

H. H. WILLE

# Wunderwelt des Wassers







BAND 26



HERMANN HEINZ WILLE

# Wunderwelt des Wassers

DER KINDERBUCHVERLAG BERLIN

# Einband und Illustrationen von Helmut Kloss

Alle Rechte vorbehalten

Printed in the German Democratic Republic

Lizenz-Nr. 304-270/90/62-(10-VII B)

Satz und Druck: Sachsen-Druck Plauen • 1. Auflage

ES 9 F

# DIE ABENTEUER DER WASSERTROPFEN

## Eine folgenreiche Reise

„Wetten, daß SC Dynamo gewinnt?“ sagte Hans auf dem Wege zum Fußballplatz zu seinem Freund Frieder.

„Ich habe auf SC Motor getippt!“ antwortete dieser ein wenig schnippisch.

In dem Gedränge an der Sportplatzkasse merkten sie nicht, daß aus den niedrig ziehenden Wolken die ersten Tropfen fielen. Als sie die Stufen zu den Zuschauerrängen hinaufeilten, brach der Regen los. Es goß in Strömen. Der Rasenplatz verwandelte sich in einen Teich. Das mit Spannung erwartete Oberligaspiel fiel buchstäblich ins Wasser. Die beiden waren enttäuscht und verärgert. Lautstark schimpften sie auf das „launische Wetter“.

Der Regen, der da herunterkam, hatte eine weite und ereignisreiche Reise hinter sich. Sein Geburtsort lag, fern dem Schauplatz des Geschehens, irgendwo über den warmen Gewässern des Atlantischen Ozeans. Die Sonne erwärmte das Wasser an der Oberfläche des Meeres, es wurde leichter und stieg als Wasserdampf in die Lufthülle der Erde auf. Je höher die gasförmigen Wasserdampfteilchen gelangten, desto mehr kühlten sie ab. Die Kaltluft, die von den eisbedeckten Erdpolen her über die Ozeane strich, entzog ihnen die Wärme.

So verdichteten sich die Wasserdampfteilchen zu Wolken, die durch die Luftbewegung dem Festland entgegengetrieben.

Die Fahrt des „Wolken-Dampfschiffes“ verlief nicht ohne Hindernisse. Gebirge wurden zu gefährlichen Klippen; sie zwangen die Wolken, höher hinaufzusteigen oder ihren Kurs zu ändern. Durch erneute Abkühlung schlossen sich die Wasserdampfteilchen immer enger zusammen. Was war aus den in großer Höhe dahinziehenden leichten Federwolken geworden? Sie hatten sich zu dichten formlosen Wolkenschichten geballt, die mit zerfaserten Rändern übers Land zogen und sich bald darauf über dem Sportplatz abregneten – zum Ärger von Hans und Frieder.

Die Reise der Wassertropfen war damit noch nicht beendet. Ein Teil des Regens speiste Bäche und Flüsse; er floß oberirdisch ab. Unterwegs verrichtete das Wasser vielerlei Arbeit. Es trieb Mühlräder an und stürzte sich auf die Schaufeln der Wasserturbinen, mit deren Hilfe elektrischer Strom erzeugt wird. Der Strom belebt Tausende von Maschinen, die Holz schneiden, Getreide mahlen, Stoffe weben, Stahlblöcke formen, Licht in die Häuser senden.

Doch nicht alle Regentropfen fanden so schnell den Weg zum Meer zurück. Was wurde aus den Regenpfützen auf dem Fußballplatz?



## Die „verirrten“ Regentropfen

Der Platzmeister machte sich wegen der Regenpfützen keine Sorgen. Dem Gewitterguß folgte Sonnenschein. Die Regenpfützen wurden rasch kleiner und waren bald ganz verschwunden. Ein Teil des Niederschlags verdunstete wieder und setzte seine Reise schließlich als Wolke fort. Ein größerer Teil des Regenwassers war, ehe wir ihm nachspüren konnten, in die durstige Erde gesickert.

Das eigene Gewicht ebnet den Regentropfen den Weg in die Tiefe. Er läßt sich mit dem Zentimetermaß nachmessen. Im Waldboden beträgt er kaum einen Meter am Tage. Im Sandboden des Sportstadions kommt der Regentropfen schneller vorwärts; hier legt er dieselbe Strecke in etwa einer Stunde zurück.

Die Versickerung der Niederschläge ist also abhängig von der Bodenart und dem Bodenzustand; denn verschiedene Hindernisse stellen sich dem in die Tiefe sinkenden Wasser entgegen. Allerorts heimisch ist die Luft, ja, selbst in die Poren der Erde dringt sie ein. Weil aber Wasser und Luft nebeneinander keinen Platz haben, muß der Regentropfen die Luft verdrängen. Dann verlegt ihm die Wurzelfaser einer durstigen Pflanze den Weg. Nebenbei löst er bei seinem Vordringen chemische Vorgänge und Umsetzungsprozesse aus. Bei einem Mineralkörnchen tauscht der Wassertropfen gegen Sauerstoff ein Quentchen Eisen ein; einem Feld-

spat entreißt er eine Winzigkeit Kali, Kalk oder gar Kieselsäure. Endlich erreicht er mit seinen Gefährten einen seltsamen See mit wunderlichen Ufern und wechselreichen Tiefen. Es ist das Grundwasser. Die unterirdisch abfließenden Niederschläge haben ihre wichtigste Zwischenstation erreicht.

### **Eine unterirdische Schatzkammer**

Schatzkammern müssen nicht unbedingt mit Gold und Edelsteinen gefüllt sein; Wasser ist beispielsweise ein sehr wertvoller Schatz.

In gewaltigen unterirdischen Hohlräumen speichert die Natur das Wasser. Dieses Grundwasser schenkt dem Boden seine Fruchtbarkeit; es nährt die Pflanzen, die Tiere und den Menschen; es speist die Quellen, die Brunnen, die Saugpumpen der großen Industriewerke.

Der Grundwasserspiegel ist nicht so eben wie der Spiegel eines Sees, sondern stark gewellt. Er paßt sich der Lagerung der Erdschichten an, die wasserundurchlässig sind, der sogenannten Stau- und Speicherschichten. Infolge von Erdbewegungen weisen sie die verschiedenartigsten Krümmungen und Brüche auf. Wo beispielsweise auf der Erde ein Berg aufragt, befindet sich auch unter der Erde ein „Wasserberg“.

Eine Eigenschaft hat das Grundwasser mit dem Oberflächenwasser gemeinsam. Es steht nie still,

sondern folgt gleichfalls den Neigungen der Stauschichten. Im allgemeinen gelangt es zu Flußläufen und anderen Geländeeinschnitten. Bricht es zur Erdoberfläche durch, beispielsweise am Fuße des Berges, dann entspringt dort eine Quelle.

Wo das Grundwasser keinen natürlichen Ausgang findet, arbeitet es unaufhörlich an den Mauern seines dunklen Gefängnisses. Nach und nach wäscht es große Hohlräume aus und bringt das darüberliegende Erdreich zum Einsturz. Auf solche Weise versank vor mehr als zweihundert Jahren in der südfranzösischen Provinz Auvergne ein Dorf mit sechsundzwanzig Häusern in der Tiefe. In Lüneburg, wo das Grundwasser die unter der Stadt gelegenen Steinsalzlager ausspülte, sind mehrere Stadtteile vom Einsturz bedroht.

So gefährlich kann das lebenspendende Grundwasser werden, wenn es der Mensch nicht beachtet.

### **Glückliche Heimkehr**

Die Quelle bildet für den Wassertropfen, der seine Reise über Meere und Länder und seine Abenteuer als Regentropfen längst hinter sich hat, das Tor zur Freiheit. Der Bach befördert ihn zum Fluß. Der Fluß mündet in den Strom, auf dessen breitem Rücken der Wassertropfen ins Meer zurückkehrt.

Die zurückgelegten Stationen sind: Ozean – Wolken – Erde – Grundwasser – Quelle – Fluß – Ozean,

durch die drei Vorgänge Verdunstung, Niederschlag und Abfluß zum Kreislauf verbunden.

Die Lehre vom „Kreislauf des Wassers“ bildet den Schlüssel zum Verständnis unseres Buches.

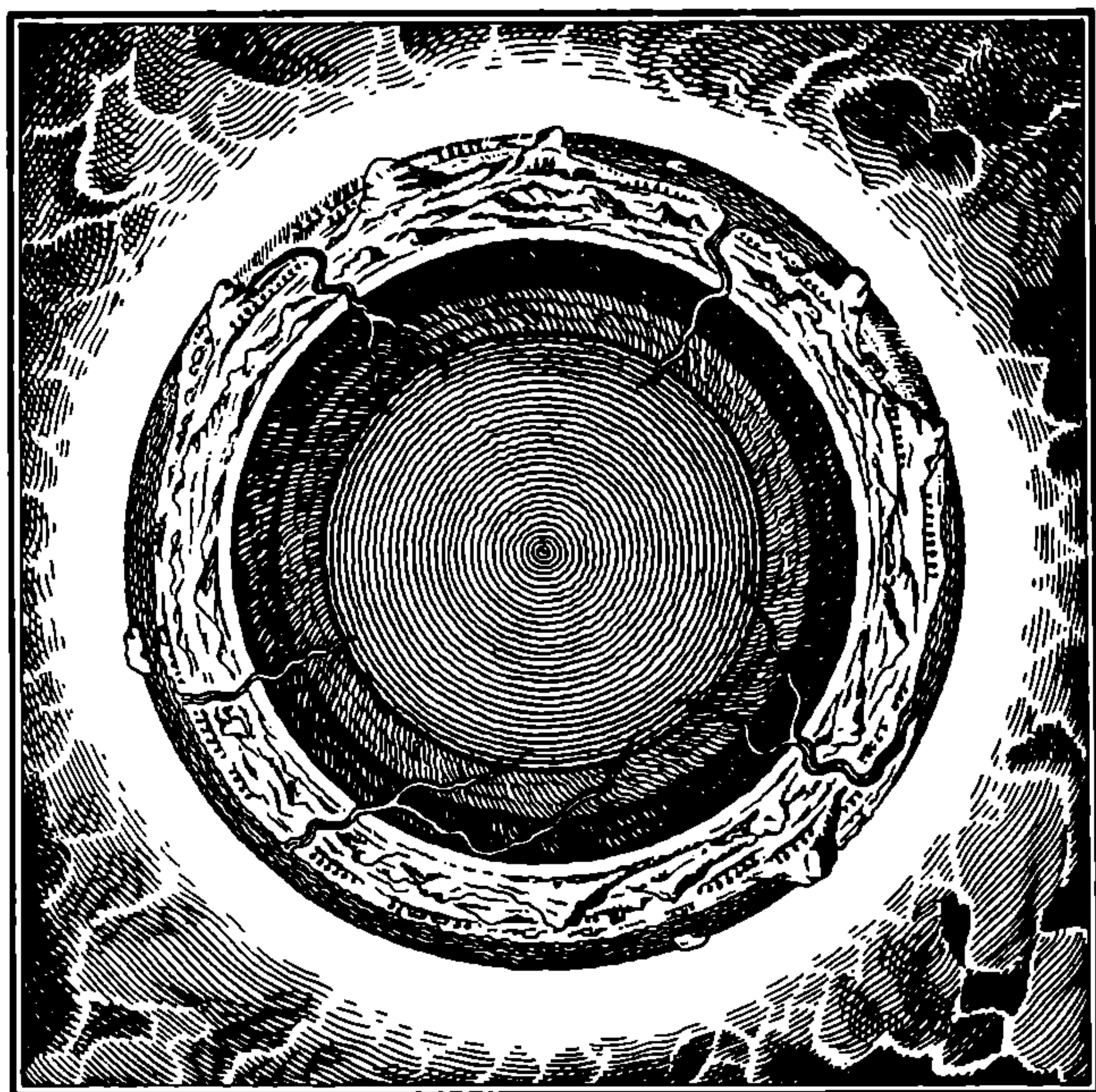
Wir erkennen, daß sich die Flüsse nicht erschöpfen, weil ihnen die Niederschläge ständig neues Wasser zuführen. Wir erkennen, daß die Meere nicht überlaufen, weil ihnen durch Verdunstung ständig große Wassermassen entzogen werden. Der Wasserkreislauf ist also einem Haushalt vergleichbar, in dem die Höhe der Einnahmen die Höhe der Ausgaben bestimmt.

Sehen wir uns nun die drei bekanntesten Stationen des Wasserkreislaufes, die Quelle, den Fluß und den Ozean, genauet an.

## ERSTE STATION: DIE QUELLEN

### **Der „Schlund“ der Erde**

Über die Entstehung der Quellen herrschten lange Zeit die merkwürdigsten Ansichten. Noch vor 300 Jahren erklärte ein gelehrter Mann, daß alles Wasser in einem großen Schlund die Erde durchziehe. Am Nordpol werde es aufgeschluckt; am Südpol flösse es wieder heraus. Dabei sollte das

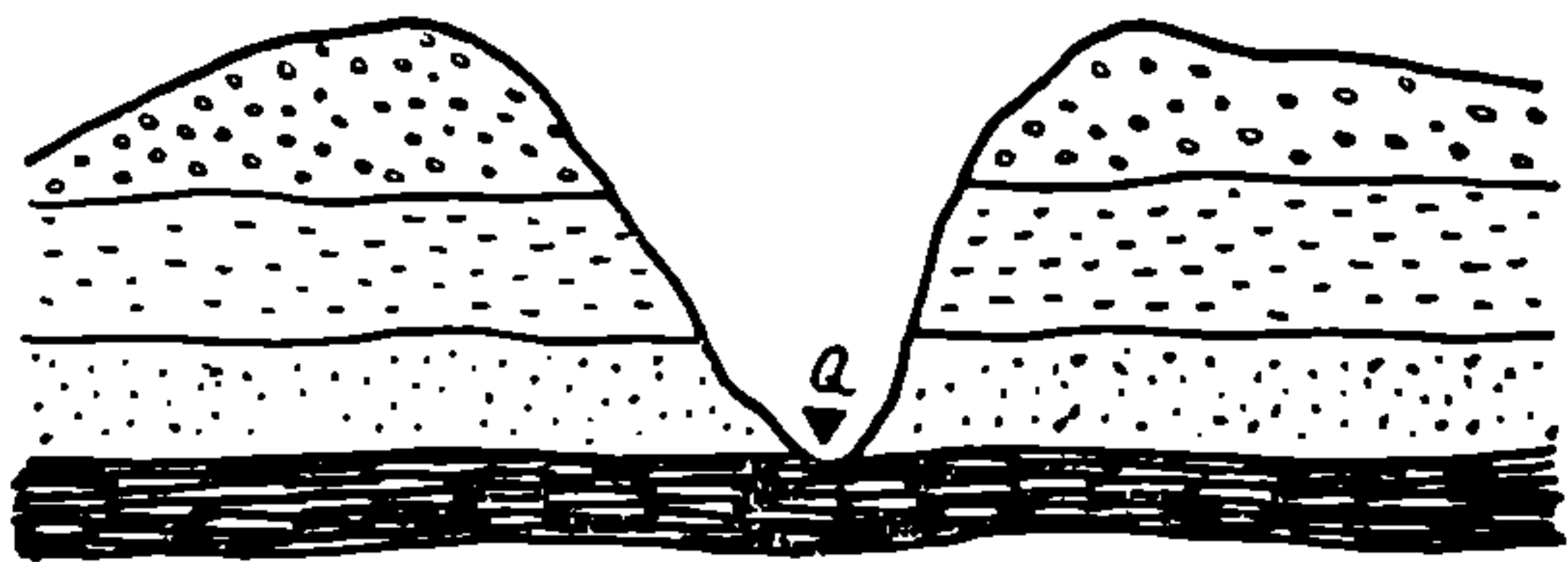


**Mittelalterliche Vorstellung von der Erde und den Ozeanen  
(nach einem alten Stich)**

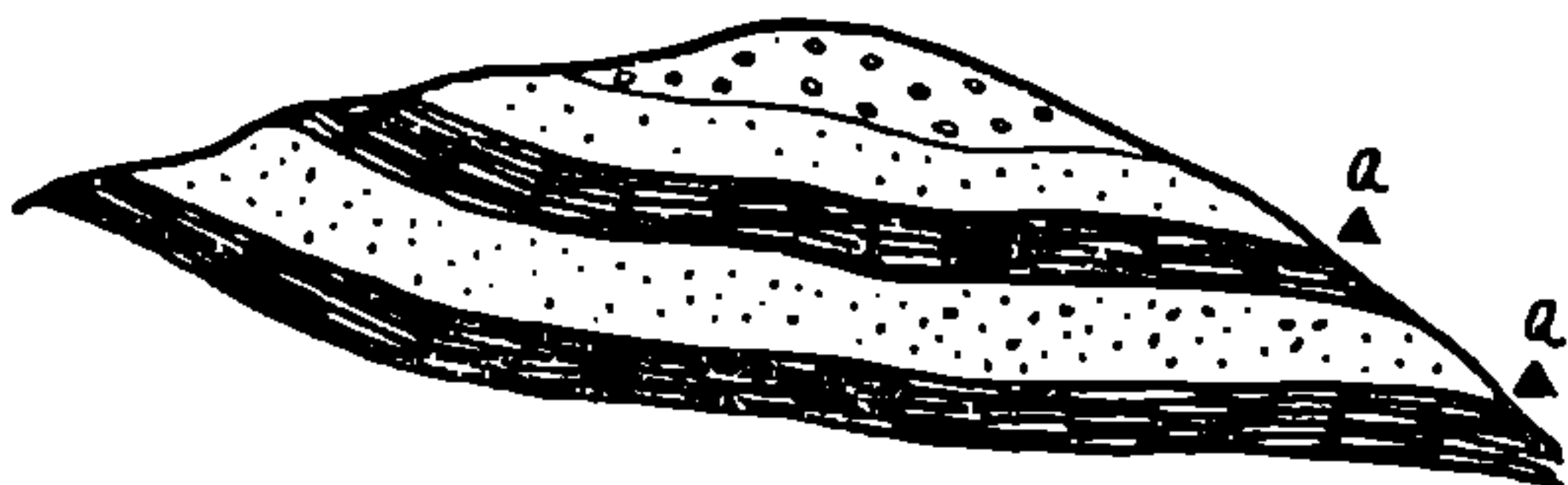
Meerwasser durch unterirdische Kanäle gerade-  
wegs in die Quellen gelangen.

Erst seit dem vorigen Jahrhundert hat man die ver-  
borgenen Wege des Sicker- und Grundwassers  
gründlicher erforscht. Dabei stellte man fest: Eben-  
sowenig, wie ein Wassertropfen dem anderen,  
gleichet eine Quelle der anderen.

