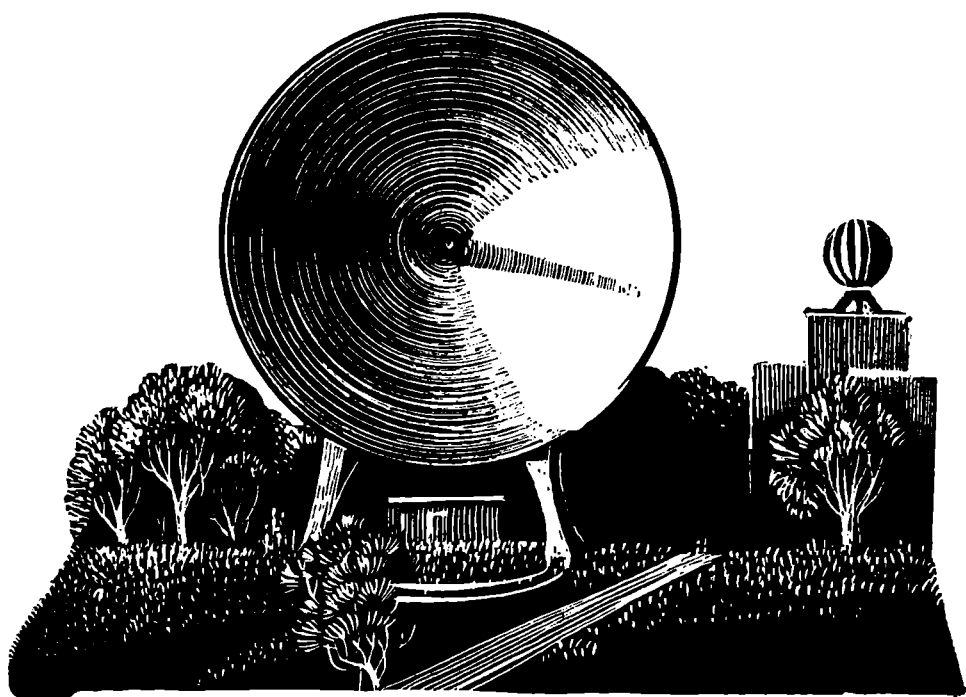
möglichen es den Astronomen, das Licht der Planeten, Fixsterne und kosmischen Nebel einzufangen und aus seiner Beschaffenheit die Größe und den Zustand der Himmelskörper zu ergründen. Bevor jedoch das Licht die Erde erreicht, muß es den Schutzschild der Atmosphäre passieren. Eine Wolke genügt, um das Fenster in den Kosmos zu verschließen.

Der Kosmos strahlt aber nicht nur Lichtsignale aus. Der Kosmos „spricht“ auch auf Radiowellen von einigen Zentimetern bis etwa 20 m Wellenlänge zu uns. Sonne und Sterne gleichen, wie Alexander Popow richtig vermutet hatte, überdimensionalen Rundfunksendern. Zu ihrem „planmäßigen Empfang“, zu ihrer Erforschung entstand vor etwa dreißig Jahren ein neuer Wissenschaftszweig: die Radioastronomie.

Mit der Radioastronomie hat sich der Mensch ein zweites Fenster in den Kosmos geöffnet, durch das er die Sterne auch bei wolkenverhangenem Himmel und bei Tage beobachten kann. Die Ausmaße der Radioteleskope, die im Prinzip feste oder bewegliche Richtfunkantennen sind, übersteigen die der optischen Teleskope beträchtlich. Antennendurchmesser von 50 bis 90 m sind keine Seltenheit, oft sind die Antennensysteme kilometerlang.

Mit ihren himmelwärts gerichteten „Riesenohren“ fangen sie die Sendungen von der Sonne, vom Mars oder der Venus und aus dem Milchstraßensystem auf und reflektieren sie zu den eigentlichen Empfangsantennen. Mit den größten Radioteleskopen könnten noch Radiosignale aus der unvorstellbaren Ferne von 10 Milliarden Lichtjahren aufgenommen werden.

Umgewandelt in elektrischen Strom, werden die kosmischen Signale in den Empfangsgeräten millionenfach verstärkt und hörbar gemacht. Dieser Vorgang erinnert an das Funktionsprinzip unserer Rundfunk- und Fernsehempfänger. Und wie beim irdischen Funkverkehr spielt die Ionosphäre im interplanetaren Funkverkehr eine wichtige Rolle. Die kosmische Radiostrahlung



kleinerer Wellenlänge wird von den Elementarteilchen in der Lufthülle aufgeschluckt wie die von der Erde ausgestrahlten Lang- und Mittelwellen. Die kosmischen „Langwellen“ aber werden von der Ionosphäre gleich den irdischen Kurzwellen zurückgeworfen, also reflektiert.

Mit Hilfe reflektierter Radioimpulse ist sowjetischen Wissenschaftlern wiederholt die Funkortung des Mondes und der Planeten Venus und Merkur gelungen. Die im Kosmos kreisenden Planeten werden dabei nach der gleichen Methode angepeilt, wie sie in der Flugsicherung gebräuchlich ist und nach der die Küstenfunkstationen den auf See befindlichen Schiffen mit ihrem Peilstrahl den Kurs in den schützenden Hafen weisen.

Noch ein anderes Experiment verdient Erwähnung. Sowjetische Radioastronomen schickten über eine Funkbrücke das erste Telegramm auf die Strecke Erde – Venus – Erde. Die drei bedeutungsvollen Worte „Lenin“ – „UdSSR“ – „Frieden“ eilten der

Phantasie und den Träumen der Raumfahrer voraus, „landeten“ wohlbehalten auf der Venus und kehrten nach acht Minuten klar und deutlich vernehmbar zur Erde zurück. Zur gleichen Zeit begann die Erkundung benachbarter Himmelskörper mit unbemannten Forschungssatelliten, auch Raumsonden genannt, wobei der Mond im Blickpunkt stand.

Unternehmen „Luna“

Über den Mond, der etwa 30 Erddurchmesser von uns entfernt ist und dessen Durchmesser ein Viertel des Erddurchmessers beträgt, wissen wir seit langem ziemlich gut Bescheid. Durch jedes normale Fernrohr kann man die Grobgliederung der uns zugewandten Mondseite erkennen. Bereits Mitte des 17. Jahrhunderts erschienen die ersten gedruckten Mondkarten und Beschreibungen der Mondoberfläche. Die bis zu 8000 m aufragenden Kettengebirge, die an die Gebirgszüge unseres Heimatplaneten erinnern, erhielten Namen wie Mondalpen und Mondkaukasus, Mondkarpaten und Mondpyrenäen. Die Mondkrater erhielten die Namen hochgestellter Persönlichkeiten oder hervorragender Naturforscher wie Kopernikus, Kepler und Guericke. Den dunklen Flächen, die man früher für Gewässer hielt, verliehen die Astronomen so poetische Bezeichnungen wie „Meer der Ruhe“, „See der Träume“, „Regenbogenbucht“ oder „Traumsumpf“. Obwohl wir auf der Mondkarte auch ein „Meer des Regens“ und ein „Meer der Feuchtigkeit“ finden, sind alle diese Namen irreführend. Es gibt auf dem Mond kein Oberflächenwasser. Und ohne Wasser gibt es keinen Wasserkreislauf, keine Verdunstung, keine Wolken, keine Atmosphäre, kein Wetter. Die Folge davon ist das Fehlen jeglicher Vegetation, jeglichen Lebens.

Die vertrauten Namen und sein täglicher Anblick machen den Mond nicht heimeliger. Eine Atmosphäre des Mondes ist selbst



durch die größten Teleskope nicht wahrnehmbar. Die Temperaturen in der Nähe des Mondäquators wechseln zwischen -150°C und $+120^{\circ}\text{C}$. Infolge seiner kleineren Masse ist die Wirkung der Schwerkraft an der Mondoberfläche wesentlich geringer als an der Erdoberfläche. Jeder Gegenstand, jeder Körper wiegt auf dem Mond nur ein Sechstel seines Erdengewichtes. Ein Kosmonaut, der beim Abflug von der Erde 60 kp auf die Waage gebracht hat, wiegt am Ziel seiner Reise nur 10 kp. Der Mensch, von dessen schöpferischer Phantasie und kühnen Taten unser Buch berichtet, ist dennoch entschlossen, sich die lebensabweisende Sphäre des Mondes zu erobern. Als Kundschafter schickte er seine automatischen Raumstationen voraus.

Als besonders erfolgreich erwiesen sich die sowjetischen Mondsonden der „Luna“-Serie, mit denen erstmalig die zweite kosmische Geschwindigkeit von 11,2 km/s erreicht und die Erd-

anziehungskraft überwunden wurde. „Luna 2“, der am 14. September 1959 einen roten Wimpel auf den Mond brachte, wurde zum ersten irdischen Sendboten auf unserem Erdtrabanten. „Luna 3“ umkreiste den Mond, um das Bild seiner unerforschten Rückseite auf den Filmstreifen zu bannen. In einer Spezialkapsel der Sonde wurde der Film entwickelt, fixiert und getrocknet. Eine ferngesteuerte elektronische Abtaströhre verwandelte den Bildinhalt zeilenweise in elektrische Impulse und schickte sie aus einer Entfernung von etwa 400 000 km zur Erde. Zum ersten Mal entstand eine Karte der Rückseite des Mondes, deren neu entdeckte Objekte auch die Namen von Maxwell, Hertz und Popow, Jules Verne, Konstantin Ziolkowski und anderen Helden unseres Buches tragen. Diese Aufnahmen wurden später durch die sowjetische „Sonde 3“ ergänzt und verfeinert.

Die erste Etappe der direkten Erforschung des Mondes krönte im Frühjahr 1966 die weiche Landung der automatischen Mondstation „Luna 9“ im Gebiet des „Ozean der Stürme“, der vier Monate später die amerikanische Mondsonde „Surveyor 1“ folgte. Für den bemannten Flug zum Mond gab es aber noch zwei wichtige steuertechnische Probleme zu lösen: das Einsteuern eines Raumschiffes in die Mondumlaufbahn und seine sichere Rückkehr zur Erde. Mit den Klängen der „Internationale“ steuerte im März 1966 „Luna 10“ als erster künstlicher Satellit auf eine Mondumlaufbahn ein, wenig später gefolgt von der amerikanischen Sonde „Lunar – Orbiter 1“. Danach lösten die sowjetischen Sonden 5 und 6 das Problem des Rückfluges und der sicheren Landung auf der Erde, wobei wieder die hohen Schichten der Atmosphäre selbst zum Bremsen genutzt wurden. Damit war es den sowjetischen Wissenschaftlern und Technikern gelungen, innerhalb weniger Jahre die technischen Probleme des bemannten Mondfluges zu lösen und unter den verschiedensten Bedingungen praktisch zu erproben. Um die komplexe Erforschung des Kosmos bemüht, wandten die sowjetischen Raum-

forscher die neugewonnenen Erkenntnisse und technischen Möglichkeiten – wie wir noch sehen werden – zur verstärkten Nahaufklärung im Bereich der erdnahen Planeten unseres Sonnensystems an. Anders in den USA, wo der bemannte Mondflug, die Verwirklichung des sogenannten „Apollo“-Programms, längst zum Hauptzweck der Raumforschung geworden war. Aus technischen Gründen mußte jedoch der Start der Apollo-Raumschiffe wiederholt verschoben werden. Eine ihrer Trägerraketen explodierte nach drei Erdumläufen, bei einer anderen fielen die Triebwerke aus. Beim Test der ersten Apollo-Raumkapsel auf dem Startgerüst verbrannten drei Astronauten, darunter Oberstleutnant Edward White und Virgil Grissom. Erst im Oktober 1968 gelang Walter Shirra und zwei anderen Astronauten mit „Apollo 7“ ein 260-Stunden-Flug um die Erde.

Schon zwei Monate später wurde „Apollo 8“ mit drei Mann Besatzung auf den Flug um den Mond geschickt, um aus 111 km Höhe den künftigen Landeplatz im „Meer der Ruhe“ zu inspizieren. Der Chefpilot Frank Borman und sein Kopilot James Lovell waren schon bei den „Gemini“-Gruppenflügen dabei gewesen. „Gemini“-Astronauten probierten auch die Mondlandefähre aus, mit deren Hilfe die ersten Menschen auf die Mondoberfläche abgesetzt werden sollten. Nach diesen Testflügen begann im Juli 1969 das bisher risikoreichste und kostspieligste Unternehmen der bemannten Raumfahrt, dessen Vorbereitung zehn Jahre lang über 300 000 amerikanische Wissenschaftler und Techniker beschäftigt und mit 26 Milliarden Dollar den größten Teil der für die Raumfahrt bereitgestellten Mittel verschlungen hatte.

Zwei Männer auf dem Mond

Am 21. Juli 1969 – einem Montag – meldeten die Nachrichtenagenturen aus Houston in Texas: „Als erster Mensch hat der amerikanische Astronaut Neill Armstrong am Montag um 3.56 Uhr (MEZ) den Mond betreten. Ihm folgte 20 Minuten später das zweite Mitglied der Apollo-Mondfähre Edwin Aldrin...“

Die Flugbahn, welche das mit einer Landefähre gekoppelte Raumschiff bis zu diesem Zeitpunkt zurückgelegt hatte, entsprach der von „Apollo 8“. Die Trägerrakete hatte „Apollo 11“ zunächst auf eine Parkbahn um die Erde gebracht, aus der heraus es durch einen zweiten Antriebsprozeß in die Freiflugbahn zum Mond eingesteuert wurde. In dieser Freiflugbahn bedarf das Raumschiff keines motorischen Antriebs. Erst bei der Annäherung an den Mond begannen die Triebwerke wieder zu arbeiten. Das Raumschiff wurde abgebremst und nunmehr in eine Mondumlaufbahn eingesteuert. Diese Anflugvariante bietet die Möglichkeit, im Falle von Gefahr nach dem Umfliegen des Mondes sofort zur Erde zurückkehren zu können.