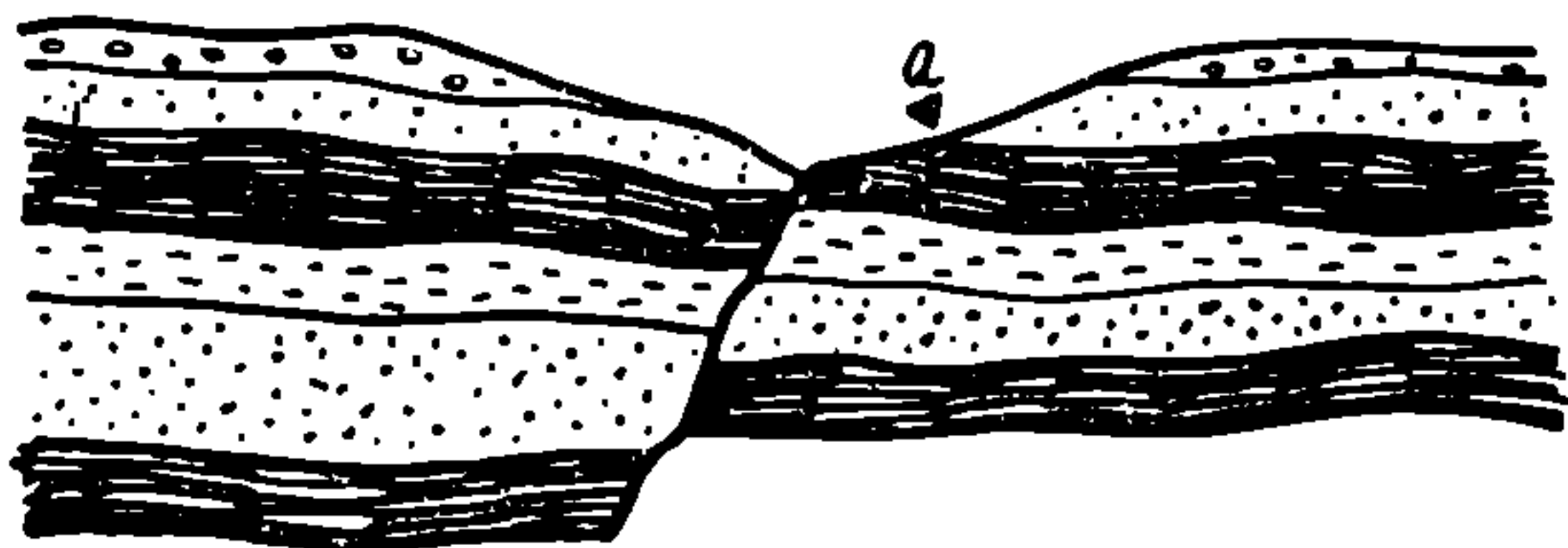
Nach der Bewegungsrichtung des Wassers unter-  
scheiden sich die aufsteigenden von den abstei-



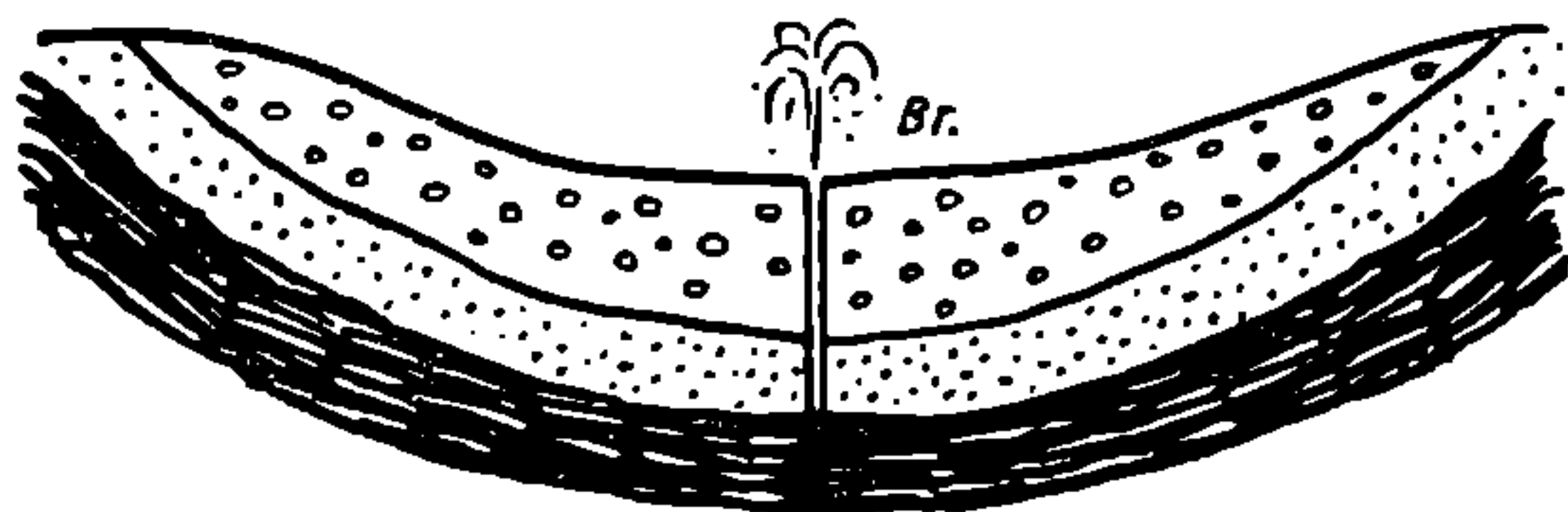
Talquelle



Schichtquelle



Verwerfungsquelle



Artesischer Brunnen

genden Quellen, die sich wiederum – entsprechend der Gesteinslagerung – in verschiedene Untergruppen teilen. Zu den absteigenden oder Auslaufquellen zählen die Talquellen, von denen wir vorhin schon hörten. Sie entstehen dort, wo sich das Tal bis zum Grundwasserspiegel eintieft. Die Verwerfungsquellen (auch Spaltquellen genannt), bei denen ein Talriß, zum Beispiel eine Felspalte im Hochgebirge, den Grundwasserspiegel anschneidet, zählen zu den aufsteigenden Quellen. Das Wasser dieser Quellenart entstammt meist größeren Tiefen und ist deshalb auch in physikalischer und chemischer Hinsicht besonders bemerkenswert. Im allgemeinen liegt das Grundwasser bei den aufsteigenden Quellen zwischen zwei wasserundurchlässigen Schichten aufgestaut. Bilden diese Schichten eine Mulde, dann steht das Wasser – meist unter großem Druck – in beiden Schenkeln der Mulde gleich hoch. Schafft sich das Wasser keinen natürlichen Austritt, wird es künstlich erbohrt und tritt unter Überdruck zutage. Das werden wir genauer betrachten, nachdem wir die physikalischen und chemischen Eigenschaften der weitverzweigten Quellenfamilie näher kennengelernt haben.

### **Wem Halle seinen Namen verdankt**

Ein Bergmann sieht nach getaner Arbeit schwarz aus wie ein Schornsteinfeger. In den Poren seiner

Haut hat sich der Kohlenstaub festgesetzt. Dem Bäcker sieht man seinen Beruf ebenfalls schon von weitem an, wenn er aus der Backstube kommt. Auch den aus der Quelle emporsprudelnden Wassertropfen kann man nachweisen, wo sie sich so lange aufgehalten haben.

Bereits in Gesellschaft des Sickerwassers lernten wir die Wassertropfen als rege Tauschhändler kennen. Während ihres Aufenthaltes in den unterirdischen Schatzkammern des Grundwassers bereichern sie sich weiterhin an mineralischen Bodenschätzen. Schwer bepackt treten sie ans Tageslicht. Der Chemiker, der ihr Reisegepäck im Labor näher untersucht, findet darin die sonderlichsten Dinge: neben Kochsalz und Soda auch Eisen, Schwefel, Jod, Arsen oder gar Radium. In einer einzigen Quelle kommen mitunter bis fünfzig verschiedene Spurenelemente in gelöster Form vor.

Besonders häufig sind die Salz- oder Solequellen. Wo sie entspringen, befinden sich in der Erde große Salzlager, die uns das wertvolle Kochsalz liefern. In ihrer Umgebung entstanden frühzeitig große Städte oder weltbekannte Heilbäder, die wir häufig an ihren Namen erkennen. Sie haben fast alle die Silbe „Hall“ – von Hallit = Steinsalz – gemeinsam.

Auch Halle an der Saale verdankt ihm seinen Namen.

Hallstatt im Salzkammergut mit seinen kaum zweitausend Einwohnern hat einem ganzen Zeitalter



seinen Namen gegeben. Länger als ein Dutzend Menschenalter stand hier zu Beginn der Eisenzeit die bergmännische Salzgewinnung in hoher Blüte. Von dem kleinen Gebirgsdorf aus wurde das Salz in der Hallstattzeit in alle Teile Europas gehandelt. Der Name Hallstatt ist vergessen, doch das Koch- und Steinsalz besitzt noch heute für unsere Volkswirtschaft große Bedeutung. Aus ihm wird unter anderem Salzsäure gewonnen, ohne die unsere moderne Plastchemie nicht denkbar wäre. Auch die aus dem Kochsalz hergestellte Soda findet in vielen Industriezweigen Verwendung. Wenngleich der einzelne Wassertropfen den unterirdischen Erz- und Mineralienlagern nur winzig kleine, kaum abwägbare Teilchen entreißen kann, so gilt dennoch das alte Sprichwort: „Viele Wenige machen ein Viel.“ Dafür ein beweiskräftiges Beispiel: Der Rhein ergießt alljährlich rund 70 Milliarden Kubikmeter Wasser ins Meer. Das ist eine Zahl mit zehn Nullen. Nehmen wir an, in jedem Liter Rheinwasser befänden sich nur 40 Milligramm Salz. Das ist ein so winziges Gewicht, daß wir es nicht einmal mit der Briefwaage abwiegen können. Aber in 70 Milliarden Kubikmeter Wasser, das sind 70 Billionen Liter, sind 2,8 Millionen Tonnen Kochsalz enthalten; und zum Transport einer solchen Salzmenge wären 170 000 Eisenbahnwaggons erforderlich.

Selters ist an heißen Sommertagen ein begehrtes Erfrischungsgetränk. Das Selterswasser, das in

Millionen Flaschen in den Handel kommt, wird jedoch meist unter Verwendung von Kohlendioxyd (fälschlich oft „Kohlensäure“ genannt) künstlich hergestellt. Das echte Selters kommt aus den Mineralquellen des kleinen Kurortes Niederselters bei Wiesbaden. Diese Quellen werden – wie alle Mineralquellen, die mehr als ein Gramm freies Kohlendioxyd in einem Kilogramm Wasser enthalten – als Sauerlinge bezeichnet. Um die von der Natur erzeugten Mineralwässer, denen für Heilzwecke große Bedeutung zukommt, künstlich herzustellen, müßten große Mengen wertvoller Rohstoffe verarbeitet werden. Die Nauheimer Sprudelquellen erzeugen beispielsweise jährlich rund 2,5 Millionen Kilogramm Kohlendioxyd. Das entspricht der Kohlendioxydmenge, die bei der Verarbeitung von 750 Tonnen Steinkohle anfällt.

Weist das Wasser, statt des Kohlendioxyds, einen bestimmten Magnesitanteil auf, spricht man von sogenannten Bitterquellen.

Aachen verdankt die Stadtgründung seinen heilkräftigen Schwefelquellen.

Die bekanntesten eisenhaltigen Quellen der Deutschen Demokratischen Republik befinden sich in Bad Elster, während die Quellen im benachbarten Radiumbad Brambach das radiumhaltigste Wasser der Welt schütten.

Diese kurzgefaßte und bei weitem nicht vollständige Aufzählung zeigt, wie verschiedenartig die chemische Zusammensetzung der Mineralquellen ist.

## Riesen und Zwerge

Die Quellen, die wir als Rastplätze bei Wanderfahrten wählen, plätschern meist recht friedlich in irgendwelchen Wiesentälern oder Waldwinkeln. Es sind die Zwerge unter den Quellen. Es gibt aber auch gewaltige Riesen, die ihr Wasser mit donnerndem Brausen bis zu 100 Meter hoch in die Lüfte schleudern. Ihr Wasser ist nicht erfrischend kalt, sondern kochend heiß.

In Island, das besonders reich an solchen Springquellen ist, erhielten sie den Namen Geiser, das heißt deutsch Sprudler. Große Geiser gibt es auch im Nationalpark von Yellowstone in Nordamerika, auf Neuseeland und Kamtschatka im Fernen Osten der Sowjetunion.

Eine sowjetische Expedition, die die heißen Quellen von Kamtschatka untersuchte, berichtete darüber: „Der Hauptgeiser Riese gleicht einem phantastischen Küchenherd, auf dem es ununterbrochen brodelt und kocht. In einem kleineren Geiser haben wir innerhalb einer Stunde etwa vierzig Pfund Fleisch eines Gebirgshammels gekocht. Auch unseren Tee konnten wir mit Geiserwasser brühen. Um ein Ei zu sieden, braucht man es nur kurze Zeit in das Wasser zu halten.“

Wie in einem riesigen Kochkessel wird das Tiefenwasser durch die im Erdinneren herrschende Hitze zum Sieden gebracht. Eine Quelle, die in tausend Meter Tiefe entspringt, besitzt bereits eine Wärme



von 30 Grad. Kommt sie aus 3000 Meter Tiefe, dann ist sie dreimal so heiß, nämlich ungefähr 100 Grad.

Die heißen Quellen und Fontänen werden schon seit langem als Energiespender genutzt. Die Isländer beheizen mit dem heißen Wasser der Geiser Schwimmbäder, Waschanstalten, Gewächshäuser und mehrere Stadtviertel ihrer Hauptstadt Reykjavik.

Kleinere Warmbrunnen finden sich in fast allen Teilen der Welt. Allein das sonnige Florenz zählt über fünfzig „Thermen“. Eine Bezeichnung, die für alle Quellen mit gleichbleibender Temperatur über 20 Grad Celsius üblich geworden ist.

### **Artesische Brunnen**

Bei einem Spaziergang durch die ausgedehnten Parkanlagen von Bad Elster stieß ich abseits der Promenadenwege unvermittelt auf ein hochaufragendes Bohrgerüst, das seinen stählernen Rüssel tief in die Erde steckte. Ich blieb stehen, sah den Männern bei der Arbeit zu und fragte neugierig nach dem Ziel ihres Vorhabens.

„Aufschlußbohrung“, sagte der Ingenieur. „Wir helfen dem Wasser auf die Sprünge, erschließen neue Quellen!“

Gebohrt wird überall dort, wo die Menschen mit der Schüttung der natürlichen Quellen nicht aus-

kommen oder wo es überhaupt keine natürlichen Quellen gibt. Das ist eine beschwerliche Arbeit. Oft stößt man erst in Tiefen von mehr als 100 Metern auf Grundwasser. In Tiefen von mehr als 3000 Metern beginnt die ausgedehnte Zone der heißen Tiefengewässer.

Vergleichen wir unsere Erdkugel mit einem großen Apfel, so entsprechen die größten bisher erzielten Bohrtiefen kaum der Dicke seiner Schale. Die Apfelschale können wir mühelos durchbeißen; unvergleichlich schwerer ist das Erbohren einer künstlichen Quelle.

Der Geschicklichkeit und dem Fleiß der Chinesen gelang es schon lange vor unserer Zeitrechnung, Brunnen von mehr als 200 Meter Tiefe zu bohren. Ihr Bohrverfahren: An einem Bambusseil wurde ein Meißel aufgehängt und auf und nieder bewegt. Es gilt als das älteste Bohrverfahren der Welt. Die Chinesen legten ihre Brunnen nicht irgendwo im flachen Land an, sondern zumeist in der Mulde zwischen zwei Hügeln; denn sie hatten die Natur gut beobachtet. Gehorsam stieg das Wasser in den Bohrlöchern empor und ließ sich bequem schöpfen, das waren aufsteigende Quellen.

Von China aus verbreitete sich das Anbohren derartiger Quellen schnell in alle Welt. In Frankreich, in der Grafschaft Artois, wo man im 12. Jahrhundert solche künstlichen Quellen in großer Zahl erbohrte, erhielten sie die heute in der ganzen Welt bekannte Bezeichnung: artesische Brunnen. In

Australien versorgen fast ausschließlich über 4000 artesische Brunnen das Land mit Wasser.

Das chinesische Seilbohrverfahren wurde bis ins vorige Jahrhundert auch zur wirtschaftlichen Erschließung der Erdölquellen angewendet. Doch über 500 Meter Tiefe kam man dabei kaum hinaus. Der Wettlauf nach dem Erdöl, dem „Blut der Industrie“, zeitigte die größten Fortschritte in der Bohrtechnik, die selbstverständlich auch der Wasserbohrung zugute kamen.

Dem Seilschlagbohren folgte das technisch verbesserte stoßende Bohren, womit man über 1000 Meter in die Tiefe vordrang. Der große Sprung nach vorn gelang aber erst mit der Entwicklung des drehenden Bohrens – auch Rotarybohren genannt – bei dem Bohrlochtiefen von mehreren tausend Metern keine Seltenheit sind. Da sich dabei das gesamte Bohrgestänge mitdreht, ist der Materialverschleiß außerordentlich groß. Die sowjetische Erfindung des Turbinenbohrens, bei dem ein kleiner Antriebsmotor in der Bohrkronen untergebracht ist, beseitigte auch diesen Nachteil. Unter bestimmten Verhältnissen erlaubt das Turboverfahren Bohrlochtiefen von über 10 000 Metern; das sind Tiefen, in denen das Erdöl meist nur noch in Form von Erdgas und das heiße Tiefenwasser als Wasserdampf auftreten.

## ZWEITE STATION: DER FLUSS

### Ein Blick auf die Karte

Der Farmer Bill Anderson fand keinen Schlaf. Seit vierzehn Tagen wehte es unablässig von Texas her aus Nordwesten. Der sanfte Wind hatte den letzten Tropfen Feuchtigkeit aus dem Boden gesogen und wirbelte den Staub auf, der am Tage die Sonne und nachts die Sterne verdeckte. Immer hatte man den Geschmack von Staub im Mund, den Geruch von Staub in der Nase. Besorgt starrte der Farmer auf das schwarze Viereck des Fensters und dachte an sein Weizenfeld. Wenn nur endlich der Regen käme. Doch statt des Regens kam der Sturm. Wie mit großen Schaufeln warf er Erde und Sand gegen die Scheiben und ließ das Haus erbeben. Bill Anderson wußte, was das zu bedeuten hatte. In der Morgenfrühe sprang er von seinem Lager auf, band sich ein feuchtes Tuch vor den Mund und sattelte das Pferd. Die Luft war noch immer von Staub erfüllt, der sich grau und unheilvoll über die Erde, über die Wege und Felder breitete. Der Farmer starrte auf sein Weizenfeld, auf dem nur noch ein paar vertrocknete Grasbüschel zu sehen waren.

So wie Bill Anderson standen an diesem Morgen nach dem Sandsturm viele Farmer am Rande verwüsteter Felder, auf denen nichts mehr wachsen



würde, und sie schimpften auf die Holzgesellschaften, die rücksichtslos die Gebirgswälder abschlagen ließen, und sie schimpften auf den Staat, der nichts unternahm, um die Kahlschläge aufzuforsten, die Flüsse zu regulieren.

Gleich dem Adernetz den menschlichen Körper, durchziehen die Flüsse Länder und Erdteile. Werden die Blutadern zerstört, erkrankt der Mensch, oder er muß sogar sterben. Wird der Fluß seines natürlichen Schutzes, der Wälder, beraubt, greift der Mensch unüberlegt in den Wasserhaushalt der Natur ein, verwandeln sich weite Landstriche in kahle, unfruchtbare Steppen.