Am 20. Juli, gegen 18.00 Uhr, erhielten Armstrong und Aldrin die Anweisung, aus dem Raumschiff in die Landefähre umzusteigen. Während Michael Collins mit „Apollo 11“ die Umkreisung des Mondes fortsetzte, näherte sich die abgetrennte Mondfähre auf einer elliptischen Bahn dem vorgesehenen Landeplatz im „Meer der Ruhe“ bis auf etwa 15 km. Damit hatte der schwierigste und gefahrvollste Teil des Landemanövers begonnen. Eine zweite Zündung des Triebwerkes brachte die Landefähre bis auf 1000 m an die Mondoberfläche heran. Die Bordcomputer gaben, mit Rechenaufgaben überlastet, Alarm. In etwa 150 m Höhe ging Edwin Aldrin, der Kommandant der Mondfähre, zur Handsteuerung über. Mit einer Geschwindigkeit von einem Meter pro Sekunde bewegte sich die Landefähre auf die

Mondoberfläche zu. Die Bremstriebwerke wirbelten eine graue Staubwolke auf. Ein leichter, federnder Stoß, ein Lichtsignal. Die Fähre hatte aufgesetzt.

Bevor Armstrong und Aldrin die Fähre verließen, bereiteten sie sofort den Wiederaufstieg vor, um im Notfall unverzüglich den Rückflug antreten zu können. Inzwischen erteilte ihnen die Bodenstation die Erlaubnis, zunächst für die Dauer einer Mondumkreisung durch „Apollo 11“ auf der Mondoberfläche zu bleiben. Erst fünf Stunden nach der Landung traf die Erlaubnis zum Verlassen der Fähre ein. Noch einmal überprüften die Astronauten das komplexe Versorgungssystem ihrer Druckanzüge, deren Versagen in dem Vakuum, das auf der Mondoberfläche herrscht, den Tod bedeutete. Dann ließen sie langsam die Luft aus der Kabine entweichen, um sie den physikalischen Verhältnissen des Weltraums anzupassen. Erst dann öffneten sie die Ausstiegsluke.

Zögernd ließ sich Neill Armstrong auf die mit einer dünnen Staubschicht bedeckte Mondoberfläche herab, die wie grauer Gips aussah. Für den Fall einer plötzlichen Rückkehr in die Kabine sammelte er hastig die ersten Bodenproben in einen Plastikbeutel. Die Fernsehzuschauer sahen, wie sich Armstrong nur langsam an die geringe Schwerkraft des Mondes gewöhnte. Nachdem auch Aldrin die Fähre verlassen hatte, begann – nicht ohne Hast – das vorgegebene Arbeitsprogramm. Zunächst prüften die Astronauten, ob die Landefähre mit ihrem als Startrampe für den Rückflug ausgebildeten Unterteil irgendwelche Schäden erlitten hatte. An ihrem Fuß installierte Aldrin ein Gerät zum Messen der sogenannten „Sonnenwinde“. Ein Laserreflektor wurde aufgestellt, der Lasersignale von der Erde zurückspiegeln soll, desgleichen ein Seismometer, zum Registrieren von Mondbeben und Meteoriteneinschlägen. Natürlich wurde auch die amerikanische Flagge aufgepflanzt.

Und immer wieder traten die Kameras in Aktion. Doch das

Blickfeld der Astronauten reichte kaum weiter als das der automatischen Kameras, die „Luna 9“ und „Luna 13“ auf die Mondoberfläche gebracht hatten und deren Aufnahmen Vertiefungen bis zu fünf Zentimetern exakt erkennen ließen. Nach etwa einstündigem Aufenthalt wurde den Astronauten von der Bodenstation ihr gutes gesundheitliches Befinden bestätigt. Das Aufnehmen der Bodenproben begann. Während Armstrong mit einer Spezialschaufel arbeitete, versuchte Aldrin, mit Hammer schlägen eine Röhre in den Mondboden zu treiben, um eine Bodenprobe aus den tieferen Schichten zu entnehmen. Aber die Röhre drang höchstens 10 bis 12 cm tief ein.

Als erster kehrte Aldrin in die Fähre zurück, um das Verladen der Boden- und Gesteinsproben mit Hilfe einer Aufzugvorrichtung vorzubereiten. Danach stieg auch Armstrong ein. Die Kabine wurde wieder mit künstlicher Atmosphäre gefüllt. Gegen 9.00 Uhr öffnete sich die Luke zum letzten Mal, warfen die Astronauten den überflüssigen Ballast ab, wodurch ein günstigeres Nutzlastverhältnis für den Rückflug hergestellt wurde. Insgesamt blieb für eine Million Dollar „Müll“ auf dem Mond zurück, darunter die Fernsehkameras, die den ersten Ausflug des Menschen auf dem Mond gefilmt hatten. Danach versuchten Armstrong und Aldrin zu schlafen, obwohl es in der Kabine empfindlich kühl war.

16.15 Uhr (MEZ) ließ die Kontrollstation in Houston auf dem Mond den „Wecker klingeln“. Armstrong und Aldrin begannen mit den Vorbereitungen zum Start. Der Bordcomputer bekam wieder Arbeit. 18.51 Uhr überflog „Apollo 11“, von Collins gesteuert, den Landeplatz. Im gleichen Augenblick wurde das Triebwerk des Aufstiegssteiles der Mondfähre gezündet. Es funktionierte ausgezeichnet. Mit einem Schub von 1590 kp überwand es die Anziehungskraft des Mondes und trug den Rückflugteil innerhalb von sieben Minuten auf die Mondumlaufbahn. Doch das Mutterschiff war schon weit voraus. Eine komplizierte

Situation. Von Armstrong mit der Hand gesteuert, jagte die Mondfähre mit einer Geschwindigkeit von 6643 km/h hinter dem Mutterschiff her. Nach dreieinhalbstündiger Verfolgungsjagd war es eingeholt.

Um 22.32 Uhr erfolgte das Kopplungsmanöver, konnten Armstrong und Aldrin erschöpft, aber glücklich in das Mutterschiff umsteigen. Während die abgekoppelte Mondfähre auf der Mondumlaufbahn zurückblieb, zündete das Triebwerk von „Apollo 11“ und trat in die rund 380 000 km lange Freiflugbahn zur Erde ein. Drei Tage später, in den Nachmittagsstunden des 24. Juli 1969, begann die letzte, entscheidende Phase. Der fünf Meter lange Antriebsteil des Raumschiffes wurde abgesprengt. In einer Höhe von 122 000 m und mit einer Geschwindigkeit von 40 000 km/h, tauchte die Kommandokapsel in die obersten Schichten der Atmosphäre ein. Für Minuten brach der Funkkontakt infolge Erhitzung der Kapsel zusammen. Minuten, die darüber entschieden, ob der Eintauchwinkel des Raumschiffes exakt eingehalten war oder nicht. Setzte das Raumschiff zu flach auf, würde es wie ein über das Wasser geworfener Kiesel in den Weltraum zurückgeschleudert. Tauchte es zu steil ein, müsste es verglühen.

Das Manöver glückte. 17.50 Uhr schwebte die Kommandokapsel von „Apollo 11“ an riesigen Fallschirmen auf den Pazifik nieder, etwa 17,5 km vom Mutterschiff der Bergungsflotte entfernt. Nachdem Froschmänner der Kapsel Schwimmanschetten angelegt und den Astronauten Isolieranzüge hineingereicht hatten, konnte Collins dem Kontrollzentrum in Houston melden: „Die Besatzung befindet sich in guter Verfassung!“ Entgegen dem üblichen Begrüßungszeremoniell an Bord der Bergungsschiffe wurden die drei Mondfahrer sofort in eine transportable Isolierstation unter Deck gebracht, in der sie 18 Tage in strenger Quarantäne verbleiben mußten, um keine unbekannten Krankheitskeime auf unseren Planeten einzuschleppen.

Zu den ersten Gratulanten der amerikanischen Mondfahrer zählten die sowjetischen Kosmonauten und Raumfahrtwissenschaftler. Sicher ist, daß der Mond schon weitere Besucher empfangen haben wird, wenn unser Buch in die Hand des Lesers gelangt. Alle diese Unternehmungen zielen darauf ab, dem Erdtrabanten seine letzten Geheimnisse zu entreißen, ihn zur größten bemannten Raumstation im Kosmos, in einen „achten Kontinent der Erde“, umzugestalten. Schon sind die Modelle für die erste Mondstadt ausgearbeitet, befinden sich die ersten Mondfahrzeuge in der Erprobung. Mit der Landung der ersten Menschen auf dem Mond hat die Erschließung des Erdtrabanten erst begonnen.

Auf der Sonnenbahn

...Mit hundertfacher Lichtgeschwindigkeit rast das Raumschiff „Tellur“ durch den Kosmos. Über den Bildschirm des Funkortungsgerätes zucken grellrote Feuerbänder.

„Das Herz der Schlange!“ flüstert Mut Ang, der Chefpilot, erregt. „In der Sprache der Erde, die achtundsiebzig Lichtjahre hinter uns liegt, trägt es die Bezeichnung Cor serpentis!“

Auf dem Flug des Raumschiffes „Tellur“ zum Sternbild des Herkules bildet die Passage der Schlangensterne nur eine Etappe, den siebenten Teil der unermesslichen Entfernung, die es zu überwinden gilt. Niemand an Bord zweifelt daran, daß sie das Ziel erreichen und ihren Auftrag ehrenvoll erfüllen werden. Seitdem man auf der Erde Ultrakurzwelligensignale von Sternen des Sternbildes Herkules empfangen hat, scheint es sich zu bestätigen, daß auf einem überfernen Planeten vernunftbegabte Wesen leben. Leben sie wirklich noch? Benötigen die ausgestrahlten Wellen nicht Hunderte, Tausende von Jahren, um auf die Erde zu gelangen? Erst in jüngster Zeit ist es den Erden-

menschen gelungen, die geheimnisvollen Signale aus dem Kosmos zu entschlüsseln. Ebenso jung ist die Entwicklung von Pulsationstriebwerken, die die Raumschiffe hundert- und tausendmal schneller als das Licht sein lassen.

Bevor Mut Ang diese Gedanken zu Ende denkt, liegt das „Herz der Schlange“ bereits Millionen von Kilometern hinter ihnen. Ein winziger Lichtpunkt nur, kaum größer als ein Stecknadelkopf, zittert am unteren Rand des Bildschirms. Ist es der Stern, dem ihre Reise gilt? Wohl kaum. Obgleich von der 150fachen Größe der Sonne, besitzt er nur geringe Ausstrahlungskraft. Selbst mit den stärksten Spiegelteleskopen ist es bisher noch nicht gelungen, ihn von der Erde oder dem Mond aus zu sighten.

Oder ist der Lichtpunkt, der einem harmlosen Glühwürmchen gleicht, ein gefahrendrohender Komet, ein riesiger Meteorit? Im gleichen Augenblick ertönen die automatischen Alarmanlagen. Die diensthabenden Kosmonauten stürzen an ihre Plätze. Mut Ang weist wortlos auf den Bildschirm. Das Lichtpünktchen beginnt zu flackern, erlischt, flammt wieder auf. Es blinkt in regelmäßigen Intervallen, je zwei- und viermal. Die Männer von der Erde sehen sich an. Lichtsignale? Nur eine einzige Kraft im Weltall vermag diese rhythmische Folge hervorzubringen: denkende und technisch hochentwickelte Lebewesen!

„Tellur“, das Raumschiff der Erdbewohner, nähert sich dem Raumschiff eines unbekannten Sonnensystems! Seine Besatzung muß über vorzügliche Navigations- und Signaleinrichtungen verfügen. Mut Ang befiehlt: „Stellen wir uns auf die Signalfolge ein, vielleicht gelingt uns eine Verständigung!“

Der Funker Kari Ram bedient sich der Signale des Lichtkodes. Es ist kaum begreiflich, daß die rhythmischen Bewegungen seiner Hand einen Wechsel von Licht und Schatten auf dem Bildschirm des fremden Raumschiffes hervorzurufen vermögen. Aber die Signale werden empfangen und wohl auch verstanden, denn man erwidert sie . . .

„Bremstriebwerke einschalten!“ befiehlt Mut Ang. „In wenigen Augenblicken werden wir, die Abgesandten der Erde, zum erstenmal unseren Brüdern aus dem All die Hände reichen“ ... –

So etwa stellt sich Iwan Jefremow, ein sowjetischer Gelehrter und Meister der wissenschaftlichen Phantastik, die erste Begegnung zwischen Erdenmenschen und Wesen aus dem Kosmos vor. Die Phantasie des Menschen ist unbegrenzt. Wenn es auch heute noch keine Raumschiffe gibt, welche nur annähernd Lichtgeschwindigkeit erreichen, eines Tages können sie Wirklichkeit sein. Die Ahnenreihe der modernen Überschall-Strahlflugzeuge reicht bis zu Lilienthals und Moshaiskis Flugdrachen zurück. Den Raumschiffen der „Sojus“- und „Apollo“-Serie werden neue Raumschiffe folgen, auch solche mit neuartigen Triebwerken. Schon mit den sowjetischen automatischen Stationen „Sonde 2“ und „Sonde 3“, die in Richtung Mond, Mars und Jupiter aufklärten, wurden Plasmatriebwerke im Orientierungssystem erprobt.

Nicht weniger vertraut wie der Anblick des Mondes ist den Menschen die Venus, unser Morgen- und Abendstern. Die Planetenbahn der Venus verläuft unserer Erdenbahn am nächsten. Seit dem Start der sowjetischen Sonden „Venus 1“ und „Venus 2“ wissen wir, daß ein Raumschiff zur Erreichung dieses Reisezieles etwa 80 bis 150 Tage benötigen würde, während ein Düsenjäger bei einer Geschwindigkeit von 2500 km/h etwa 16 Jahre unterwegs sein müßte. Da die Venus eine fast ebenso dichte Atmosphäre wie die Erde besitzt, schlossen die Astronomen daraus, daß ihre Oberfläche von Wasser bedeckt sei. Damit wäre eine wichtige Vorbedingung für die Bildung von Lebewesen und dem zeitweiligen Aufenthalt von Erdenmenschen auf diesem Planeten gegeben gewesen. Die weich gelandeten automatischen Stationen „Venus 4“, „Venus 5“ und „Venus 6“, die eine Fülle von Meßwerten zur Erde übermittelten, haben diese Annahme widerlegt. Die Venus gleicht vielmehr einem wahren Höllen-

schlund unter einem ständig gewitterschwangeren Himmel. Ihre Atmosphäre besteht zu 93 bis 97 % aus Kohlendioxid, zu 2 bis 4 % aus Stickstoff und Edelgasen und nur zu 0,4 % aus Sauerstoff. In den Landegebieten wurden Temperaturen bis zu 320 °C und Luftdrücke bis zu 27 at gemessen. Die Wissenschaftler halten es für möglich, daß unmittelbar an der Venusoberfläche Temperaturen bis zu 530 °C und ein Luftdruck bis zu 140 at anzutreffen sind. Der Chefkonstrukteur der sowjetischen „Venus“-Sonden erklärte deshalb: „Unsere Kinder und Enkelkinder werden wohl kaum auf die Venus fliegen!“