In den ehemaligen Jagdgründen der nordamerikanischen Indianer ließen die amerikanischen Holzgesellschaften in den letzten Jahrzehnten Hunderte Millionen Hektar Wald schlagen. Die Holzhändler verdienten durch diese Raubwirtschaft Millionenbeträge, viele amerikanische Weizen- und Baumwollfarmer aber sind arme Leute geworden. Wasser und Wind haben ihren fruchtbaren Boden weggespült und davongetragen.

Ein führender amerikanischer Landwirtschaftler erklärte dazu in einem öffentlichen Vortrag: „Das Tempo, in dem sich die Bodenfruchtbarkeit in den USA erschöpft, ruft höchste Beunruhigung hervor. Ungefähr ein Viertel des Acker- und Weidelandes ist bereits verwüstet.“

Eine weitere Folge der rücksichtslosen Abholzung der Bergwälder sind die riesigen Überschwem-

mungen zur Zeit der Schneeschmelze oder nach langanhaltenden Regenfällen. Die kahlen Bergänge können die Niederschläge und das Schmelzwasser nicht mehr aufsaugen und speichern; als reißende Wildbäche stürzen die Wassermassen zu Tal, lassen die Flüsse über ihre Ufer treten, die Ströme ihre Dämme durchbrechen. Verheerende Zerstörungen werden angerichtet.

### **Die „ungezähmten“ Flüsse**

Es gibt Länder, in denen Zeitungsüberschriften wie „Hochwasserkatastrophe“ oder „Frühjahrsüberschwemmung“ Jahr für Jahr wieder auftauchen. Nur die Zahlen der Todesopfer, der Obdachlosen, und die Namen der zerstörten Ortschaften ändern sich; die Namen der über die Ufer getretenen Flüsse bleiben fast immer dieselben.

In Amerika sind es der Mississippi oder der Missouri, in Indien der Ganges und der Brahmaputra, in Italien der Po.

Um alle Schäden aufzuschreiben, welche die „ungezähmten“ Flüsse der Menschheit zufügten, müßte man dicke Bücher füllen.

Im Jahre 1737 schleuderte der Ganges, der aus dem Himalajagebirge kommt, eine Sturzwelle auf Kalkutta und löschte in wenigen Augenblicken 300 000 Menschenleben aus. 1864 rissen seine tosenden Fluten 48 000 Inder mit sich ins Meer. 1876

vernichtete der Brahmaputra, den die Inder als „Sohn Gottes“ verehren, 200 000 Menschen.

Drei Angriffe des Wassers: 548 000 Tote. Das entspricht etwa der Einwohnerzahl einer Stadt wie Leipzig oder Dresden!

Jenseits des Ozeans, in den Vereinigten Staaten, trat Mitte April 1927 der durch eine vorzeitige Schneeschmelze mächtig angeschwollene Mississippi über seine Ufer. Binnen zwei Tagen überflutete er sieben Staaten, die insgesamt viermal so groß wie Deutschland sind.

Fast auf den Tag genau 25 Jahre später hielt der Missouri die Welt in Atem. Ohne Mitgefühl für die rund 800 000 geschädigten Menschen schilderte ein amerikanischer Reporter vom Flugzeug aus das äußere Bild der Überschwemmungskatastrophe: „... unter uns wälzt sich der Missouri durch das Land – eine lehmgelbe Sintflut. Längs der durchbrochenen Dämme sehen wir Menschen und Maschinen im verzweifelten Kampf mit den Fluten. Von Häuserdächern und aus Baumkronen winken uns Hilfesuchende zu. Sie halten uns für ein Rettungsflugzeug. Der Fluß ist auf zwanzig Kilometer Breite angeschwollen, dem Land droht ein unvorstellbares Chaos ...“

Wenige Monate vorher, im November 1951, hatten die italienischen Rundfunkstationen gemeldet: „Unwetterkatastrophe in Norditalien – Flutwellen des Po steigen unaufhörlich – mehr als 200 000 Menschen verloren ihre gesamte Habe – der Sach-

schaden wird auf 500 Milliarden Lire geschätzt . . .“  
Das liest sich so leicht hin, doch um diese Summe zu verdienen, müßten 500 000 italienische Arbeiter fünfzig Jahre ihres Lebens schwer arbeiten!  
Von einem wirksamen Gegenangriff der Menschen, von Wasserschutzbauten der Regierungen, ist in keinem der beiden Berichte die Rede. Selbstverständlich kostet ein organisierter Gegenangriff Geld. Im Staatshaushaltsplan der USA sind nur ein Prozent der zur Verfügung stehenden Summe für Wasserschutzbauten vorgesehen. Damit läßt sich noch nicht einmal die Verteidigung organisieren. In Italien ist es kaum mehr. Deshalb versuchen die kapitalistischen Regierungen, die Schuld an dem Unglück den „Naturgewalten“ zuzuschreiben. Die über 100 Eingaben, welche die Kommunistische Partei Italiens seit 1951 zur Po-Regulierung machte, ließ die Regierung in Rom unbeantwortet, und so haben denn seit 1951 bis Ende 1960 vierzehn weitere Überschwemmungskatastrophen das Po-Delta heimgesucht.

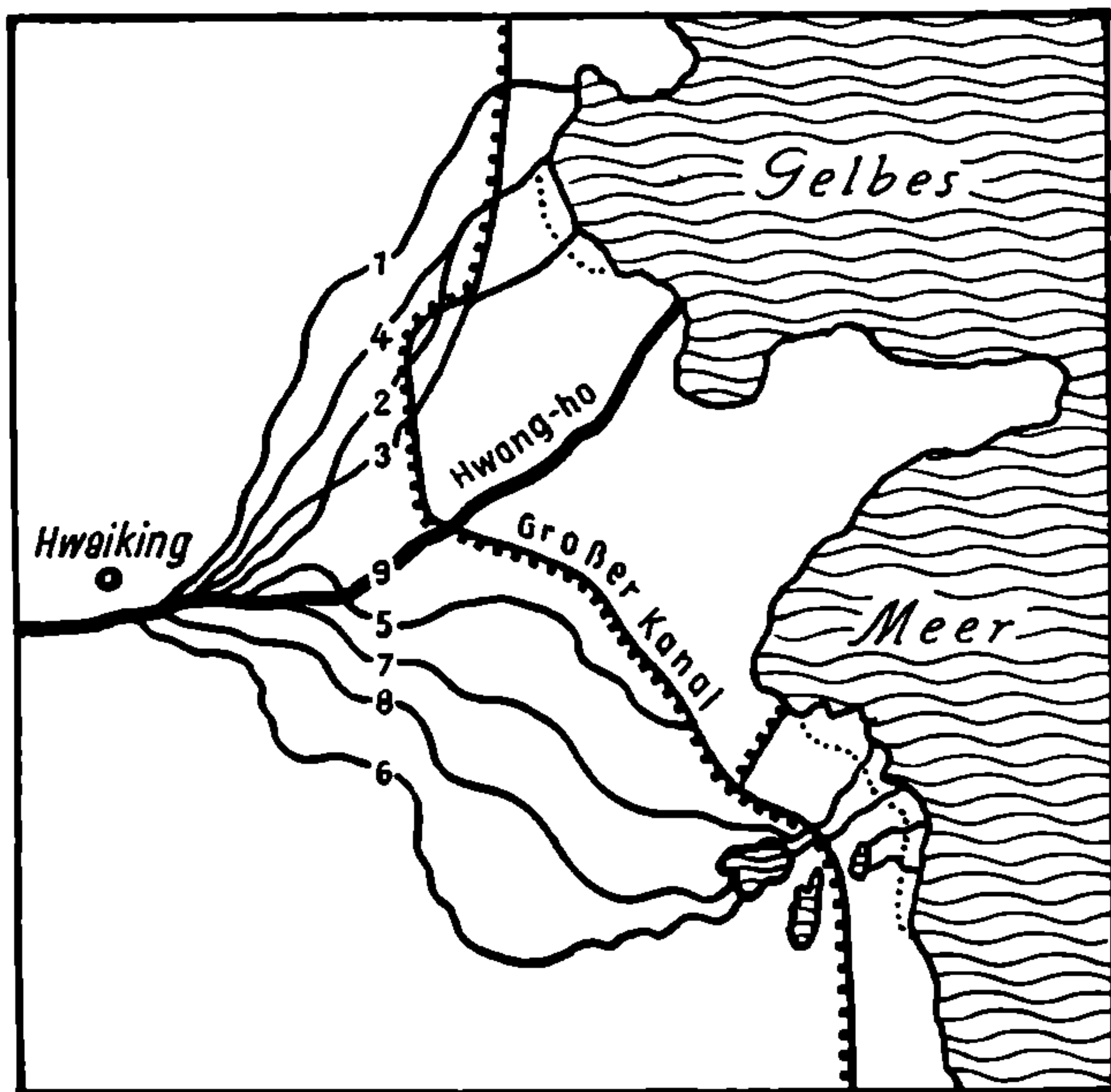
### **Die Sorgen des Reiches**

Eine Flußfahrt auf dem größten und wasserreichsten Fluß Chinas, dem 5591 Kilometer langen Jangtsekiang, ist fast schon eine kleine Weltreise. Schade, daß wir sie nur auf der Landkarte und nicht in einer richtigen Dschunke unternehmen können.

Auf seinem Wege aus den Kunlun-Bergen zum Gelben Meer bewässert der Jangtsekiang fast ein Fünftel der Chinesischen Volksrepublik. In seinem Stromgebiet, das nahezu ein Dutzend Provinzen umfaßt, wohnt mehr als die Hälfte der gesamten chinesischen Bevölkerung. Gemeinsam mit seinen Nebenflüssen bewältigt er die Hälfte aller Binnenschiffahrtstransporte.

Kurzum: Der Jangtsekiang ist die Hauptschlagader Chinas. In früheren Zeiten nannten ihn die chinesischen Bauern ihre „segenspendende Mutter“, die sie sich durch Gebete und Opfer gnädig zu stimmen versuchten. Doch die Jangtse-Mutter schien schwerhörig und launisch zu sein. Oft war ihr Wasserreichtum so groß, daß sich der Segen in Unheil wandelte. Den Jahren der Überschwemmungen folgten Jahre der Trockenheit.

Noch ungestümer gebärdete sich der 4845 Kilometer lange Hwangho. Die riesigen Schlamm-massen, die er mit sich führt und deren Ablagerungen das Strombett erhöhten und die Mündungen verstopften, trugen ihm den Namen „Gelber Fluß“ ein. Mehr als einmal wechselte der Fluß Lauf und Mündung und wurde so zur „Sorge des Reiches“. Im 12. Jahrhundert, als von Norden her die Horden des mongolischen Herrschers Dschingis-Khan ins Land eindrangen, zerstörten sie in blindwütigem Haß die Hwangho-Dämme. Die entfesselten Fluten brachten die ganze Landkarte Nordchinas durcheinander. Wo gestern noch Wälder grüntem, dehn-



Das Delta des Hwangho

ten sich plötzlich schmutziggelbe Seen und verschlangen die Hütten und Felder der Bauern. Das alte Strombett verwandelte sich in ein todbringendes Sumpfgebiet. Vergebens versuchten die Erbauer der trutzigen Chinesischen Mauer, die das Land gegen den Angriff äußerer Feinde schützen sollte, diesen Feind im eigenen Land zu unterwerfen. Glatt und gewandt wie eine Riesenschlange entglitt der Hwangho immer wieder ihren Händen.

Von allen Schrecken, die China in der Vergangenheit bedrohten, waren die Hochwasserkatastrophen wohl die schlimmsten. Auf das Schuldkonto des Hwangho, der seit Beginn unserer Zeitrechnung fast 1000 Überschwemmungen verursachte, kommen etwa 70 Millionen Menschenleben.

Und noch einmal wurden die Hwangho-Dämme gesprengt; wieder hatte das chinesische Volk zahlreiche Todesopfer zu beklagen. Anstatt sich mit dem Volk zum Kampf gegen das Wasser zusammenzuschließen, verbündeten sich 1938 die volksfeindlichen Kuomintangtruppen mit der „Sorge des Reiches“ gegen das Volk. Auf der Flucht vor den Japanern, die in China eindringen, um das reiche Land zu erobern, und um seine Truppen für den Kampf mit der von der Kommunistischen Partei Chinas geführten Volksbefreiungsarmee zu schonen, ließ Tschiang Kai-schek die Hwangho-Dämme sprengen. Rücksichtslos setzte er das Leben und die Existenz von 55 Millionen Menschen aufs Spiel, um sein eigenes Leben zu retten.

1947 hatte das Tschiang-Kai-schek-Regime ausgespielt.

1949 an die Spitze der Volksrepublik China gestellt, gab Mao Tse-tung an die Arbeiter, Bauern und Soldaten die Losung aus: „Wir müssen die Flüsse bezähmen!“ Mit Begeisterung, Tatkraft und Klugheit ging das befreite Volk an die Arbeit. Die Hauptaufgaben ihres Planes lauteten: Beseitigung der Überschwemmungsgefahr, Vergrößerung der be-

wässerten Ackerfläche, Verbesserung der Schifffahrtsbedingungen, Nutzbarmachung von Wasserkraftreserven.

Zuerst kam der im Hwaijangschan-Gebirge entspringende Hweiho an die Reihe. Ohne moderne Baumaschinen vollbrachten etwa fünf Millionen Menschen gigantische Leistungen. 77 Nebenflüsse mit einer Gesamtlänge von 3000 Kilometern wurden gereinigt, vertieft, begradigt oder umgebettet, über 2000 Kilometer Deiche und Dämme errichtet und ein über 100 Kilometer langer Schifffahrts- und Bewässerungskanal erbaut. Ferner wurden im Bereich des Hweiho 104 Schleusen geschaffen und über 800 000 Brunnen angelegt.

Bevor noch das Regulierungsprogramm des Hweiho abgeschlossen war, begannen weitere zwei Millionen Männer und Frauen mit dem Bau eines gewaltigen Flutbeckens am mittleren Jangtsekiang. Das riesige Wasserreservoir von Tschingkiang, das ein Fassungsvermögen von über sieben Milliarden Kubikmeter besitzt, sollte dem Jangtse seine Schrecken nehmen. Bei Baubeginn sagte Mao Tse-tung: „Das Werk muß vor Beginn des Sommerhochwassers vollendet sein!“

Knapp drei Monate nach Baubeginn, am 20. Juni 1952, fand die Einweihung des Flutbeckens statt.

Ohne Atempause rückten die Menschen nunmehr der „Sorge des Reiches“ zu Leibe. In sechs Jahren wurden 82 Millionen Kubikmeter Erde bewegt und rund zwei Millionen Kubikmeter Mauerwerk herge-





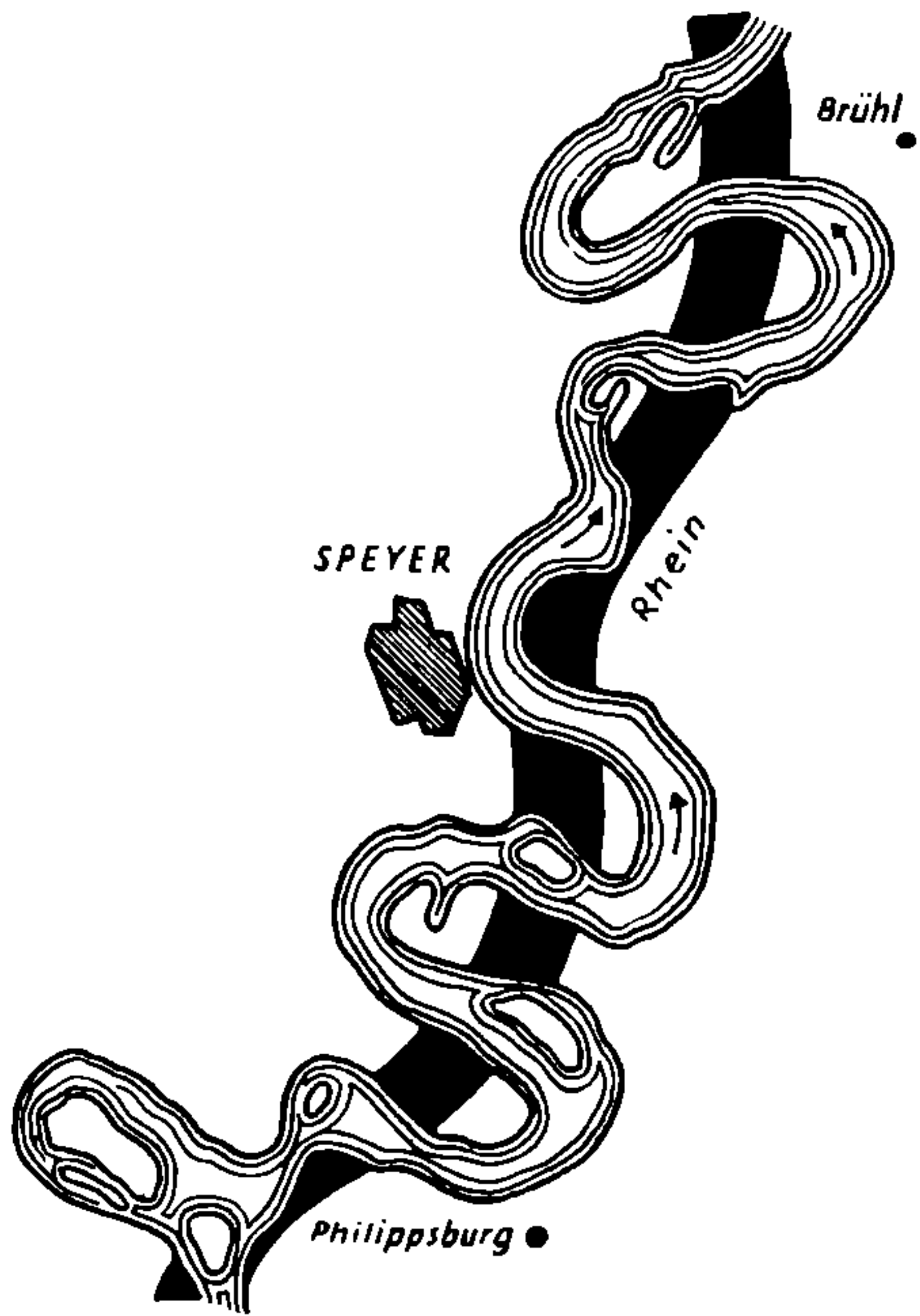
stellt, um die 1300 Kilometer langen Hauptdämme des Hwangho zu erhöhen. Kernstück des Regulierungssystems bildet einer der größten Staudämme Chinas. Einen Kilometer lang und 120 Meter hoch, staut er den Hwangho zu einem künstlichen See von 3500 Quadratkilometer Oberfläche und 64,7 Milliarden Kubikmeter Inhalt.

Das scheinbar Unmögliche wurde möglich: Chinas Flüsse, einst Fluch des Landes, gehorchen den Menschen!