Der zweite erdnahe Planet unseres Sonnensystems ist der Mars mit seinen zwei Monden, der den Schauplatz zahlreicher utopischer Erzählungen, Hörspiele und Filme darstellt. Seit vor etwa 100 Jahren ein italienischer Astronom auf der Marsoberfläche ein dunkles Liniensystem entdeckte, waren die „Marskanäle“ bald in aller Munde. Die Phantasie der Astronomen sah darin die grandiosen Bauwerke geheimnisvoller Marsmenschen zur Bewässerung ihres wasserarmen Planeten. Obendrein belebte der italienische Astronom den Mars noch dadurch, daß er die von ihm beobachteten Gebiete mit geographischen Bezeichnungen aus den irdischen Atlanten belegte. So finden wir auf den überlieferten Marskarten einen Nil und einen Ganges, Libyen und Griechenland, die Heimat des Aristoteles.

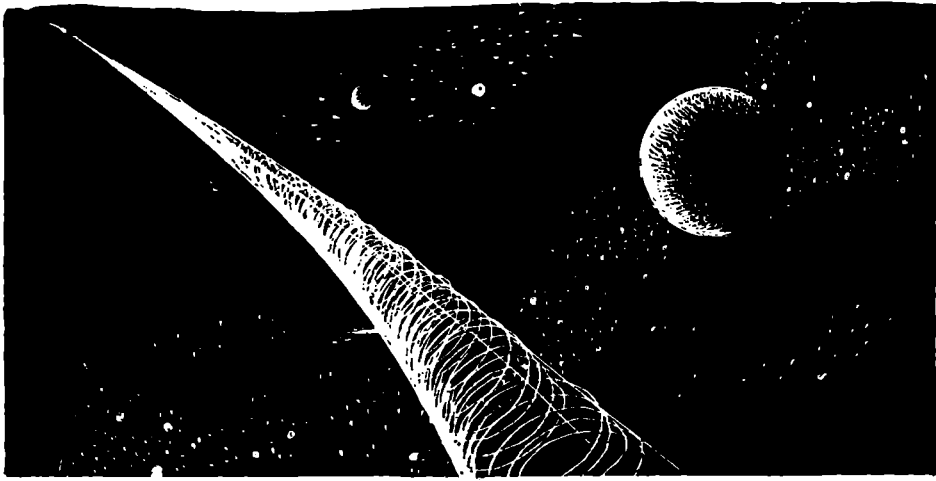
Trotzdem brauchen die Marsfahrer am Ziel ihrer 260-Tage-Reise keinen Zusammenstoß mit Marsbewohnern zu befürchten. Die „Marskanäle“ haben sich längst als optische Täuschung erwiesen. Auf dem Mars werden allenfalls einige niedere Lebewesen anzutreffen sein. Über das Vorhandensein einer Marsatmosphäre bestehen heute keine Zweifel mehr. Die Astronomen, die durch ihre Riesenteleskope die Bewegung und Auflösung von Wolken beobachten konnten, haben sie sogar in Stockwerke eingeteilt. Auch sonst läßt sich der Mars – entgegen der Venus – durchaus mit irdischen Maßstäben vergleichen. In seiner Größe

und Dichte ähnelt er der Erde, was für die gleiche Schwerkraft spricht. Trotz der Wasserarmut scheint es auf dem Mars einen jahreszeitlichen Witterungswechsel zu geben, wobei die mittlere Jahrestemperatur bei etwa 15°C liegt. Selbst die Tageslänge weicht nur um einige Minuten von der Dauer eines Erdentages ab. Dafür entspricht ein Marsjahr fast zwei Erdenjahren.

Die Hauptschwierigkeit bildet wiederum die „Luftversorgung“ der Kosmonauten. Die zahlreichen automatischen Marssonden, die in den letzten Jahren den Mars angeflogen haben, ermittelten, daß in der Marshülle der Kohlendioxidanteil wesentlich höher und der Sauerstoffanteil bedeutend geringer ist als in der Erdatmosphäre. Dabei beträgt der Barometerstand an der Marsoberfläche höchstens 80 Torr, so daß Wasser bereits bei 42°C zu sieden beginnen müßte.

Der von zwölf Monden begleitete Jupiter ist der weitaus größte Planet in unserem Sonnensystem. Er ist so gewaltig, daß er 318 Erdmassen in sich aufnehmen könnte. Die Geschwindigkeit, mit der er um die Sonne kreist, beträgt etwa das Fünffache der unserer Erde. Das macht eine Landung und den Wiederaufstieg zum Rückflug vorerst noch unmöglich. Ähnliche navigatorische Schwierigkeiten erschweren den Vorstoß zu den Riesenplaneten Saturn, der durch das ihn umgebende Ringsystem Berühmtheit erlangte, Uranus und Neptun. Die Lebensbedingungen auf den sonnenfernen großen Planeten dürften noch ungünstiger sein als auf der Venus. Ihre Meere scheinen sich aus Kohlenwasserstoffen in der Art von Leichtbenzin zusammenzusetzen. Ihre Atmosphäre besteht vermutlich aus giftigen Ammoniak- und Methandämpfen. Der Jupiter ist außerdem von einem starken Strahlungsgürtel umgeben, der es dem Menschen schwer machen wird, ihn ohne gesundheitliche Schädigungen zu durchbrechen.

Bleiben noch der sonnennächste und der sonnenfernste Planet, der Merkur und der Pluto, zu nennen. Beide sind bisher nur



wenig erforscht. Doch das wenige genügt, um keine falschen Vorstellungen zu erwecken. Die Oberflächenbeschaffenheit des Merkurs erinnert zwar an die des Mondes. Sogar eine dünne Atmosphäre scheint vorhanden zu sein. Durch seine große Sonnennähe erreichen die Temperaturen jedoch Werte, die der Entstehung von Leben ebenso feindlich sind wie die extreme Kälte, die auf dem Pluto anzutreffen ist. Auf dem Pluto liegen die Temperaturen nur wenige Grade über dem absoluten Nullpunkt. Vierzigmal so weit von der Sonne entfernt wie unsere Erde, würde der Pluto – bei zweiter kosmischer Geschwindigkeit – in einer Zeitspanne von etwa 30 Jahren zu erreichen sein. Bei Beschleunigung durch die Gravitationsfelder von Jupiter, Saturn und Uranus erscheint es jedoch möglich, die Dauer des Fluges auf neun Jahre zu verkürzen. Die günstigste Konstellation der Planeten für den Start einer solchen Pluto-Sonde ergibt sich im Oktober 1978. In der Sowjetunion haben die Vorbereitungen zu diesem Ereignis schon begonnen.

Aber das Weltall endet nicht beim sonnenfernsten Planeten unseres Sonnensystems. Unsere Erde ist nur ein winziger Punkt, unsere Sonne nur ein Stern innerhalb des Milchstraßensystems. Die Milchstraße bildet eine Anhäufung von Milliarden Sternen,

Sternenhaufen und Sternenwolken. Viele von ihnen weisen denselben Zustand auf wie die Sonne, übertreffen sie jedoch um ein Vielfaches an Größe. Jede zehnte dieser Sonnen ist von einem eigenen Planetensystem umgeben. Warum soll sich darunter nicht ein der Erde verwandter Sternkörper befinden? Eine „Insel des Lebens“, eingehüllt von einem schützenden Luftozean, inmitten der Leere.

Könnten wir über die Grenzen der Milchstraße hinausblicken, würden wir in der Tiefe des Raumes Milliarden noch fernerer Sternensysteme entdecken, von denen allein der Andromedanebel doppelt so groß ist wie das Milchstraßensystem. Wieder folgt die Frage, ob sich unter den überfernen Planeten nicht ein Bruder unserer Erde befindet. Noch weiß der Mensch nicht, wie er die Entfernungen zwischen den verschiedenen Sonnensystemen, von denen ihm die Radioteleskope Kunde bringen, bewältigen soll. Die zehn nächsten Sonnen, auf deren Planeten Leben erwartet werden könnte, befinden sich in etwa 20 Lichtjahren Entfernung. Bei den Geschwindigkeiten moderner Raketen entspräche das einer Reisezeit von ungefähr 500 000 Jahren allein für den Hinflug.

Kühne Phantasten haben vorgeschlagen, an den Erdpolen oder am Äquator hochleistungsfähige Raketentriebwerke anzubringen, unsere Erde in ein riesiges Raumschiff zu verwandeln. Die Triebwerksgiganten würden es theoretisch ermöglichen, mit der Erde andere Planeten anzusteuern oder unser Sonnensystem zu verlassen und zu anderen Fixsternen zu gelangen. Auch ohne diese „Zusatztriebwerke“ gleicht unsere Erde, die Ziolkowski die „Wiege des Verstandes“ nannte, einem natürlichen Raumschiff. Mit einer Besatzung von fast vier Milliarden Menschen umkreist es im nahezu leeren Raum die Sonne, kreist es mit der Sonne im Milchstraßensystem und mit dem Milchstraßensystem in der Unendlichkeit des Weltalls. Daß wir „an Bord“ unseres Planeten atmen und leben können, verdanken wir dem

natürlichen „Raumanzug unserer Erde“. Ihre Lufthülle schützt uns gegen Eindringlinge aus dem Kosmos, gegen Strahlen und Meteoriten, gegen Sonnenglut und Todeskälte. Sie verleiht dem Himmel das strahlende Blau und der Erde ihre unvergleichliche Schönheit. Ohne Luft wäre unsere Erde ebenso kalt, öde und trostlos wie der Mond und die meisten der fernen Planeten.

Wer ist wer?

Aldrin, Edwin

geboren 1930, amerikanischer Astronaut, Kopilot von „Gemini 12“, betrat 1969 (mit Armstrong) als erster Mensch den Mond

Alexander von Makedonien

356 bis 323 vor unserer Zeitrechnung, König von Makedonien, Eroberer Persiens

Amundsen, Roald

1872 bis 1928, norwegischer Polarforscher, erreichte als erster den geographischen Südpol

Anaximenes

um 585 bis 525 vor unserer Zeitrechnung, griechischer Naturphilosoph, sah die Luft als Urprinzip der Welt

Antonow, Oleg

geboren 1906, sowjetischer Flugzeugkonstrukteur, entwickelte unter anderem die An-10 „Ukraina“ und die An-24

Aristoteles

384 bis 322 vor unserer Zeitrechnung, griechischer Philosoph, von Karl Marx der „größte Denker des Altertums“ genannt

Armstrong, Neill

geboren 1930, amerikanischer Astronaut, Kommandant von „Gemini 9“, betrat 1969 (mit Aldrin) als erster Mensch den Mond

Baumgarten, Georg

1837 bis 1884, deutscher Luftschiffpionier

Beljajew, Pawel

geboren 1925, sowjetischer Kosmonaut, Kommandant von „Wos-chod II“ im Jahre 1965

Benz, Carl Friedrich

1844 bis 1929, deutscher Ingenieur, baute 1885 Dreirad-motorwagen

Beregowoi, Georgi

geboren 1921, Held der Sowjetunion und Kosmonaut, Kommandant von „Sojus 3“ im Jahre 1968

Blériot, Louis

1872 bis 1936, französischer Flugpionier, überquerte als erster den Ärmelkanal im Motorflugzeug

Borman, Frank

geboren 1928, amerikanischer Astronaut, Kopilot von „Gemini 7“, steuerte als Chefpilot 1968 „Apollo 8“ um den Mond

Bosch, Carl

1874 bis 1940, deutscher Chemiker und Industrieller, entwickelte die chemische Hochdrucktechnik

Boyle, Robert

1627 bis 1691, englischer Physiker und Chemiker, erforschte die Ausdehnung der Gase

Bruno, Giordano

1548 bis 1600, italienischer Philosoph, revolutionierte das kirchliche Weltbild

Bykowski, Valeri

geboren 1934, sowjetischer Kosmonaut, Kommandant von „Wostok V“ im Jahre 1963

Carpenter, Malcolm S.

geboren 1925, amerikanischer Astronaut, startete 1962 mit „Aurora 7“ zu einer zweifachen Erdumrundung

Cavendish, Henry

1731 bis 1810, englischer Physiker und Chemiker, untersuchte die Zusammensetzung der Luft und des Wassers

Charles, Jacques Alexandre Césaire

1746 bis 1823, französischer Physiker, baute den ersten mit Wasserstoff gefüllten Luftballon („Charlière“)

Chrunow, Jewgeni

geboren 1934, sowjetischer Kosmonaut, Kopilot von „Sojus 5“ im Jahre 1969

Collins, Michael

geboren 1930, amerikanischer Astronaut, Kopilot von „Gemini 11“, steuerte 1969 „Apollo 11“ um den Mond

Cook, James

1728 bis 1779, englischer Forschungsreisender und Weltumsegler, stieß bis zum südlichen Polarkreis vor

Cooper, Gordon L.

geboren 1927, amerikanischer Astronaut, startete 1962 mit „Faith 7“

Daimler, Gottlieb

1834 bis 1900, deutscher Ingenieur, baute 1886 Vierrad-motorwagen

Darwin, Charles

1809 bis 1882, englischer Naturforscher, begründete die moderne Abstammungslehre

Darwin, Erasmus

1731 bis 1802, englischer Naturforscher, Großvater von Charles Darwin

Diesel, Rudolf

1858 bis 1913, deutscher Ingenieur, schuf den nach ihm benannten Dieselmotor

Dunlop, John Boyd

1840 bis 1921, schottischer Tierarzt, entwickelte den Fahrzeugluftreifen

Edison, Thomas Alva

1847 bis 1931, amerikanischer Erfinder, besondere Verdienste um die Entwicklung der Elektrotechnik

Euler, August

1868 bis 1957, deutscher Flugzeugpionier, konstruierte mehrere Ein- und Doppeldecker

Farman, Henri

1874 bis 1958, französischer Flugpionier und erfolgreicher Rekordflieger

Feoktistow, Konstantin

geboren 1926, sowjetischer Kosmonaut, nahm als erster Wissenschaftler an einem Raumflug teil

Ferber, Ferdinand

1862 bis 1909, französischer Flugpionier, setzte die Gleitflugversuche Lilienthals fort

Ferdinand III.