Zum Glück für die Menschheit gebärden sich nicht alle Flüsse wie wilde Bestien, erfordert ihre Zähmung nicht immer solchen Aufwand wie der Hwangho. Doch selbst der kleinste Fluß erweist sich bei näherer Betrachtung als ein Baumeister der Natur, der mit der Luft und dem Eis als Gehilfen unablässig an den Oberflächenformen der Erde modelliert.

### **Was das Flußbett erzählt**

Bach, Fluß und Strom besitzen, wie der vorangegangene Abschnitt zeigte, selbstgeschaffene „Betten“. In Wirklichkeit ähnelt das Flußbett viel eher einer langen, kurvenreichen Straße, auf der das aus den Bergen kommende Wasser zum Meere wandert. Dabei orientiert es sich nach den großen Wegweisern in der Landschaft, den Gefällen. Nirgends ist die Oberfläche unserer Erdkugel wirklich



### Der Rhein bei Speyer vor der Begradigung

eben. Die Höhe des Gefälles bestimmt die Geschwindigkeit der Strömung, das Gefälle gibt dem Fluß zugleich die Richtung.

In seinem Vorwärtsstürmen läßt sich der Fluß nicht einmal von den Bergen aufhalten. Entweder schlägt er darum einen Bogen, umfließt er sie, oder – das kommt ebenso häufig vor – er sägt sein Bett tief hinein. Auf solche Weise hat sich die Elbe ihren Weg durch die Sandsteinfelsen der Sächsischen Schweiz gebahnt. Im Westen Südamerikas haben

einige Flüsse ihr Bett mehr als 1000 Meter tief in Felsmassive eingehobelt.

„Wo gehobelt wird, fallen Späne“, sagt ein altbekanntes Sprichwort. Die Hobelspäne des Wassers sind gewaltige Felsbrocken. Wir finden sie in allen Wildbächen der Gebirge. An den Flußmündungen aber gibt es nur Sand und Schlamm. Wie kommt das? Auf dem weiten Transportweg zum Meer zermahlt das Wasser das Geröll wie eine Mühle; die Steine werden immer kleiner und die Flußtrübe nimmt zu. Das fließende Wasser leistet also „Arbeit“. Allein die Donau transportiert jährlich 35 Millionen Kubikmeter, der Mississippi etwa 200 Millionen Kubikmeter Geröll in das Meer. Aus diesen Erdmassen könnte man in weniger als tausend Jahren das sächsische Erzgebirge mit allen seinen Erhebungen nachbilden. Ein noch fleißigerer Transportarbeiter ist unser alter Bekannter, der Hwangho. Auf seinem breiten Rücken trägt er jährlich eine halbe Milliarde fruchtbaren, gelben Lößboden ins Meer. Solche „Diebstähle“ bleiben nicht unbemerkt. Die Gebirge verlieren an Höhe, die Flußläufe an Gefälle, an den Flußmündungen entstehen regelrechte Schutthalden, die im Laufe der Zeit ein sogenanntes Delta bilden. Der Ganges und der Brahmaputra bilden gemeinsam das größte Flußdelta der Erde. Ihr Mündungsgebiet ist so groß wie die Schweiz; Schlammبانke und Dschungelgebiete wechseln einander ab.

Außer den Gebirgen stellen sich dem Fluß noch

andere Hindernisse entgegen. Im Verlauf von Erdbewegungen (tektonischen Hebungen oder Senkungen) kann an einer bestimmten Stelle im Tal eine Stufe entstehen. Unvermittelt wird der Fluß gezwungen, sich als Wasserfall in die Tiefe zu stürzen. Wasserfälle finden sich am häufigsten an den Oberläufen der Flüsse in gebirgigen Gegenden. Deshalb ist die Schweiz, die Wiege großer europäischer Flüsse, besonders reich daran. Der Rhein, der aus den Bergen des Schweizer Kantons Graubünden kommt, springt neunmal in die Tiefe. Sein bekanntester Fall ist der 113 Meter breite Rheinfall bei Schaffhausen, wobei er einen Höhenunterschied von 25 Metern überspringt. Als Rekordhalter im „Tiefsprung“ galt bis vor wenigen Jahren der Utigardsfos, ein Wasserfall in Norwegen, mit 610 Metern. Fast doppelt so tief wie der Utigardsfos und vierzigmal tiefer als der Rheinfall bei Schaffhausen stürzt der größte Wasserfall der Erde, der 1951 von einer Expedition im Grenzgebiet zwischen Venezuela und Guayana in Südamerika entdeckt wurde, seine Wasser.

Im Vergleich zu dieser „Spitzenklasse“ erscheinen die weltbekannten Niagarafälle in Nordamerika wie Zwerge. Sie stürzen ihre Wasser „nur“ 60 Meter in die Tiefe. Dennoch würden die Wassermassen, die sich dabei in einer Minute über die fast 1200 Meter breite Felsenkante wälzen, ausreichen, den täglichen Wasserbedarf einer Stadt wie Leipzig zu decken. Die Kraft der in die Tiefe stürzenden Was-

ser ist so groß, daß sie am Fuße der Fälle eine fünfzig Meter tiefe Mulde ausgewaschen haben. Verständlich, daß man ihre Energie zur Stromerzeugung nutzt. Auch an der Felsenkante hat das Wasser seine Säge angesetzt, und es schneidet das Land jährlich mehr als einen Meter zurück. Nach Beendigung der letzten Eiszeit lag die Wasserfallstufe 11 Kilometer weiter flußabwärts als heute. In rund 5000 Jahren werden die Niagarafälle den Erie-See erreichen. Dann werden nur noch ein paar Stromschnellen an die „tosenden Wässer“ der Seneca-Indianer erinnern, die hier bis ins 17. Jahrhundert hinein ihre Wohnplätze und Jagdgründe hatten.

### **Orellana entdeckt den Amazonas**

Gleich Nußschalen tanzten die zwei rohgezimmerten Schiffe mit zerschissenen Segeln aus geflochtenen Grasmatten flußabwärts. In das Rauschen der Strömung mischte sich das Lärmen von Affen und Vögeln. Die Wachen an Bord starrten mit ängstlichem Blick in die grünen Waldwände, die das Ufer säumten, und in die gelbgrünen Fluten, die sie meerwärts trugen. Spanische Schiffe, spanische Söldner, die ausgezogen waren, das Goldland „El Dorado“ zu suchen. Seit Wochen und Monaten trieben sie auf dem Strom, der keinen Anfang und kein Ende zu haben schien. Doch das Goldland, in das sie Gonzalo Pizarro und ihr Generalkapitän

Francisco de Orellana zu führen versprochen, hatten sie nicht gefunden. Dafür lauerten hinter jeder Flußbiegung neue Gefahren, fremde, kriegerische Stämme, unbekannte, wilde Tiere. Nur wenige der Söldner glaubten daran, die Heimat jemals wiederzusehen.

Finster und verschlossen blickte auch Orellana drein, der in der kleinen Kajüte hinter seinen Aufzeichnungen saß. Seine Gedanken schweiften zu den ersten Tagen der Fahrt zurück. Mit 350 spanischen Lanzenreitern und 4000 Indianern war Orellana im Frühjahr 1541 an der Seite Pizarros zur Eroberung des Goldlandes aufgebrochen. Mühselig hatte sich die Heerschlange ihren Weg über die rauhen Kordilleren und durch die grüne Hölle des Urwaldes gebahnt, bis sie an die Ufer des Flusses stießen. Um Lebensmittel für die entkräfteten Männer zu beschaffen, hatten sie mitten im Urwald die beiden seltsamen Schiffe erbaut. Mißtrauen und Verzweiflung gaben den Anlaß zur offenen Meuterei gegen Gonzalo Pizarro, den Gouverneur. Als neuer Generalkapitän bemächtigte sich Orellana der Schiffe, mit denen sie 12 Wochen auf einem Nebenfluß trieben, bevor sie das „Flußmeer“ erreichten, das Flußmeer, das er – Orellana – mit dem Recht des Entdeckers „Amazonas“ nannte und in die Karten eintrug. Vielleicht lohnte ihm der spanische König die Entdeckung mit Gold oder neuen Ämtern und Würden? So hoffte Orellana.

Am 26. August 1541 war der Ozean erreicht, und die Kunde davon eilte den Entdeckern in die Heimat voraus.

Orellana erforschte und befuhr als erster den größten aller Urwaldströme, den wasserreichsten Strom der Erde. Mehr als 200 Flüsse, unter ihnen 17 Nebenströme, von denen die meisten länger sind als Rhein und Donau, beschicken ihn mit Wasser. In der Nähe des Äquators durchschneidet er ganz Südamerika in einer Breite, die an seinem Oberlauf zwei Kilometer, an seiner Mündung 250 Kilometer beträgt. Auf die Europakarte übertragen, müßten wir das Quellgebiet des 5500 Kilometer langen Amazonas bei Madrid, der Hauptstadt Spaniens, die Quellen seiner Nebenströme bei London und Rom, Bukarest und Istanbul, seine beiden Mündungsarme bei Moskau einzeichnen. Sein Flußgebiet ist so groß wie das vom Mississippi, des längsten Stroms der Erde, und vom Nil, des zweitlängsten Stroms der Erde, zusammengenommen.

Das ist weder ein Schreibfehler noch ein Widerspruch. Lediglich den Begriff „Stromgebiet“ müssen wir näher erklären. Jedes Dorf, jede Stadt, jeder Staat besitzen genau festgelegte Grenzen, die das Hoheitsgebiet von dem des Nachbarn trennen. Auch die Natur ist in eine Art „Wasserwirtschaftsgebiete“ eingeteilt. Ihre Grenzen können hoch aufragende Gebirge, aber auch kaum feststellbare Bodenerhebungen bilden. Man nennt sie Wasserscheiden. Deswegen fließen Rhein und



Donau, deren Quellgebiete nahe beieinander liegen und deren Flußläufe sogar unterirdisch in Verbindung stehen, entgegengesetzt ab. Der Rhein strömt in Nordrichtung in die Nordsee, die Donau in Südostrichtung ins Schwarze Meer. Das Stromgebiet bildet das Sammelbecken, aus dem der Hauptstrom, der es durchfließt, gespeist wird. Nicht immer trifft es sich wie bei der Wolga, die als größter Strom Europas zugleich das größte europäische Stromgebiet besitzt.

Während wir den Spuren Orellanas und den großen Strömen der Erde folgten, sind wir an der dritten und letzten Station angelangt: den Weltmeeren oder Ozeanen.

## BEKANNTSCHAFT MIT DEM GROSSEN „UNBEKANNTEN“

### **Das Meer der Finsternis**

Bis vor etwa 500 Jahren besaßen die Menschen eine unklare Vorstellung von der Erde und den Ozeanen. Was die Entstehung der Erde anbelangte, so hielten die einen das Feuer, die anderen das Wasser für den Urstoff aller Dinge; die dritten behaupteten, die Erde sei im Kampf des Wassers

mit dem Feuer entstanden. Sie gaben dem Wasser den Namen Okeanos, der „das Urmeer“ bedeutet. Noch heute bezeichnen wir die großen Meere als Ozeane.

Die griechischen Philosophen des Altertums stellten sich die Erde als eine flache Scheibe vor, andere glaubten, sie sei ein Rechteck, eine nach unten gewölbte Pauke oder gar eine auf der Spitze stehende Pyramide.

Viel kannten die Menschen jener Zeit noch nicht von der Erde; denn allzuweit wagten sie sich von ihrem Wohnsitz nicht hinweg. Um das Mittelmeer hatten sich die Römer, Ägypter, Babylonier und Phönizier angesiedelt. Die Griechen erklärten Delphi, den ihnen heiligen Ort, zum Mittelpunkt der Welt. Im Osten und Süden begrenzten öde Wüsten, im Norden das „Land der Dunkelheit“, im Westen das Vorgebirge von Gibraltar ihr Weltbild. Dorthin verpflanzte der Aberglaube der Seeleute die Säulen des Herakles. Der steinerne Riese hielt den Schlüssel zum Ozean in der Hand, und von seinem Sockel herab warnte die Inschrift: „Bis hierher und nicht weiter!“ Dahinter, so sagten die Seeleute, breite sich das von keinem Schiff befahrene „Meer der Finsternis“.

Einer der ersten, der für die Kugelgestalt der Erde eintrat, war der griechische Mathematiker Pythagoras, der etwa 600 Jahre vor Beginn der Zeitrechnung lebte.

Im Mittelalter fand diese Lehre in der christlichen

Kirche einen mächtigen Feind. Wer es wagte, für die Kugelgestalt der Erde einzutreten, wurde wie Kopernikus als Ketzer verfolgt, wie Galilei vor Gericht gestellt oder wie Giordano Bruno auf dem Scheiterhaufen verbrannt. Doch die Zeit war reif geworden, die Kugelgestalt der Erde zu beweisen. Die gesellschaftliche Entwicklung der Menschheit war so weit vorangeschritten, daß es notwendig wurde, genaue Kenntnisse über die Umwelt zu gewinnen. Der Kaufmann, der die Meere befuhr, um Rohstoffe für die Fabrikanten zu erwerben, die diese wiederum in ihren Manufakturen verarbeiten ließen, er beispielsweise brauchte genaue Landkarten, die ihm Irrwege ersparten. Das Meer sollte nicht länger der große Unbekannte bleiben.

### **Die Eroberung der Ozeane**

In den Häfen der großen Seemächte Portugal und Spanien herrschte im 15. Jahrhundert emsiges Treiben. Stolz blähten mächtige Karavellen ihre Segel im Wind. In den Hafenschenken saßen Seeleute und Abenteurer aus aller Herren Ländern. Bei einem Abschieds- oder Willkommenstrunk erzählten sie die tollsten Geschichten über ihre Erlebnisse auf unbekanntem Meeren und in unbekanntem Ländern. Einige waren dabeigewesen, als im Jahre 1487 der Portugiese Bartolomeo Diaz die Südspitze Afrikas umschiffte. Seither versuchte Portugal mit Macht,

seinen Schiffen einen Seeweg in Östrichtung nach den hinterindischen Gewürzinseln zu bahnen. Aus Spanien hörte man, ein gewisser Kolumbus wolle dasselbe Ziel in westlicher Richtung erreichen.

Die Seeleute in den Schenken schüttelten ungläubig die Köpfe. Die Professoren der Universität Salamanca erklärten gewichtig: „Hütet Euch, Kolumbus, mit Euren Karavallen zu weit nach dem Westen zu segeln, damit Ihr nicht vom Rand der Erdscheibe herunterfallt. Angenommen aber, die Erde wäre wirklich eine Kugel, wie einige Wirrköpfe behaupten, dann möget Ihr wohl den Ozean hinabsegeln können. Wie aber wollt Ihr auf der Rückreise wieder heraufkommen?“

Christoph Kolumbus, der genuesische Tuchwebersohn, ließ sich nicht einschüchtern oder abhalten. Viermal segelte er westwärts, überquerte in wochenlanger Reise den Atlantischen Ozean und entdeckte mehrere Inselgruppen vor der mittelamerikanischen Küste. Kolumbus glaubte bis zu seinem Tode, er hätte Indien entdeckt, und er nannte die rothäutigen Landesbewohner „Indianer“.

Nach Kolumbus landete der spanische Eroberer Vasco Nunez de Balboa an der zentralamerikanischen Küste, durchquerte in anstrengenden Fußmärschen den Urwald und erblickte im Herbst 1513 von einer Bergkette aus einen neuen Ozean. In voller Rüstung, mit Schwert und Fahne, stieg Balboa in die Fluten. Bis an die Knie im Wasser ste-



hend erklärte er „die australischen Meere, Länder, Gestade und Inseln vom Nordpol bis zum Südpol“ zum Besitz der spanischen Könige. Er hatte den Stillen Ozean entdeckt, der Amerika von dem ersehnten Indien trennte.

Im Wettlauf um die Gewürzinseln zwischen Portugal und Spanien ging nunmehr der portugiesische Seefahrer Fernao de Magalhães an den Start. Die Schiffe, mit denen er im September 1519 den Hafen von Sevilla zur ersten Weltumseglung verließ, glichen schwimmenden Warenhäusern. Nachdem es Magalhães als erstem Seefahrer gelungen war, die Südspitze Amerikas zu umfahren, begann der Kampf mit dem großen Unbekannten, der Kampf mit dem Stillen Ozean. Einer der Mitreisenden, der Italiener Antonio Pigafetta, berichtet darüber in seinem Tagebuch: „Die Fahrt über den Stillen Ozean dauerte drei Monate und zwanzig Tage . . . Es waren schlimme Tage. Der Zwieback, den wir essen mußten, war kein Brot mehr, sondern nur noch Staub, der sich mit Würmern vermischt und durch den Urin von Mäusen einen unerträglichen Geruch angenommen hatte. Das Wasser, das wir zu trinken gezwungen waren, war faulig und stinkend. Um nicht Hungers zu sterben, mußten wir das Rindsleder essen, mit dem die große Rahe überzogen war . . . Gar oft nahmen wir aus bitterer Not Sägespäne zu uns. Selbst Mäuse waren für uns eine begehrte Speise . . .“

Der Ozean forderte und erhielt seinen Tribut.

Stürme und Meeresklippen, Meuterei, Verrat und feindliche Überfälle bedrohten ebenso wie der Hunger das Gelingen der ersten Weltumseglung. Magalhães fiel in einem Gefecht mit den Bewohnern der Philippinen. Sein Nachfolger erreichte die Gewürzinseln, durchquerte den Indischen Ozean und kehrte um die Südspitze Afrikas nach Spanien zurück. Von den 265 tapferen Männern, die mit Magalhães ausgelaufen waren, sahen nur 18 die Heimat wieder. Ihre großartige Tat aber bewies die Kugelgestalt der Erde.

Der Wettlauf um die Gewürzinseln hatte nunmehr ein Ende gefunden, aber mit den Seeleuten war die Kunde von der märchenhaften Schönheit jener fernen Länder in alle Teile Europas gedrungen, und die Sage von dem geheimnisvollen „Goldland“ mit seinen gewaltigen Reichtümern, das es irgendwo in der Welt geben sollte, spukte mehr denn je in den Köpfen der Menschen herum. Die Suche nach diesem wundervollen „El Dorado“ in den südlichen Meeresgefilen begann. Dabei taten sich besonders die Holländer hervor. Auf ihren ostindischen Handelsfahrten glaubten sie zu Beginn des 17. Jahrhunderts die „Terra australis incognita“, das sagenhafte Südland, auch wirklich gefunden zu haben. Sie gaben ihm den Namen Neuholland. Das „Goldland“ war es freilich nicht. So geriet ihre Entdeckung bald in Vergessenheit. Von den Engländern im darauffolgenden Jahrhundert wiederentdeckt, erhielt es den Namen

Australien und bereicherte die Erdkarten als fünfter Kontinent.

Die Eroberung der Ozeane war zur Eroberung der Welt geworden.

### **Einwanderer aus Übersee**

Über den Ozean segelt ein geheimnisvolles Schiff ohne Flagge. An Deck ist nur selten ein Matrose zu sehen. Der Kapitän selbst hält von der Brücke Ausschau. Er will keinem anderen Schiff auf dem Ozean begegnen, bevor er sein Ziel erreicht: Haiti. Ein Seeräuberschiff? Vielleicht war es auch das einmal. Jetzt hat es Fracht geladen, kostbare Fracht: schwarzes Elfenbein. In den muffigen Verschlägen unter Deck wimmelt es von schwarzen Menschenleibern, junge Männer und Frauen, halberwachsene Kinder, mit Ketten aneinandergeschmiedet, eingetauscht gegen Rum, Glasperlen und Spiegel, bestimmt für die Sklavenmärkte in Amerika.