1608 bis 1657, deutscher Kaiser, unter dem der Dreißigjährige Krieg beendet wurde

Ford, Henry

1863 bis 1947, amerikanischer Monopolkapitalist, Gründer der Ford Motor Company

Franklin, Benjamin

1706 bis 1790, amerikanischer Naturwissenschaftler und Staatsmann, erfand unter anderem den Blitzableiter

Gagarin, Juri

1934 bis 1968, sowjetischer Kosmonaut, umkreiste 1961 als erster Mensch die Erde

Galilei, Galileo

1564 bis 1642, italienischer Naturforscher, Begründer der klassischen Naturwissenschaften

Gauß, Carl Friedrich

1777 bis 1855, bedeutender deutscher Mathematiker, konstruierte elektromagnetischen Telegrafen

Gay-Lussac, Luis Joseph

1778 bis 1850, französischer Physiker, unternahm die ersten wissenschaftlichen Freiballonaufstiege

Glenn, John H.

geboren 1921, amerikanischer Astronaut, unternahm den ersten bemannten amerikanischen Raumflug

Goodyear, Charles

1800 bis 1860, amerikanischer Chemiker, erfand das Vulkanisieren von Kautschuk

Grissom, Virgil

1926 bis 1967, amerikanischer Astronaut, fand bei einem Brand eines „Apollo“-Raumschiffes den Tod

Guericke, Otto von

1602 bis 1686, deutscher Physiker, erforschte das Vakuum und erfand die Luftpumpe

Haber, Fritz

1868 bis 1934, deutscher Chemiker, entwickelte die Stickstoffgewinnung aus Luft (Ammoniaksynthese)

Heaviside, Oliver

1850 bis 1925, englischer Physiker, erforschte die Atmosphäre

Heinkel, Ernst

1888 bis 1958, Flugzeugkonstrukteur, Wehrwirtschaftsführer der Nazis, entwickelte Land- und Seeflugzeuge, vor allem auch für die Luftwaffe der deutschen Faschisten

Humboldt, Alexander von

1769 bis 1859, deutscher Naturforscher und Weltreisender, begründete die Klimatologie

Jakowlew, Alexander

geboren 1906, sowjetischer Flugzeugkonstrukteur, konstruierte die ersten sowjetischen Strahlflugzeuge

Jegorow, Boris

geboren 1937, sowjetischer Kosmonaut, betreute als Arzt die Kosmonauten von „Wos-chod I“

Jelissejew, Alexej

geboren 1934, sowjetischer Kosmonaut, Bordingenieur von „Sojus 5“ und „Sojus 8“

Kolumbus, Christoph

1451 bis 1506, italienischer Seefahrer in spanischen Diensten, entdeckte Amerika

Komarow, Wladimir

1927 bis 1967, sowjetischer Kosmonaut, Kommandant von „Wos-chod I“, bei der Landung mit „Sojus I“ tödlich verunglückt

Kopernikus, Nikolaus

1473 bis 1543, polnischer Astronom, lehrte, daß die Sonne im Mittelpunkt des Planetensystems steht

Lavoisier, Antoine-Laurent

1743 bis 1794, französischer Chemiker und Mitbegründer der modernen Chemie, erforschte den Verbrennungsvorgang

Leonow, Alexej

geboren 1934, sowjetischer Kosmonaut, bewegte sich 1965 als erster Mensch frei im kosmischen Raum

Liebig, Justus von

1803 bis 1873, deutscher Chemiker, Mitbegründer der Agrikulturchemie

Lilienthal, Gustav

1849 bis 1933, deutscher Flugpionier, Bruder von Otto Lilienthal

Lilienthal, Otto

1848 bis 1896, deutscher Ingenieur und Flugpionier, erwarb sich große Verdienste um die Entwicklung von Gleitflugzeugen

Lindbergh, Charles Augustus

geboren 1902, amerikanischer Ozeanflieger

Linde, Carl von

1842 bis 1934, deutscher Ingenieur, entwickelte Luftverflüssigungsverfahren

Lovell, James

geboren 1928, amerikanischer Astronaut, Kommandant von „Gemini 7“ und „Gemini 8“, Kopilot bei der Mondumrundung mit „Apollo 8“

Magalhães, Fernão de

1480 bis 1521, portugiesischer Seefahrer und Entdecker, unternahm die erste Erdumseglung

Marconi, Guglielmo

1874 bis 1937, italienischer Physiker, Mitbegründer der drahtlosen Telegrafie

Maxwell, James Clerk

1831 bis 1879, englischer Physiker, schuf die Theorie der Elektrodynamik

Mendelejew, Dmitri

1834 bis 1907, russischer Chemiker, begründete das Periodische System der Elemente

Messerschmitt, Willy

geboren 1898, deutscher Flugzeugkonstrukteur, faschistischer Wehrwirtschaftsführer, entwickelte besonders Kriegsflyer

Montgolfier, Jacques-Étienne

1745 bis 1799

Montgolfier, Joseph-Michel

1740 bis 1810, französisches Brüderpaar, entwickelten den ersten Heißluftballon („Montgolfière“)

Morse, Samuel Finley Breese

1791 bis 1872, amerikanischer Erfinder, entwickelte einen elektromagnetischen Schreibtelegraphen (Morseapparat)

Nikolajew, Andrijan

geboren 1929, sowjetischer Kosmonaut, Kommandant von
„Wostok III“

Otto, Nikolaus August

1832 bis 1891, deutscher Ingenieur, konstruierte Viertakt-
gasmotor (Ottomotor)

Papanin, Iwan

geboren 1894, sowjetischer Polarforscher, Leiter der Drift-
station „Nordpol I“

Parseval, August von

1861 bis 1942, deutscher Luftschiffpionier, konstruierte
Prallluftschiffe

Pascal, Blaise

1623 bis 1662, französischer Mathematiker und Philosoph,
beschäftigte sich mit meteorologischen Problemen

Piccard, Auguste

1884 bis 1962, Schweizer Physiker, unternahm Ballonauf-
stiege in die Stratosphäre

Popow, Alexander

1859 bis 1905, russischer Physiker, Wegbereiter des Rund-
funks

Popowitsch, Pawel

geboren 1930, sowjetischer Kosmonaut, Kommandant von
„Wostok IV“

Priestley, Joseph

1733 bis 1804, englischer Naturforscher, entdeckte, unabhängig von Scheele, den Sauerstoff

Rockefeller, John

1839 bis 1937, amerikanischer Monopolkapitalist, Gründer der Standard Oil Company

Roosevelt, Franklin

1882 bis 1945, amerikanischer Politiker und Staatsmann

Schatalow, Wladimir

geboren 1927, sowjetischer Kosmonaut, Kommandant von „Sojus 4“ und „Sojus 8“

Scheele, Carl Wilhelm

1742 bis 1786, schwedischer Chemiker, entdeckte Sauerstoff und Stickstoff

Shepard, Alan B.

geboren 1923, amerikanischer Astronaut, erster Flug mit einer Mercury-Kapsel

Schirra, Walter M.

geboren 1923, amerikanischer Astronaut, Kommandant von „Gemini 6“ und „Apollo 7“

Shukowski, Nikolai

1847 bis 1921, russisch-sowjetischer Aerodynamiker, „Vater des russischen Flugwesens“

Stahl, Georg Ernst

1660 bis 1734, deutscher Chemiker und Arzt, Begründer der Phlogistontheorie

Tereschkowa, Walentina

geboren 1937, sowjetische Kosmonautin, erste Frau, die an einem Raumflug teilnahm

Tesla, Nicola

1856 bis 1943, kroatischer Physiker, erwarb sich Verdienste um die Elektrotechnik

Titow, German

geboren 1935, sowjetischer Kosmonaut, Kommandant von „Wostok II“

Torricelli, Evangelista

1608 bis 1647, italienischer Physiker, unternahm Luftdruckmessungen

Tschkalow, Waleri

1904 bis 1938, sowjetischer Flieger, Nonstopflug über den Nordpol

Tupolew, Andrej

geboren 1888, sowjetischer Flugzeugkonstrukteur, Schöpfer der „Tu-104“ und anderer Flugzeugtypen

Verne, Jules

1828 bis 1905, französischer Schriftsteller, Begründer der utopisch-wissenschaftlichen Literatur

Watt, James

1736 bis 1819, englischer Unternehmer, gründete die erste Dampfmaschinenfabrik der Welt

White, Edward

1931 bis 1967, amerikanischer Astronaut, 1965 Kopilot von „Gemini 4“, bewegte sich als zweiter Mensch frei im kosmischen Raum

Wöhler, Friedrich

1800 bis 1882, deutscher Chemiker, befaßte sich unter anderem mit der Reindarstellung von Aluminium

Wolynow, Boris

geboren 1934, sowjetischer Kosmonaut, Kommandant von „Sojus 5“

Wright, Orville

1871 bis 1948

Wright, Wilbur

1867 bis 1912, amerikanisches Brüderpaar, Flugpioniere; ihnen gelang 1903 der erste Motorflug

Zeppelin, Graf Ferdinand von

1838 bis 1917, deutscher Luftschiffpionier, baute Starrluftschiffe (Zeppeline) aus Leichtmetall

Ziolkowski, Konstantin

1857 bis 1935, russisch-sowjetischer Luft- und Raumfahrtspionier, große Verdienste um die Raketentechnik

Inhalt

Dem Unsichtbaren auf der Spur	
Der Irrtum des Aristoteles	6
Galileo Galileis Freunde und Feinde	13
Kraft aus dem Nichts	19
Der erste deutsche Ingenieur	23
Vom Feuergeist und Sauerstoff	
Diskussion in der „Mondgesellschaft“	30
Scheele entdeckt die „Feuerluft“	34
Monsieur Lavoisier bedient sich der Waage	36
Der Sauerstoff steht im Mittelpunkt	39
Der „Kreislauf des Lebens“	
Ausgerechnet „Knallerbsen“	44
Brot für alle hat die Erde	48
„Maschine“ Mensch?	53
Besuch im Reich des Wettergeschehens	
Der Blitz aus heiterem Himmel	60
Zum Gipfel des Chimborazo	66
Wettlauf mit dem Wetter	70
Kapitän Fitz-Roy gibt auf	73
Leichter als Luft	
Geschichten vom Luftballon	82
„Der Himmel gehört uns!“	88
Schiffe durchpflügen den Luftozean	91
Der „verrückte Luftgraf“	94

Schwerer als Luft	
Moshaiski weiß, was er will	104
„Opfer müssen gebracht werden!“	107
Startplatz Kill Devil Hill	113
Sensationen der Luft	118
Nonstopflug über den Nordpol	123
„Rohstoff“ Luft	
Ein „Eismensch“ stellt sich vor	130
Nahrung aus der Luft	135
Mr. Dunlop zerschneidet einen Gartenschlauch	140
Fliegende Autos, fliegende Schiffe	147
Die blaue Leitung	
„Wettermacher“ unter Tage	154
Erz plus Wind gleich Stahl	159
Mit Luft gemessen und gesteuert	164
Wind, gar mächtig bist du . . .	167
Reserviert für den Funkverkehr	
Unsichtbare Wellen	174
Die Geburtsstunde des Radios	180
Himmlische Störsender	184
Vorstoß in die Stratosphäre	
Gefangene der Luft	192
Jagd nach der „Eiszapfenkrone“	197
Der Träumer aus Kaluga	202
Die gezähmte Tigerin	207

Blickpunkt Weltraum	
Der Weg zu den Sternen	218
Kosmonauten-Parade	222
Himmelsstudios und Raumstationen	230
Stimmen aus dem Kosmos	237
Unternehmen „Luna“	240
Zwei Männer auf dem Mond	244
Auf der Sonnenbahn	248
 Wer ist wer?	 256

Einband und Illustrationen: Gerhard Preuß

Alle Rechte vorbehalten

Printed in the German Democratic Republic

Lizenz-Nr. 304-270/322/70-(25)

Satz und Druck: Saxsdruck Plauen

2., veränderte Auflage

ES 9 F · Preis 7,80

Für Leser von 12 Jahren an

400 km

350 km

300 km

250 km

200 km

190 km

180 km

170 km

160 km

150 km

140 km

130 km

120 km

110 km

100 km

90 km

80 km

70 km

60 km

50 km

40 km

30 km

20 km

12 km

11 km

10 km

9 km

8 km

7 km

6 km

5 km

4 km

3 km

2 km

1 km

1957 „Sputnik I“ UdSSR 925 km



1961 Gagarin UdSSR „Wostok I“ 327 km

1962 „Bell-X 15“ Walter USA 51700 m



1920 Schröder USA 10093 m



1960 Kittingen USA 31330 m



1914 Orlik Deutschland 8

1804 Gay-Lussac, Biot Frankreich 7376 m

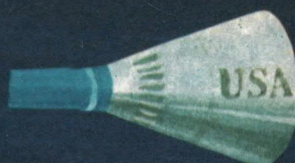


1783 Charles Frankreich 3





1965 Leonow, Beljajew UdSSR
„Wos-chod I“ 495 km



1963 Shepard, Grissom USA 190 km

IONOSPHERE

1961 „E 66“ Mossolow UdSSR 34714 m



1952 Segelflugzeug Clieford USA 13489 m



8050 m



1935 „Ossoaviachin I“ UdSSR 20000 m



1901 Berson, Süring 10080 m

1932 Piccard, Cosyns Schweiz 16940 m

MESOSPHERE

STRATOSPHERE

TROPOSPHERE

000 m