In den neu entdeckten überseeischen Gebieten mangelt es an Arbeitskräften. Erbarmungslos haben die Eroberer des Kontinents Amerika die einheimische Bevölkerung ausgeplündert und hingemordet. Ganze Stämme sind freiwillig in den Tod gegangen, um sich und ihren Kindern das Sklavendasein zu ersparen. Ein Menschenalter nach der Entdeckung Haitis durch Kolumbus ist die Bevölkerungszahl von 100 000 auf 1000 Menschen zusam-



mengeschrumpft. Schätzungsweise 30 Millionen Afrikaner werden in den folgenden Jahrhunderten in die Sklaverei verkauft. Ihre Nachkommen machen noch heute 10 Prozent der Bevölkerung der Vereinigten Staaten aus.

Ebenso dunkle und blutige Geschäfte betrieben die englischen und holländischen Seeräuber, die den Handelsfahrern auf den Weiten des Ozeans ihre Waren abjagten.

Und was waren das für Waren! Ostindien lieferte Europa außer den begehrten Gewürzen auch Seide, Perlen und Edelsteine. Aus Westindien und Südamerika brachte die spanische Flotte unermessliche Silberschätze nach Europa. Länger noch ist die Reihe der Nahrungsgüter, die auf dem Rücken der Weltmeere befördert wurden. Kolumbus nahm auf einer seiner Fahrten das Zuckerrohr nach Amerika mit, das dereinst die Araber über das Mittelmeer nach Europa gebracht hatten. An Bord der Sklavenschiffe gelangten der Brotfruchtbaum und die Bananenstaude aus Afrika in die Neue Welt. Der englische Seeräuber Francis Drake führte dafür von „drüben“ die Kartoffel bei uns ein. Aus Mexiko kam der Kakao nach Europa, während der „Afrikaner“ Kaffee im Reisegepäck spanischer Missionare nach Brasilien wanderte.

Gewürze, Seide und Baumwolle, Kartoffeln, Mais und Reis, Kaffee und Tabak veränderten die europäische Lebensweise und mit ihr die europäische Landwirtschaft.

Die weißen Flecke auf den Landkarten, die „unerforschtes Gebiet“ bedeuten, schmolzen mehr und mehr zusammen. Weltumseglungen waren von nun an keine Seltenheit mehr. Die Engländer, mit James Cook an der Spitze, überflügelten rasch die Portugiesen und Spanier. An zweiter Stelle folgte Rußland. Die erste Weltumseglung unter russischer Flagge vollbrachte Iwan Fedorowitsch Krusenstern. Als einer seiner besten Schüler nahm Fabian Gottlieb von Bellingshausen 1819 die Suche nach dem legendären Südland wieder auf. Jenseits des südlichen Polarkreises entdeckten Bellingshausen und seine Männer einen neuen Erdteil, den sechsten Kontinent: Antarktika. Ihre Reise war eine der letzten großen Glanzleistungen des Zeitalters der Segelschiffahrt.

Zur gleichen Zeit durchpflügte das erste Dampfschiff die Wasser des Ozeans. Unser Jahrhundert gesellte dem Schiff einen geflügelten Bruder, das Luftschiff – das Flugzeug – dazu. 1916 bezwang der Russe Nagurski mit dem Flugzeug die Polkappen des Nordens. Im Jahre 1929, zwei Jahrzehnte nach der Eroberung des Südpols durch Amundsen und Scott, überflog der Amerikaner Richard Evelyn Byrd den Südpol. Seither kreuzen in jedem Polarsommer die stählernen Riesenvögel über den Polgebieten, und die an Bord eingebauten automatischen Kameras bannen das Bild der größten Eiswüsten der Erde auf die Filmstreifen.

## Was uns der Globus zeigt

Jeder von uns hat den welthistorischen 12. April 1961 miterlebt, an dem Rundfunk, Presse und Flugblätter die Meldung verbreiteten: „Der erste Mensch kreist im Weltall. Sein Name ist Juri Alexejewitsch Gagarin ...“

Keiner wird diesen Tag und das triumphale Ereignis jemals in seinem Leben vergessen. Viereinhalb Jahrhunderte nach Kolumbus und Magalhães, die als erste den Beweis für die Kugelgestalt der Erde erbrachten, konnte ein Mensch, wohlbehalten von seinem Flug in den Kosmos zurückgekehrt, den staunenden Presseleuten erklären: „Bei dem Flug hatte ich Gelegenheit, zum erstenmal mit eigenen Augen die Kugelform der Erde zu sehen ... Die Küsten der Kontinente, Inseln, Ströme, große Wasserflächen und Erd falten waren gut zu unterscheiden!“ Mit einem Satz: Juri Alexejewitsch Gagarin sah die Erde so, wie uns ihr Abbild in Form des Globus bekannt und vertraut ist.

Der Globus zeigt, daß nicht das Braun und Grün des Festlandes und der Inseln, sondern das Blau des Wassers das Bild der Erdoberfläche beherrscht. Nahezu drei Viertel der Erdoberfläche sind von Wasser bedeckt; allein der Stille Ozean nimmt mehr als ein Drittel der Erdoberfläche ein. Insgesamt enthalten die Weltmeere 98 Prozent der Wasservorräte der Erde. Die restlichen zwei Prozent sind das Gletschereis, die Flüsse und Seen, das

Grundwasser in den oberen Erdschichten und der in der Atmosphäre zirkulierende Wasserdampf. Dabei machte allein der letzte Posten dieser zwei Prozent, nämlich der Wasserdampf, die gewaltige Wassermenge von mehr als 10 000 Kubikkilometer aus.

Wie zwei gewaltige Ringer stehen sich Festland und Ozeane gegenüber. Jeder versucht auf seine Weise, „Platz“ zu gewinnen. Das Land reckt und streckt sich in die Höhe. Die Durchschnittserhebung der Erdrinde liegt bei 700 Metern. Im schneebedeckten Himalaja-Gebirge, dem Dach der Welt, erheben sich die Bergriesen fast bis 9000 Meter über den Meeresspiegel.

Mit größerem Erfolg hat sich das Meer in die Erdrinde eingegraben. Seine Durchschnittstiefe beträgt etwa 3700 Meter. Im Vergleich hierzu erscheint die Ostsee als flache Schüssel. Für die tiefste Stelle der Ozeane hielt man bis vor wenigen Jahren das Challengertief im Marianengraben, unweit der Philippinen, mit seinen 10 899 Metern. 1957 lotete die Besatzung des sowjetischen Expeditionsschiffes *Witjas* im Marianengraben eine Tiefe von 10 960 Metern. Könnte man hier, wo der Mensch mittels Echolot mit dem Meeresgrund „telefonierte“, den Mount Everest, „Göttinmutter der Erde“ genannt, den höchsten Berg der Welt, und den Brocken aufeinandersetzen, so würde das Meer an dieser Stelle noch immer doppelt so tief wie an der tiefsten Stelle der Ostsee sein.

## VOM LEBEN DER OZEANE

### **Salzdieb „Rhein“**

In einer illustrierten Zeitschrift entdeckte ich ein merkwürdiges Bild; es zeigte einen Mann, der ohne Schwimmring oder Luftkissen rücklings auf dem Wasser schwamm und dabei vergnügt die Zeitung las. Die Frage, warum der Mann nicht untergeht, beantwortete die Bildunterschrift: „Das ‚dicke‘ Wasser trägt den menschlichen Körper, so daß auch ein Nichtschwimmer nicht ertrinken kann.“

Die Aufnahme wurde am Toten Meer in Jordanien gemacht. Es gilt seit ältesten Zeiten als tot, weil das „dicke“ Wasser in weitem Umkreis kein pflanzliches oder tierisches Leben ermöglicht. Fachleute, die das todbringende Wasser näher untersuchten, stellten fest, daß es an der Oberfläche 21,7 Prozent gelöste Salze enthält und auf seinem Grund einer gesättigten Salzlake gleicht.

Hinter den nüchternen Prozentzahlen stehen mehr als 20 Milliarden Tonnen wertvollster Mineralsalze, die als Düngemittel in der Landwirtschaft ebenso gebraucht werden wie als Grundstoff in der chemischen Industrie.

Die britische „Palestine Potash Ltd.“ (Gesellschaft zur Förderung von Kalisalzen) verdankt dem „dicken“ Wasser des Toten Meeres ihre Monopolstellung auf dem kapitalistischen Kaliweltmarkt. Da-

bei ist die Produktion denkbar einfach. Das Meerwasser wird in flache Becken geleitet, wo es unter der südlichen Sonne rasch verdunstet. Nur das Salz bleibt zurück.

Solche „Salzgärten“ finden wir auch in vielen Ländern rund um das Mittelmeer.

Der mittlere Salzgehalt der großen Ozeane liegt mit etwa 3,5 Prozent weitaus niedriger als der des Toten Meeres. 3,5 Prozent, das bedeutet: Beim Eindampfen bleiben von einem Liter Meerwasser 35 Gramm Salz zurück. In den abgeschlossenen Nebenmeeren ist der Salzgehalt geringer. Er beträgt in der Ostsee nur etwa 0,7 Prozent. Davon läßt sich eine Trinkprobe ohne weiteres vertragen. Das Meerwasser aber enthält außer reinem Kochsalz noch Bittersalze (Sulfate) und geringe Mengen Brom- und Jodsalze (Karbonate und Bromide); es schmeckt wirklich nicht angenehm.

Deutlicher als der Gaumen zeigt uns die Waage die im Wasser enthaltenen Stoffe. Ein Liter Wasser des Toten Meeres wiegt fast 1200 Gramm. Das sind 200 Gramm mehr, als die gleiche Menge reinen Wassers wiegen würde.

Noch aber ist nicht geklärt, wie das Salz ins Meer kommt. Lange Zeit glaubte man, daß es den Ablagerungen der Urmeere entstamme. Wie aber gelangte das Salz in die Urmeere?

Im ersten Kapitel des Buches lernten wir den Regentropfen als „Tauschhändler“, später den Rhein als „Salzdieb“ kennen. Beides weist uns die richtige

Spur: Das Salz des Meeres kommt aus der Erde. Vom Sickerwasser, Grundwasser und den Flüssen aus dem Gestein gelöst, wird es dem Meere zugeführt. Kein Wunder, wenn das Meerwasser außer Salz noch viele andere Mineralien, ja sogar Gold und Uran enthält. Allein mit ihren Goldvorräten von schätzungsweise 8 Millionen Tonnen, deren Gewinnung allerdings außerordentlich kostspielig wäre, erweisen sich die Weltmeere als unerschöpfliche Rohstoffquellen.

### **Warmwasserheizung der Kontinente**

Bleiben wir noch eine Weile am Meeresstrand. Nicht jeder Sommer besteht nur aus Sonnentagen. Ich entsinne mich eines Ostseesommers, da war es im August so kalt, daß die Urlauber in Decken gehüllt in den Strandkörben saßen. Die Lufttemperatur betrug 14 Grad Celsius. Das Wasser war wärmer. Seine Temperatur betrug 17 Grad Celsius. Diese Tatsache zeigt uns eine weitere Eigenschaft des Wassers: Das Meer erwärmt sich nur langsam, dafür gibt es die aufgespeicherten Wärmemengen auch nur zögernd ab. Diese physikalische Erscheinung ist für das Klima in unseren Breiten, ist für das Wetter von großer Bedeutung.

Die Temperaturverteilung in den Weltmeeren wird von den Meeresströmungen geregelt. Die bekannteste und zugleich größte Strömung des Atlan-

tischen Ozeans ist der Golfstrom. Er entsteht unter dem Einfluß der regelmäßig wehenden Passatwinde vor den Küsten Südamerikas. Der Äquatornähe seines Ursprungsgebietes verdankt er auch seine Wärme, die durchschnittlich 25 Grad Celsius beträgt. Seinen Namen erhielt er nach dem Golf von Mexiko, dessen Wasser den Golfstrom verstärkt.

In mehr als 100 Kilometer Breite fließt der Golfstrom längs der amerikanischen Ostküste bis gegen Neuschottland. Dann breitet er sich fächerförmig aus und durchquert mit einer Stundengeschwindigkeit von etwa zwei Kilometern den Atlantischen Ozean. Zwischen Island und Großbritannien hindurch, parallel zur Nordküste Skandinaviens, eine Abzweigung durch den Kanal und die Straße von Dover in die Nordsee entsendend, dringt er bis Spitzbergen, bis an den Rand des Nordpolarmeeres vor. Der kleinere Bruder des Golfstromes ist der Kuroschio, die „Dunkle Salzflut“, im Stillen Ozean. Beide gleichen den Zuleitungsrohren einer Warmwasserheizung, die den „Wärmespeicher Meer“ mit Wärme versorgen.

Der Seewind trägt die Meereswärme zum Festland. Sie entspricht einer jährlichen Wärmeleistung von etwa 600 Tonnen Steinkohle für einen Zentimeter Küstenlinie. Dem Golfstrom verdanken Nordwesteuropa und Island ihr gemäßigtes Klima, das den Getreideanbau bis in den hohen Norden ermöglicht.



Nach Osten nimmt das Klima immer kontinentälere Züge an, das heißt, die Winter werden kälter und die Niederschläge nehmen ab, da die großen Landmassen das Klima beeinflussen. Welchen Einfluß der Golfstrom auf unser Klima hat, zeigt folgendes Beispiel: Wladiwostok, die größte fernöstliche Hafenstadt der UdSSR, liegt auf demselben Breitengrad wie Rom, die Hauptstadt Italiens, doch ist ihr Klima sehr rauh, denn an dieser Meeresküste fließt kein „Golfstrom“.

Im Ausgleich für das dem Polarmeer zugeführte „Warmwasser“ strömen der Ostgrönlandstrom und der kalte Labradorstrom südwärts. Sie haben ein fernöstliches Gegenstück im Kurilenstrom, der vom Beringmeer aus äquatorwärts fließt.

### **Der Mond als Schwerarbeiter**

Zur Abwechslung lade ich zu einem kleinen Spaziergang auf dem Meeresboden ein. Das ist möglich, denn zweimal am Tage sind große Bodenflächen der Meere, die eine breite Verbindung zum Ozean besitzen, zur „Besichtigung“ freigegeben. Doch wehe dem Wanderer, der die genau festgelegten „Öffnungszeiten“ nicht einhält.

Der Wechsel zwischen Ansteigen und Absinken des Wasserspiegels, zwischen Hoch- und Niedrigwasser, wird als Flut und Ebbe bezeichnet, der ganze Vorgang Gezeiten genannt. Damit stehen wir er-

neut – und nicht zum letzten Male – vor einem scheinbaren Rätsel. Mit ihm beschäftigten sich schon die Naturforscher des Altertums. Wir wissen, daß der Wind die Wellen formt und die Meeresströmungen bestimmt. Um das Kommen und Gehen des Wassers zu regieren, ist der Wind allein zu schwach. Er kann nur Helfer sein. Wer aber sind die Mächtigen, die eine solche Schwerarbeit verrichten?

Drei gigantische Riesen setzen hier ihre Kräfte ein: die Sonne, der Mond und die Erde selbst. Die Sonne ist am stärksten. Doch sie befindet sich zu weit von unserem Planeten entfernt, um Sieger zu sein. Die Bewegung der irdischen Wassermassen in dieser Form vollbringt hauptsächlich der Mond. Er ist es, der aus einer Entfernung von 384 000 Kilometern den Pulsschlag des Meeres bestimmt. Wie ein gewaltiger Magnet zieht der Mond die Wassermassen der Ozeane ein paar Meter zu sich empor. Es entstehen zwei Flutberge, die – bedingt durch die Erdrotation – um unseren Planeten wandern. Der Höhenunterschied zwischen Ebbe und Flut, der sogenannte Tidenhub, beträgt im Durchschnitt etwa vier Meter. Die vom Mond dabei aufgebrauchte Krafterleistung ist so groß, daß man den Jahresarbeitswert der bewegten Wassermassen auf mindestens elf Trillionen Pferdestärken schätzt. Geschrieben sieht die Zahl mit den achtzehn Nullen so aus: 11 000 000 000 000 000 000. So viel Pferde und anderes Zugvieh gibt es überhaupt auf

der ganzen Welt nicht. Mit dieser Leistung sind die Gezeiten nach der Sonnenenergie die größte uns zugängliche Energiequelle.

Mit der wirtschaftlichen Nutzung der Gezeiten könnte man den Energiebedarf der ganzen Erde befriedigen. Seit langem versucht der Mensch, diese vorläufig noch ungenutzten Energien in seinen Dienst zu stellen, bemüht er sich, den Mond zu zwingen, Turbinen zu treiben. An den Küsten Chinas und anderer Länder drehen die immer wiederkehrenden Wasserbewegungen seit undenklichen Zeiten die Mahlsteine von Gezeitenmühlen. Im Jahre 1913 wurde an der Nordseeküste bei Husum ein solches Mond- oder Gezeitenkraftwerk versuchsweise in Betrieb genommen. Auch in England, Frankreich, den Vereinigten Staaten von Amerika und besonders im brennstoffarmen Argentinien sind interessante Projekte für den Bau von Gezeitenkraftwerken ausgearbeitet worden.

Am weitesten fortgeschritten ist ein sowjetisches Projekt, das den Bau eines Gezeitenkraftwerkes in der Mesenbai an den Gestaden des Weißen Meeres vorsieht. Ein 100 Kilometer langer und 15 Meter hoher Damm wird zur Flutzeit ein 2000 Quadratkilometer großes Staubecken bilden. In diesen Damm sollen 2000 Turbinengeneratoren eingebaut werden, die 36 Milliarden Kilowattstunden Strom erzeugen können. Das ist ebensoviel Strom, wie 1929 Frankreich, Italien und die Schweiz zusammen erzeugten. Dabei würde der

Preis für eine Kilowattstunde kaum einen Pfennig betragen.

Die Hauptschwierigkeit besteht darin, daß der „Pulsschlag“ des Meeres von unterschiedlicher Stärke ist. Am stärksten tritt die Flut dann auf, wenn Sonne und Mond hintereinander stehen und in einer Richtung ziehen. Solche Springfluten, die das Wasser bis zu 20 Meter Höhe aufstauen, treten bei Voll- und Neumond ein. Im ersten und letzten Mondviertel, wenn der Mond im rechten Winkel zur Erde steht, schwächen sich die fluterzeugenden Kräfte gegenseitig ab. Das Ergebnis ist eine kleine, eine Nippflut.

Die Kenntnis vom Eintritt und Verlauf der Gezeiten ist für die Schifffahrt von großer Bedeutung. Doch die mathematischen Berechnungen sind so schwierig, daß man zur Ausarbeitung eines jährlichen Flutkalenders viele Wochen benötigt. Menschlicher Erfindergeist schuf die Gezeitenrechenmaschine, die die Voraussagen in zwei Tagen schafft. Die Schifffahrt hält sich gewissenhaft an den Flutkalender; sie benutzt die Flut meist zur Einfahrt in die Häfen, während die Ausfahrt mit Beginn der Ebbe erfolgt.

Größte Gefahr für die Schifffahrt sowie für Gut und Leben der Küstenbewohner besteht dann, wenn sich der vorausberechneten Springflut eine unvorhergesehene Sturmflut hinzugesellt.

## **Sturmflut**

In den frühen Morgenstunden des 31. Januar 1953 nehmen die Bordfunker der in der Nordsee kreuzenden Schiffe eine alarmierende Wettermeldung auf. Erregt pressen sie die Kopfhörer an die Ohren und lauschen der Stimme aus dem Äther: „Hier spricht Wetterdienst Greenwich. Orkantief bewegt sich von Grönland her in Richtung südwestliche Nordsee. Stundengeschwindigkeit 200 Kilometer! Höchste Gefahr! Höchste Gefahr! Hier spricht Wetterdienst Greenwich. Wir wiederholen ...“

Die Kapitäne der Schiffe überlegen nicht lange. Sie wissen, was diese Meldung bedeutet, und ändern den Kurs. Mit Volldampf laufen sie die schützenden Häfen an. Hagelstürme und Schneetreiben verhängen die Sicht. Der Wettlauf mit der Zeit, mit dem Tod beginnt. Der Orkan ist schneller. Von hinten stürzt er die Flutwelle auf das nächstbeste Schiff, zerschlägt die Aufbauten, das Ruder. Der Orkan rast weiter, treibt das tosende Wasser gegen das Land. Der erste Anprall ist fürchterlich. Die schweren Betonklötze der Hafenanlagen werden losgerissen, Eisenbahnzüge von den Gleisen gestürzt, Wohnblöcke und Straßenzüge versinken in den Fluten. Innerhalb weniger Stunden verwandeln sich die in der Themsemündung gelegenen Inseln Canvey und Sheppey in Inseln des Todes. Der Orkan rast weiter. Die Deiche, die die holländische Küste gegen Überschwemmungen schützen



sollen, werden weggespült, Kinder und Greise von den Fluten mitgerissen. Weite Teile der Nordseeküste verwandeln sich in eine endlose Wasserwüste.

In den folgenden Tagen jagen sich auf den Titelseiten der Zeitungen die Schreckensnachrichten: „Die schwerste Flutkatastrophe seit Menschengedenken!“ ... „Haushohe Springfluten überschwemmten große Teile der Südküste Englands sowie weite Gebiete Hollands und Belgiens!“

Die Zahl der Obdachlosen geht in die Millionen, die Zahl der Ertrunkenen in die Tausende. Erst Wochen danach war das ganze Ausmaß der angerichteten Verwüstungen zu übersehen. Aus allen Teilen der Welt erhielten die Geschädigten tatkräftige Unterstützung, trafen in den Notstandsgebieten Geldspenden, Lebensmittel, Medikamente und Kleidungsstücke ein.

### **Angeklagt ist das „Große Unbekannte“**

Die Regierungen der betroffenen Länder schoben die Schuld an der Flutkatastrophe – nach erprobter Methode – auf die „unberechenbaren Naturgewalten“, gegen die der Mensch angeblich machtlos ist. Und weil das Unberechenbare nicht widersprechen konnte, wurde es für schuldig befunden.

Das Urteil ist nicht gerecht! Dafür gibt es Zeugen: die Wetterbeobachter, die Meteorologen. In ihrer

Funkwetterwarte auf der Insel Jan Mayen im Nordatlantik hatten sie das Unberechenbare schon auf ihren Karten registriert, als es noch Tausende Kilometer von Europa entfernt war. Und weil sie aus langjährigen Erfahrungen wußten, daß in der Übergangszeit vom Herbst zum Winter, vom Winter zum Frühling mit seinesgleichen nicht zu spaßen ist, warnten sie die Seefahrer und Küstenstationen vor dem Eintreffen des Orkans. Überdies zeigte der Flutkalender eine Springflut an. Die Schiffe auf hoher See befolgten die Ratschläge der Funkwetterzentralen. Die Regierungen der von den Fluten bedrohten Länder jedoch verließen sich auf ihre Dämme und Deiche. Voller Stolz sagten die Holländer bis zu jenem Unglückstag: „Gott schuf das Meer, die Holländer schufen die Deiche!“ Nach der Katastrophe mußten sie hinzusetzen: „Doch das Meer zerstörte die Deiche, weil sie nicht stark genug waren!“

Die Zeugenvernehmung spricht jene Minister, Regierungsbeamten und Parlamentarier mitschuldig, die es versäumten, die Deiche rechtzeitig stark genug zu machen.

Noch einen weiteren Entlastungszeugen fand das Unberechenbare: die Geschichte. Seit Jahrhunderten hat man in dickbändigen Chroniken die Beweise dafür zusammengetragen, daß das Meer den Küstenbewohnern seit langem als heimtückischer, zerstörungswütiger Nachbar bekannt ist.



## **Das Schuldkonto der „Mordsee“**

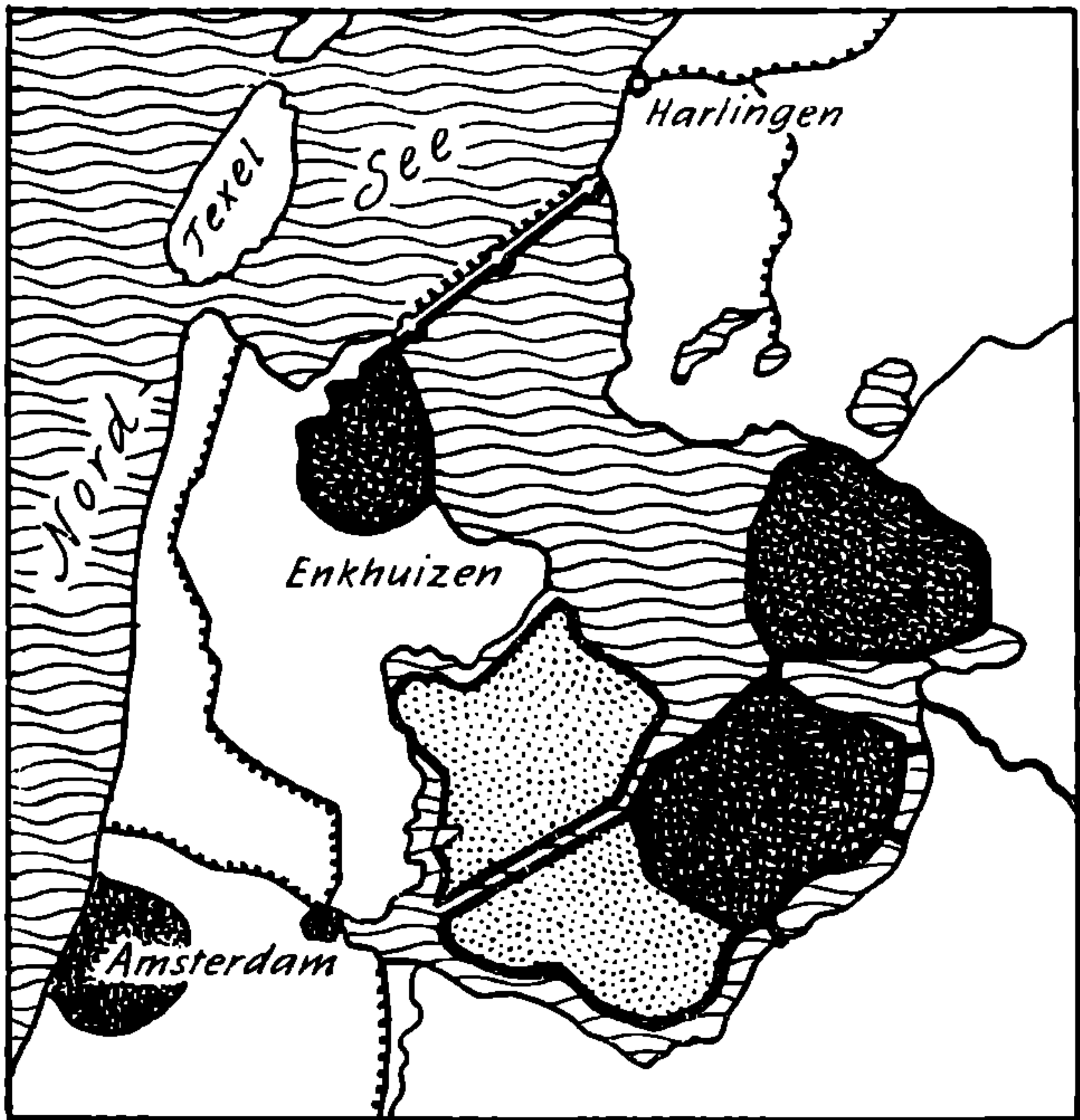
Nicht zu Unrecht hat der Dichter Detlev von Liliencron in seiner Ballade vom „Blanken Hans“, der die Fluten des Meeres über Dämme und Deiche treibt, die Nordsee eine „Mordsee“ genannt. Das auf ihren Namen lautende Schuldkonto steht dem der ungezähmten Flüsse nicht nach. Eine der schlimmsten Fluten, die Europa im Mittelalter erlebte, mag die Marcellusflut vom 16. Januar 1362 gewesen sein. Sie trennte die nordfriesischen Inseln vom Festland ab, riß die Hafenstadt Rungholt und mit ihr zahlreiche blühende Ortschaften zum Meeresgrund nieder und überschwemmte Dänisch-Jütland und Holland. In der Nähe der heutigen Hafenstadt Wilhelmshaven rissen die Fluten den 190 Quadratkilometer großen Jadebusen auf. Vorher schon, im Jahre 1277, hatte eine verheerende Flut an der Emsmündung den 20 Kilometer langen Dollartbusen gebildet. Zehn Jahre später, 1287, entstand infolge einer Überschwemmung nördlich von Amsterdam der Zuidersee, ein Wasserbecken von der fünffachen Größe des Bodensees. Dabei versanken 44 Dörfer mit über 80 000 Bewohnern in den über sie hereinbrechenden Wassern.

Man braucht kein Detektiv zu sein, um herauszufinden, daß die „Mordsee“ auch ihr östliches Schwestermeer, die Ostsee, wiederholt zum Aufbegehren angestiftet hat. Bei langanhaltenden Südweststürmen werden große Wassermassen aus

der Nordsee durch den Sund und Belt in das Ostseebecken gedrückt und aufgestaut. Wenn danach der Wind auf Nordost umspringt, besteht für die Ostseeküste Sturmflutgefahr. So mag es an jenem Spätherbsttag des Jahres 1309 gewesen sein, als die Allerheiligenflut die kleine Insel Ruden der rügenschon Halbinsel Mönchgut entriß und die Insel Usedom an ihrer schmalsten Stelle zwischen Zempin und Koserow durchbrach.

Leider ist die Allerheiligenflut kein Einzelfall. Seit dem 12. Jahrhundert berannten mehr als 100 größere Sturmfluten die Ostseeküste und verursachten umfangreiche Verheerungen. Längs des Strandes sind noch heute die Triumphzeichen des Wassers zu sehen. Bei Zempin auf Usedom ist es eine schlichte Holztafel mit der Aufschrift: „Sturmfluten zerstörten hier am 11.–13. November 1872 und am 9.–10. Februar 1874 das Dorf Damerow.“ Anderswo sind es die zerklüfteten Steilküsten oder geborstenen Schutzmauern, die vom Siege des Wassers künden.

Die Geduld der Menschen wurde nicht nur an den Küsten der Nord- und Ostsee, sondern an den Gestaden aller Meere der Welt auf eine harte Probe gestellt. Sollten sie sich bis in alle Zeiten den Herausforderungen des Meeres gegenüber wie untätige Zuschauer verhalten? Kurz entschlossen baute der Mensch Deiche und Dämme, begann er, das vom Meere entrissene Land Stück für Stück zurückzuerobern.



Die Trockenlegung der Zuidersee. Die dunklen Stellen sind die trockengelegten Polder

1918 beschloß Holland einen Plan zur Trockenlegung der vom Meere geschaffenen Zuidersee. Aus Fischersöhnen wurden Erdarbeiter, aus Bauarbeitern wurden Bauern. Prächtig gediehen auf dem Neuland, auf Marsch und Polder, Frucht und Vieh. So prächtig, daß die Fleisch- und Getreidepreise fielen. Anstatt darüber froh zu sein, wünschten sich die Getreidehändler und Börsenjobber

eine Mißernte, damit sie Fleisch und Getreide wieder mit Gewinn verkaufen konnten. Die Regierung stellte die Neulandgewinnungspläne ein und überließ die Sorge um die Dämme und Deiche den Bauern. Woher aber sollten die Bauern das Geld zur Unterhaltung der Wasserschutzbauten nehmen? Also mußten die Schutzwälle gegen die Sturmfluten verkommen. Die Mordsee hatte leichtes Spiel – auch in jenen Januartagen des Jahres 1953.

## GESETZE DER NATUR

### **SOS – Eisberg!**

Der Kapitän des Ozeandampfers Carpathia, der mit Kurs auf England den Atlantik quert, starrt ungläubig auf den schmalen Papierstreifen, den ihm ein Funker reicht. Die Buchstaben tanzen vor seinen Augen: „SOS – Eisberg! SOS – Eisberg! Schnelldampfer Titanic der White Star Line Liverpool von Eisberg gerammt ... 2400 Menschenleben in Gefahr ... Rettet unsere Seelen ... SOS – Eisberg ...!“

Der Kapitän weiß, daß die Titanic am 8. April 1912 England zu ihrer Jungfernfahrt nach New York verlassen hat. Seit sechs Tagen braust sie, von der

Welt bewundert, auf höchsten Touren durch den Atlantik. 55 000 PS leisten ihre Maschinen. Ein Titan, von Menschenhand erbaut: 265 Meter lang, 28 Meter breit und 31 Meter hoch; ein schwimmendes Märchenschloß aus 45 Millionen Kilogramm Eisen.

Der um Mitternacht aufgefangene SOS-Ruf kommt aus der Gegend der Neufundlandbank, das ist etwa 70 Seemeilen vom Standort der Carpathia entfernt. 2400 Menschenleben stehen auf dem Spiel. Darunter Hunderte Frauen und Kinder, zahlreiche Millionäre und – der Präsident der White Star Line persönlich.

Mit Volldampf geht die Carpathia auf Gegenkurs. Als sie sich gegen 4.00 Uhr in der Frühe der Unglücksstelle nähert, ist von dem modernsten Passagierschiff der Welt nichts mehr zu sehen. Zwischen Deckstühlen und Trümmern treiben Ertrunkene, ein paar Rettungsboote und Flöße auf dem Wasser. Nur 705 Menschen, kaum mehr als ein Viertel der Fahrgäste und Bedienungsmannschaften, können gerettet werden.

Langsam driften große eisglitzernde Eisberge, vom Grönlandstrom getrieben, südwärts. Irgendeiner von ihnen rammte die Titanic. Dem Präsidenten der White Star Line war es um einen neuen sensationellen Weltrekord gegangen. Er hielt es unter seiner Würde, dem plumpen Eisberg, vor dessen Annäherung der Kapitän eines französischen Dampfers die Titanic warnte, auszuweichen. Was

sollte ein Eisberg dem Schiff aus 45 Millionen Kilogramm Eisen auch anhaben können? Doch das Unglück geschah; und dann – dann fehlte es dem Dampfer, dem es an keinem Luxus mangelte, an Rettungsbooten. Eine amerikanische Zeitung schrieb: „Der einzige Grund für das Ausmaß der Katastrophe war, wie üblich, an der falschen Stelle Geld zu sparen.“

Noch eine andere Begebenheit zeigt die Kraft des Eises, wenn es zum Angriff übergeht: Im Februar 1929 warnte der Seewetterdienst Hamburg die in der Ostsee kreuzenden Schiffe vor Treibeisgefahr und forderte sie auf, den nächsten Hafen anzulaufen! Die Kapitäne befahlen den Steuerleuten Kursänderung. Sie wußten nicht erst seit der Titanic-Katastrophe, daß mit dem Eis nicht zu spaßen ist. Stunden später hatte das Eis die Ostsee blockiert und zahlreiche Dampfer eingeschlossen. Wochenlang trieben sie zwischen mächtigen Eisschollen. Der Februar verging, es wurde März. Die Lage der Schiffsbesatzungen wurde immer bedrohlicher. Flugzeuge mußten zum Abwurf von Lebensmitteln eingesetzt werden. Das Eis gab seine Gefangenen nicht frei. Erst dem sowjetischen Eisbrecher Jermak gelang es in hartem Kampf, den eingeschlossenen Schiffen eine Fahrtrinne aufzubrechen. Wiederum belief sich der vom Eise angerichtete Schaden auf Millionensummen.

Zwei Geschehnisse, die uns zeigen, daß das Meer – mit Wind und Wetter verbündet – noch andere

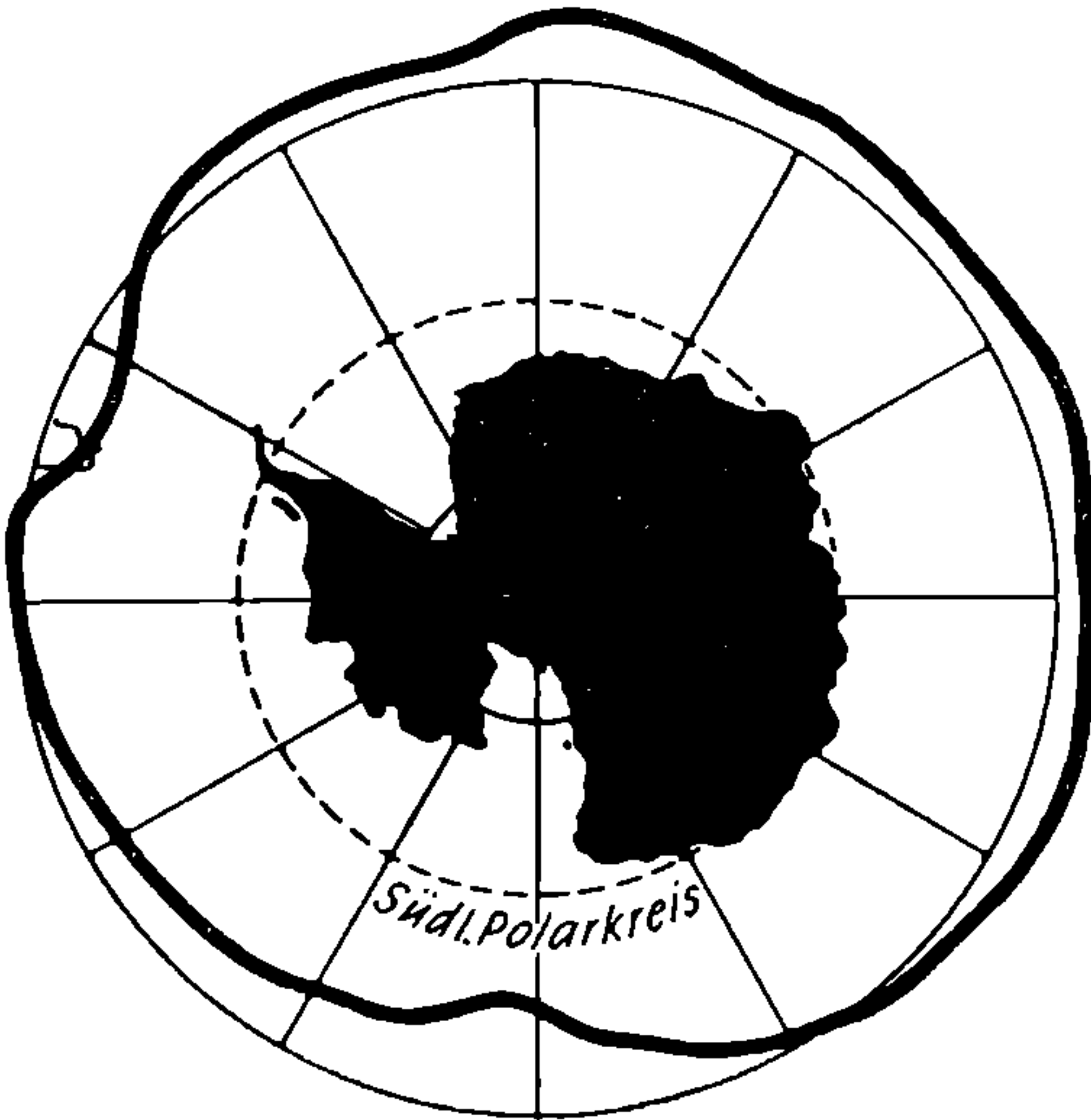
Tücken als Sturmfluten und Überschwemmungen bereit hat. Zwei Vorgänge, die uns zugleich weitere Eigenschaften des Wassers zeigen: die Eisbildung, die Bewegungen des Treibeises und der Eisberge. Zuweilen belagert Meereis große Küstenabschnitte, versperrt es die Handelsstraßen auf den Weltmeeren mit trotzigem Barrikaden oder überfällt aus dem Hinterhalt friedlich dahinziehende Schiffe.

Auch diesen Überfällen braucht der Mensch nicht tatenlos zuzusehen. Zur Abwehr und Verteidigung übergehend, schickte er seine Erkundungstrupps und Forschungsexpeditionen bis weit in das gegnerische Lager.

### **Der Gletscher kalbt**

Der Wirkungsbereich des Eises ist von einer unsichtbaren Mauer umgeben. Die Geographen nennen sie die Treibeisgrenze. Die Sonne wacht darüber, daß sich keiner der eisigen Gesellen darüber hinauswagt. Das Eis ist am mächtigsten dort, wo die Sonne am schwächsten wirkt: in den polaren Eiswüsten und in den Hochgebirgen.

Antarktika, der sechste Kontinent, gleicht geradezu einem „Rieseneissschrank“ und damit einer „Klimaschaltzentrale“ der Erde. Etwa eineinhalbmal so groß wie Europa, ist das Land am Südpol von einem nahezu geschlossenen Eispanzer bedeckt. Seine Mächtigkeit beträgt stellenweise 2000 bis 3000



**Treibeisgrenzen**



Meter. Neuere Berechnungen haben ergeben, daß die Antarktis jährlich rund 600 Kubikkilometer Eisberge und Treibeis, die von den Inlandeismassen und den bis ans Meer reichenden Gletschern abbrechen, äquatorwärts „verfrachtet“. Allein in einem Kubikkilometer fänden alle Häuser einer Großstadt wie Leipzig Platz. Einzelne Tafeleisberge sind dabei so groß wie der Bodensee.

Die beiden russischen Schiffe Mirny und Wostok, von deren Bord aus Bellingshausen im Jahre 1821 als erster Südpolarforscher ein Stück des Eiskontinents entdeckte, waren den treibenden Eisbergen bereits unter der Küste Südamerikas begegnet. Ihre Vorboten schwimmen bis vor die Tore Kapstadts, bis zur Höhe von Montevideo und in die Nähe Neuseelands. Auf die Nordhalbkugel übertragen hieße das, die arktischen Eisberge müßten bis ins Mittelmeer vorstoßen.

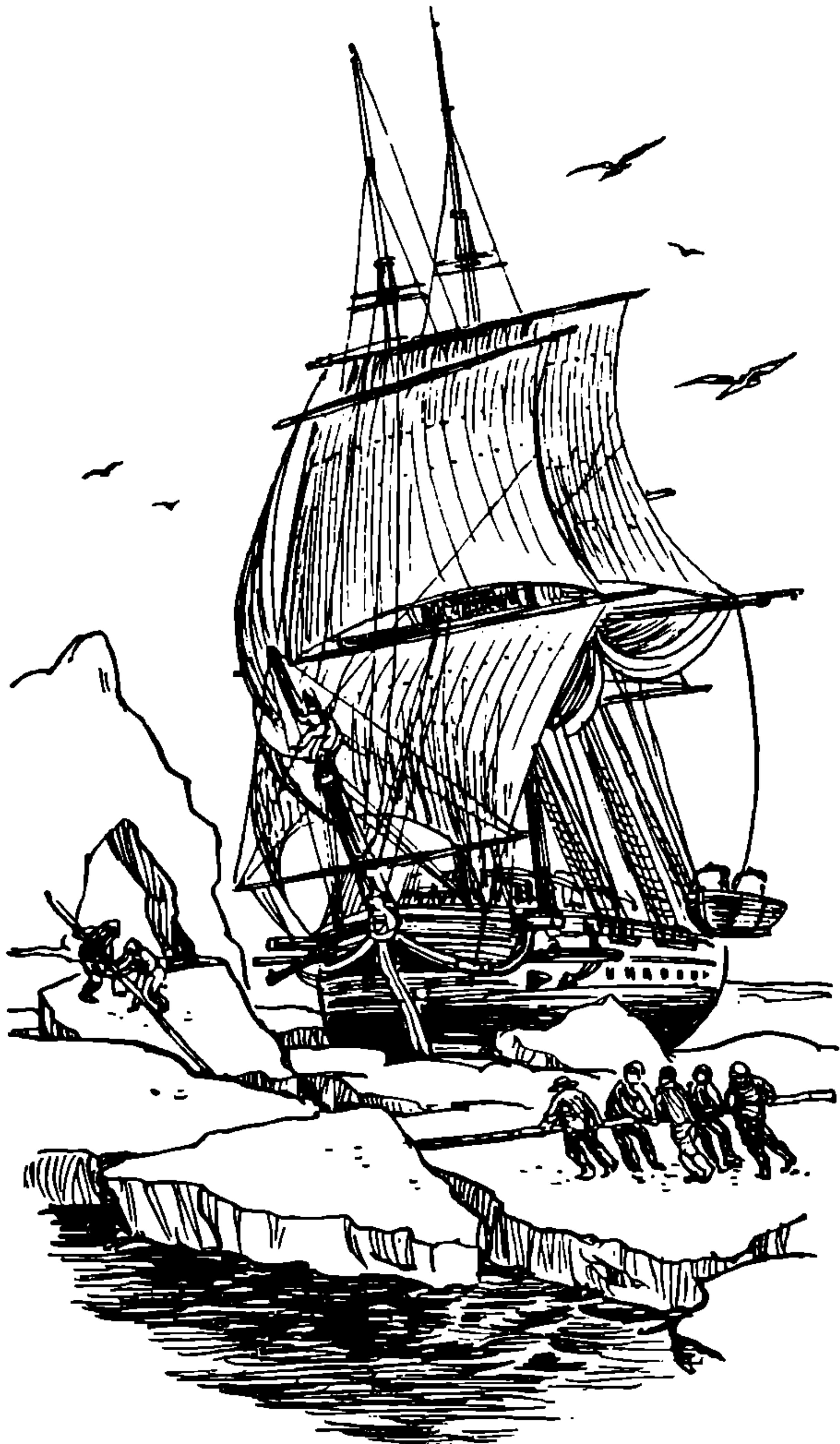
Auf der Nordhalbkugel stammen die meisten Eisberge vom grönländischen Inlandeis, dessen Ausdehnung etwa der Größe Mitteleuropas entspricht. Von Grönland aus trat vor 600 000 Jahren das Eis zu seinem bisher größten Vorstoß auf die Kontinente an, der als Eiszeit (Diluvium) erdgeschichtliche Bedeutung erlangte. Unter ständigen Schneefällen, die die kalten Sommer nicht aufzuzehren vermochten, quollen die Gletscher des Nordens aus ihren Betten. Riesige Eiszungen wälzten sich strahlenförmig über das Land und bedeckten im Verlaufe mehrerer Vorstöße und Rückzüge weite

Teile Europas und Nordamerikas mit einer kilometerhohen Eisschicht.

Deutlicher noch als in der Antarktis kann man in Grönland die Bewegungen des Eises beobachten. Wie ein zäher Brei wälzen sich die viele hundert Meter breiten Eisströme mit einer Tagesgeschwindigkeit bis zu 32 Metern an die Küste, wo sie mit Getöse in den Ozean stürzen. Der Gletscher „kalbt“.

Von Winden und Meeresströmungen getrieben, beginnen die Gletscherkälber nun ihre Reise. Wehe dem Schiff, das ihnen in die Quere kommt, denn sie gleichen einer riesigen Unterwasserfestung. Ihre bis zu 80 Meter über den Meeresspiegel aufragenden Zacken sind nur der „Ausguck“. Sechs Siebentel ihrer Größe verbergen die Eisberge unter dem Wasser. Mit 200, 300 oder gar 500 Meter Tiefgang übertreffen sie die größten Ozeanriesen bei weitem. Der schnellere Begleiter der massigen Eisfestungen ist das Treibeis. Besonders im Frühjahr und im Sommer dringt das Treibeis auf dem Atlantik bis nahe zum Äquator vor und gefährdet die Schifffahrt. Die zwischen Europa und Amerika verkehrenden Schiffe halten deshalb während dieser Zeit einen südlicheren Kurs.

Auf einer solchen Treibeisscholle errichtete 1937 eine sowjetische Forschergruppe ihre Zelte, die Station Nordpol 1 unter der Leitung von Iwan D. Papanin. Die Scholle driftete über das Nordpolarmeer, und die Wissenschaftler führten dabei



wichtige geophysikalische und meteorologische Untersuchungen durch. Den mutigen Papaninleuten folgten 1950 ihre Kollegen von der Driftstation Nordpol 2, 1954 die Besatzungen der Driftstationen Nordpol 3 und Nordpol 4. Doch auch sie waren nicht die letzten, die sich im Dienste der Wissenschaft auf den gefährvollen Weg über das Polarmeer begaben.

Die sowjetischen Forscher gelangten zu zahlreichen neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen. Sie bestätigten zum Beispiel die aufsehenerregende Entdeckung, daß das Eis im Polargebiet langsam abschmilzt. Allein im europäisch-asiatischen Abschnitt der Arktis beträgt die Abschmelzung der Eisdecke eine Million Quadratkilometer, was der doppelten Größe Frankreichs entspricht. Die Schifffahrtssaison bei der Spitzbergengruppe hat sich seit 1915 um 153 Tage erhöht und betrug im Jahre 1939 203 Tage.

Die Folgen dieser klimatischen Veränderungen spüren wir sogar in Mitteleuropa: Die Winter sind seit einigen Jahren milder geworden. Zweifellos hängt damit auch der Rückzug der Alpengletscher, der kleinen Geschwister der mächtigen Eisströme des Nordens, zusammen. In der Antarktis stellten die Wissenschaftler mit Bandmaß, Meßplatten und Echolot ebenfalls fest, daß sich das Eis offensichtlich im Rückzug befindet. Allerdings dürfte es bei dem gegenwärtigen Tempo mit dem Abzug des letzten Gletscher-Eisberges noch mindestens



18 000 Jahre dauern. Uns zeigen die natürlichen Abschmelzvorgänge, daß es in der Natur keinen Stillstand gibt. Das gilt auch für den Wechsel der Jahreszeiten, von denen wir uns den Winter ein wenig näher betrachten wollen.

### **Wunderwelt im Schneegestöber**

In unseren Breiten besuchen uns Schnee und Eis nur im Winter. Der Winter stülpt den Häusern, Bäumen und Gartenzäunen hohe, mollige Schneekappen auf. Die Wasseroberfläche der Teiche, Seen und Flüsse verwandelt sich in eine stumpfglänzende Eisdecke. Nun kommt der Wintersport zu seinem Recht. Anders in den polnahen Gebieten und in den Hochgebirgen, wo sich die Schneedecke oft monatelang hält oder gar zum ewigen Schnee wird. In den Alpen zum Beispiel liegt die Schneegrenze, wo die Sommerwärme nicht mehr ausreicht, den im Winter gefallenen Schnee aufzuzehren, zwischen 2550 und 3350 Meter. Die tropische Zone der Erde kennt fast überhaupt keine Schneefälle.

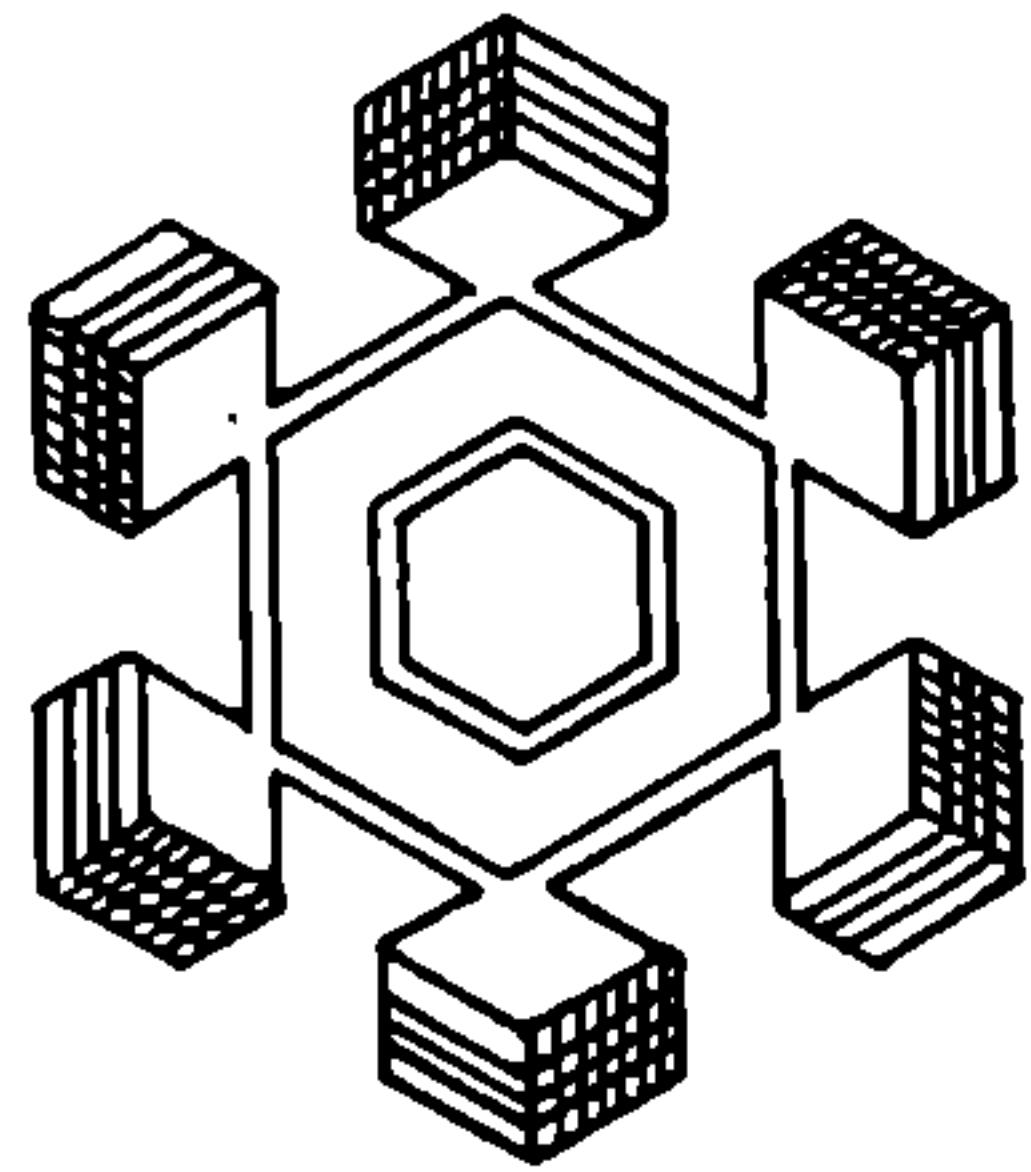
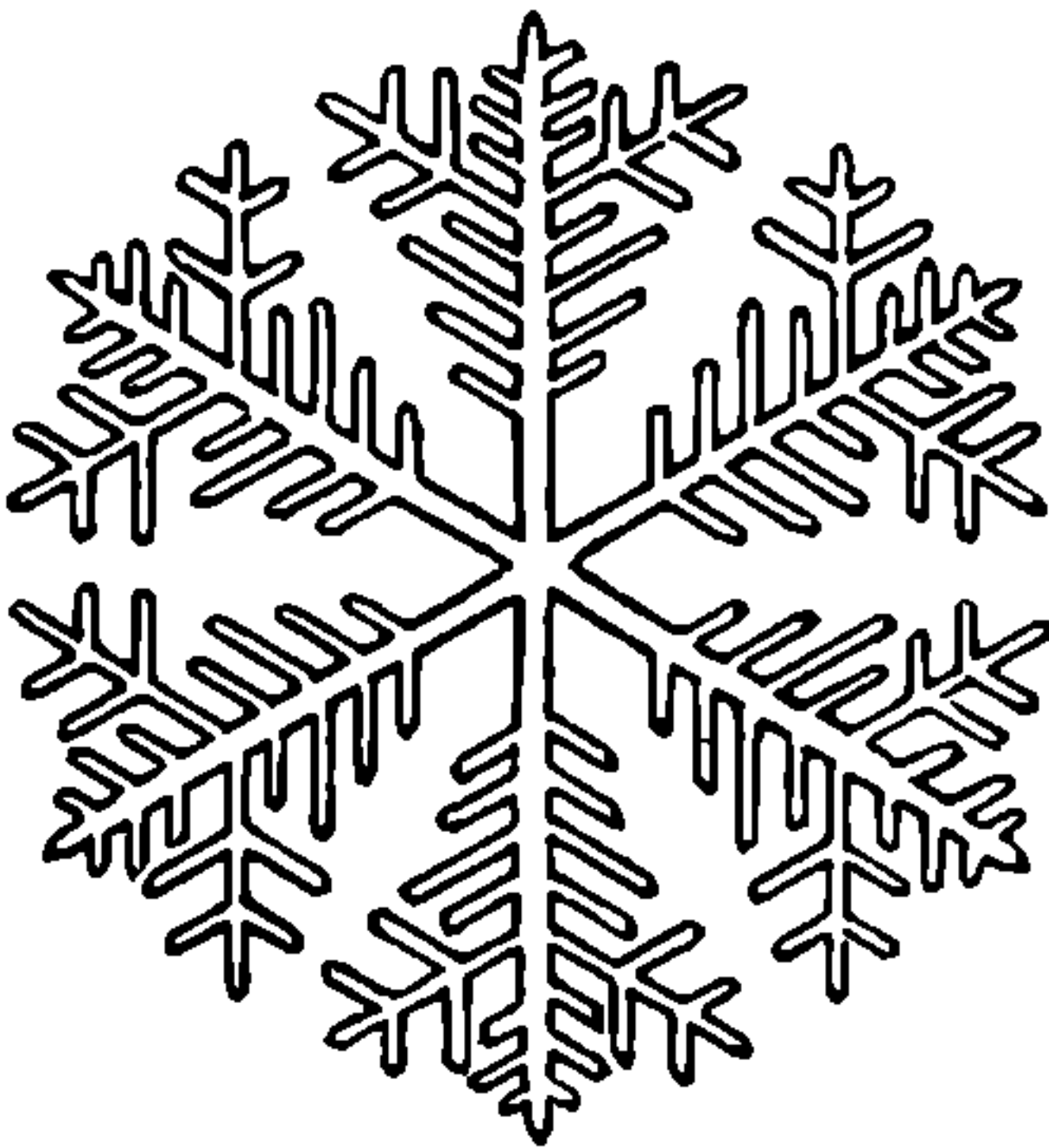
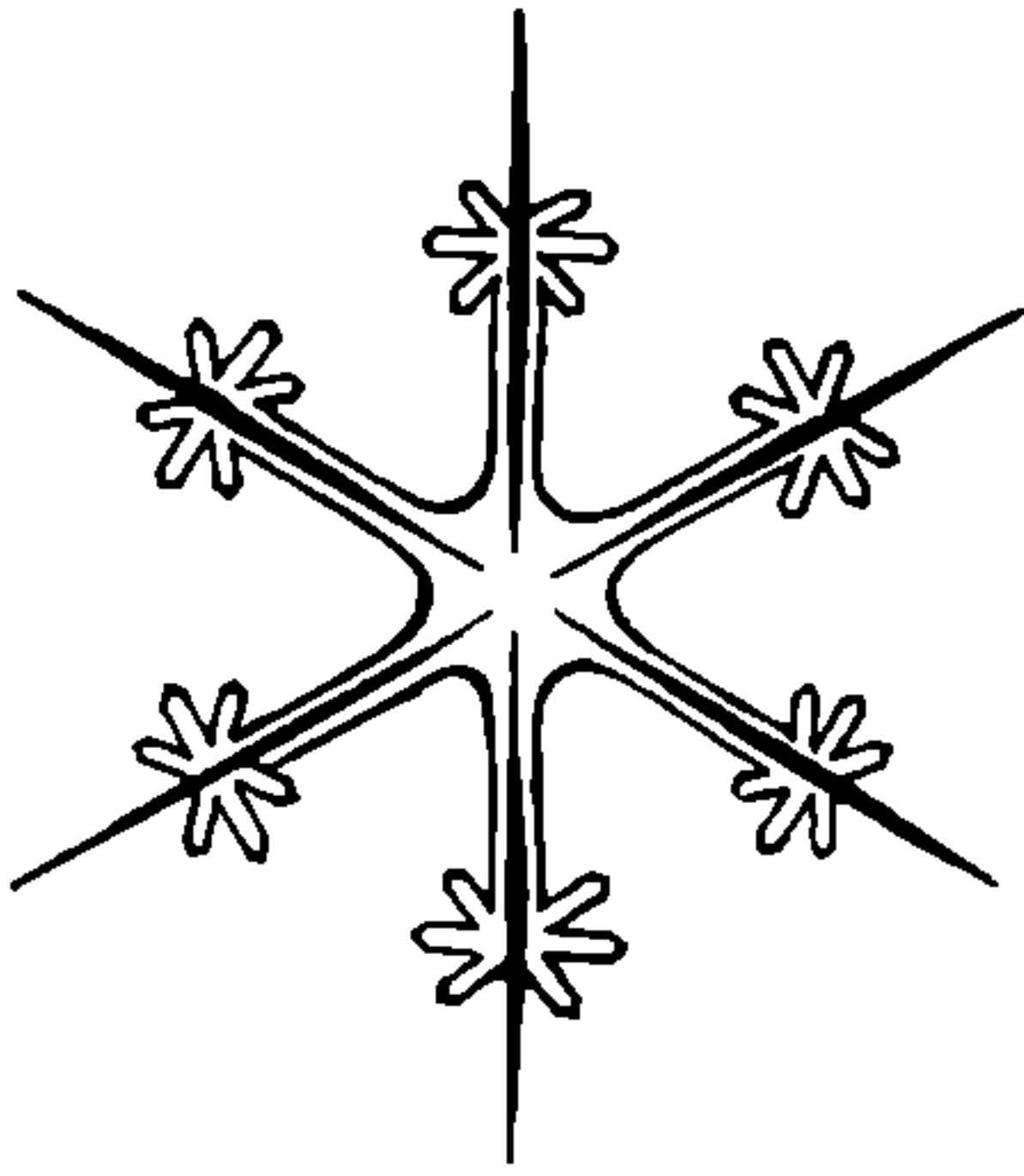
Der Winter erscheint uns so selbstverständlich, daß sich nur wenige Menschen Gedanken über die Wunderwelt im Schneegestöber machen. Dabei tauchen mit den ersten Schneeflocken viele Fragen auf, beispielsweise die: Ist Schnee gefrorener Regen? Sind die Schneeflocken eckig oder rund? Gibt es bunten Schnee?

Das sind keine Scherzfragen. Viele kluge Köpfe haben schon darüber nachgedacht, und der berühmte Astronom Johannes Kepler hat sogar ein Buch über den Schnee geschrieben.

Untersuchen wir die Fragen der Reihe nach. Die Tatsache, daß es im Sommer regnet, im Winter dagegen schneit, läßt vermuten, Schnee sei gefrorener Regen. Der gemeinsame Familienname „Niederschlag“ für Regen und Schnee, aber auch für Hagel, Graupeln und Tau, kommt dieser Vermutung entgegen. Gefrorene Regentropfen bilden aber keinen Schnee, sondern den Eisregen.

Schnee entsteht durch Kristallisation direkt aus dem Wasserdampf in der Atmosphäre. Fällt er aus hohen Wolken, gleichen die Flocken winzigen Eisplättchen. Die Schneeflocken aus tiefen Wolken haben die Form von Sternchen. Bei starkem Frost beschert uns der Winter trockenen feinkörnigen Pulverschnee. Bei Temperaturen um den Nullpunkt fällt großflockiger feuchter Pappschnee.

Mit dem bloßen Auge können wir nur die Größe der Flocken feststellen. Erst unter dem Mikroskop erkennen wir, daß jede einzelne Flocke aus zahlreichen kleinen Schneekristallen besteht. Wasserdampf kristallisiert in Sechseck-Form, wissenschaftlich ausgedrückt: im hexagonalen System. Nur der Polarschnee verstößt gegen die Regel. Bei ihm ist die Sechseckform zur Stäbchenform verlängert. Innerhalb dieses Systems aber gibt es keine „Serienproduktion“, gleicht jede einzelne Flocke einem



## Schneekristallformen

hauchdünnen Kunstwerk der Natur. Kepler verglich die Schneekristalle mit Bienenzellen und Blumenblüten, Apfelkernen, Schneckenhäusern und Mineralkristallen.

Um irgend etwas bildhaft zu machen, sagen wir mitunter gedankenlos, es sei „weiß wie Schnee“.



Johann Wolfgang von Goethe, der nicht nur einer der größten deutschen Dichter, sondern auch ein bedeutender Naturwissenschaftler war, nannte den Schnee „eine verlogene Reinlichkeit“. Wer also hat recht?

Wenden wir uns an den Physiker.

Auch der Physiker läßt die Farbe des Schnees nicht als „echtes“ Weiß gelten, weil er das Licht nicht vollkommen zurückwirft. Das Licht bricht sich an den Kanten der Kristallteilchen, aus denen der Schnee zusammengesetzt ist, und an der zwischen den Schneekristallen eingeschlossenen Luft.

Merkwürdige Dinge finden sich im Schnee: Kosmischer Staub, Ruß, Asche, Sand, Salz und Bakterien. Die Schneeflocke gleicht darin dem Regentropfen; denn alles, was ihr unterwegs begegnet, alles, was in der Luft schwebt, lädt sie sich auf. Deshalb gibt es zuweilen auch bunten Schnee, rot, gelb, grün oder gar schwarz. Alte Chroniken berichten häufig von „Blutschnee“. Die im Aberglauben befangenen Menschen der damaligen Zeiten hielten ihn für einen Vorboten kommender Katastrophen. Unterm Mikroskop jedoch entpuppte sich der rote Farbstoff als eine kleine rote Alge. Das Gelb im Schnee war kein Schwefel, sondern Wüstensand, das Schwarz Vulkanasche. Wieder einmal trug die wissenschaftliche Erkenntnis einen Sieg über den Aberglauben davon.

Der Schnee, der zur Freude der Kinder und Wintersportler fällt, ergänzt die Grundwasservor-

räte für die wärmere Jahreszeit. Überdies verhindert eine geschlossene Schneedecke das Ausfrieren der Wintersaat. Wieso? Schnee ist doch kalt! Die Schneedecke gleicht einem molligen Wintermantel. Wie zwischen den Wollfasern des Mantels, begegnet uns zwischen den einzelnen Schneekristallen die eingeschlossene Luft. Luft ist ein schlechter Wärmeleiter. Deshalb beträgt die Temperatur unter dem „Schneemantel“ meist etwas mehr als Null Grad.

Weniger willkommen als auf dem Lande sind langanhaltende Schneefälle in der Stadt. Angenommen, eine mittlere Großstadt mit einer Fläche von 100 Quadratkilometern ist von einer 10 Zentimeter hohen Schneedecke bedeckt. Das sind 15 Millionen Tonnen Schnee, die ein unerwünschtes und gefährliches Verkehrshindernis bilden. Die Ausgaben für die Beseitigung belasten die öffentlichen Verwaltungen alljährlich mit hohen Summen. New York, das in keinem Winter von Verkehrsstörungen durch Schneefälle oder Schneestürme verschont bleibt, gibt alljährlich sieben Millionen Dollar dafür aus.

### **Eine wichtige Erkenntnis**

Im bisherigen Verlauf unserer Reise ist uns das Wasser in den verschiedensten Formen begegnet: als „Wolkendampfschiff“ in der Atmosphäre, als fallender Regentropfen, als glitzerndes Eiskristall

in Gletschern und Eisbergen und zuletzt als scheinbar harmlos und doch gewichtiges Schneeflockchen. Das Wasser ist also sehr verwandlungsfähig. Diese besonderen Eigenschaften des Wassers liegen unserem Maßsystem zugrunde. Wir nennen die Temperatur, bei der das Eis schmilzt, den Nullpunkt. Die Temperatur, bei der sich das Wasser in Wasserdampf verwandelt, wird als Siedepunkt bezeichnet.

Auf keiner einzigen Station unserer Reise veränderte sich der Wassertropfen jedoch durch „himmliche Wunder“, aus Zufall oder Laune. Die Umgebung, in der er sich bewegte, zwang ihn dazu. Temperatur, Luftdruck und Luftfeuchtigkeit erteilten dem Wassertropfen ihre Befehle. Den Inhalt dieser Befehle bestimmen die Bewegungsgesetze der Natur. Darin drückt sich eine der wichtigsten Erkenntnisse menschlichen Denkens aus. Nämlich: Die Natur und ihre Gesetzmäßigkeiten sind kein Geheimnis, sondern erkennbar.

Wer die Natur ergründen will, muß ihre Gesetze studieren, muß das Zufällige vom Allgemeingültigen scheiden, muß von der Wirkung auf die Ursache schließen. Diese Denkmethode, die nicht nur für die Erforschung der Natur, sondern auch für das Verständnis der Entwicklung der menschlichen Gesellschaft bedeutungsvoll ist, nennt man Dialektik. In der Erklärung zu einem ihrer wichtigsten Grundsätze heißt es: „In der Physik ist jede Veränderung ein Umschlagen von Quantität (Menge) in

Qualität (Beschaffenheit) . . . so ist zum Beispiel der Temperaturgrad des Wassers zunächst gleichgültig in bezug auf dessen tropfbare Flüssigkeit: Es tritt dann aber beim Vermehren oder Vermindern der Temperatur des flüssigen Wassers ein Punkt ein, wo dieser Kohäsionszustand (Zustand des inneren Zusammenhalts) sich ändert und das Wasser einerseits in Dampf und andererseits in Eis verwandelt wird.“

Dieser Satz von Friedrich Engels müßte eigentlich am Beginn des Kapitels stehen. Doch wird er uns jetzt am praktischen Beispiel verständlicher.

Der Gefrierpunkt bei 0 Grad Celsius und der Siedepunkt bei 100 Grad Celsius sind die beiden Knotenpunkte, an denen sich die Maßverhältnisse des Wassers verändern. Mit dem bloßen Auge erkennen wir zunächst, daß der Wassertropfen seine Größe und seine Eigenschaften verändert. Mit Hilfe des Mikroskops können wir feststellen, daß sich auch in seinem inneren Aufbau eine Umwandlung vollzogen hat. Seine kleinsten Bausteinchen, die Moleküle, haben sich ausgedehnt oder zusammengezogen. Die Probe aufs Exempel mit Litermaß und Waage beweist es noch deutlicher:

|     |        |           |                |      |       |
|-----|--------|-----------|----------------|------|-------|
| 1 l | Wasser | wiegt bei | 4 Grad Celsius | 1000 | Gramm |
| 1 l | „      | „         | 9 Grad         | 808  | „     |
| 1 l | Eis    | „         | 0 Grad         | 916  | „     |
| 1 l | Schnee | „         | 0 Grad         | 150  | „     |

(Denken wir an die darin eingeschlossene Luft!)

Das Wasser nimmt beim Gefrieren ungefähr ein Zehntel mehr Platz ein als im flüssigen Zustand. Die Wirkung kennen wir alle. Die räumliche Ausdehnung des gefrorenen Wassers ist die Ursache für die zahlreichen Wasserrohrbrüche im Winter und die im Frühjahr sichtbar werdenden Frostaufbrüche der Straßendecken. Selbst Berge, in deren Klüfte im Herbst das Sickerwasser eingedrungen ist, kann das Eis zerstören. Man spricht dann von Frostverwitterung.

Die Gewichtstabelle zeigt uns, daß das Wasser durch Erwärmen und Vereisen leichter wird. Seine größte Dichte und Schwere erreicht es bei +4 Grad Celsius. Auch hier befindet sich demnach einer der Knoten. Die ganze winterliche Natur sähe ohne diesen Seitensprung anders aus. Die Wasserläufe und Seen würden bis auf den Grund gefrieren. Alle Fische müßten sterben, und den Menschen mangelte es an Trinkwasser. Wie aber ist es in Wirklichkeit?

Die kalte Winterluft streicht über den See und kühlt das Oberflächenwasser ab. Es wird schwerer, sinkt in die Tiefe und drängt wärmeres Grundwasser nach oben. Erst wenn alles Wasser die Temperatur von vier Grad Celsius erreicht hat, hört das Auswechseln der Schichten auf, denn das kältere Wasser wird leichter und bleibt an der Oberfläche. Bei 0 Grad bildet sich dann eine Eisdecke. Als wärmender Mantel, wie der Schnee, verhindert sie ein weiteres Absinken der Temperatur unterhalb

der Eisdecke. Das Leben der Wassertiere bleibt erhalten!

Der Gefrierpunkt des Meerwassers liegt nicht bei 0 Grad Celsius, sondern tiefer, bei minus 3 Grad bis minus 18 Grad Celsius. Warum das so ist? Denken wir an den Salzgehalt, an das veränderte spezifische Gewicht (Gewicht je Kubikzentimeter; 1 Kubikzentimeter Wasser wiegt bei 4 Grad Celsius 1 Gramm). Oberhalb dieser Temperaturen kann die Salz-Wassermischung keinen festen Körper, kein Eis bilden. Deshalb verwendet man zum Auftauen eingefrorener Schleusendeckel oder Weichen „Tausalz“. Deshalb kommt es auch so selten vor, daß das Wasser der Salzseen gefriert. Wenn im Jahre 401 das Schwarze Meer zufror, war das eine so große Ausnahme, daß die Erinnerung daran bis heute erhalten geblieben ist.

WASSER + X = WETTER

### **Von Hellsehern und Sternguckern**

Die unzähligen Vorstöße und Angriffe, die das Wasser und seine Verbündeten gegen das Festland unternehmen, können den Menschen nicht gleichgültig sein. Wenn Eis und Schnee die Schiff-

fahrtswege blockieren und die Fahrpläne der Reichsbahn durcheinanderbringen, kommt es häufig zu Versorgungsschwierigkeiten in den Städten. Hagelschlag kann in Minuten die Mühe und Arbeit von Monaten und Jahren vernichten. Starke Regenfälle lassen die Flüsse anschwellen und über ihre Ufer treten. Überschwemmungen gefährden das Land. Regnet es wenig, sind die Ernten von Dürren bedroht. Gleichgültig, mit welchen Erscheinungen und Kräften sich das Wasser verbündet, immer ergibt sich die Gleichung  $\text{Wasser} + X = \text{Wetter}$ .

Alle Vorgänge, die wir bisher kennenlernten, standen fast ausnahmslos mit dem Weltwettergeschehen in Verbindung. Die Katastrophen, die wir miterlebten, waren Wetterkatastrophen. Als Mitregent des „Luftozeans“, der Lufthülle der Erde, bestimmt das Wasser Luftfeuchtigkeit und Luftdruck, Wolkenbildung und Niederschläge. Mit der gleichen Anmaßung, mit der es über die Ernteerträge der Landwirtschaft bestimmt, verfügt es über unser persönliches Wohlbefinden.

Schwieriger als die Erforschung der Weltozeane zeigte es sich, die wetterbestimmenden Kräfte diesseits und jenseits des Luftozeans zu erforschen. Die Lücken in der menschlichen Erkenntnis suchte man durch Deutung auszufüllen. Die in religiösen Irrtümern befangenen Menschen des Mittelalters brachten Sankt Petrus als himmlischen Wolkenchieber und Wettermacher zu Ansehen und Würden. Die Sternkundigen wurden durch Hell-

seher und Sterndeuter von ihren Fernrohren verdrängt, die den Wetterverlauf aus der Stellung der Gestirne weissagen wollten. Bestrebt, möglichst viel am Geschäft mit dem Wetter zu verdienen, prophezeiten sie das Wetter nicht nur für das kommende Jahr, sondern gleich für die kommenden Jahrzehnte und Jahrhunderte. So entstand der „Hundertjährige Kalender“ des Abtes Moritz Knauer. Das war ein dickes Buch, das dem „Hausvater und Landmann“ prophezeite, ob ein warmes oder kaltes, ein trockenes oder nasses Jahr, ein frühes oder spätes Frühjahr, ein milder oder strenger Winter zu erwarten seien.

So eine Wettervorhersage hörte sich etwa so an: „Frühling warm und trocken, dann kalt; Sommer viel Regen, ohne daß die Erde davon erquickt wird; Herbst erst Regen und Frost, darauffolgend trockenes Wetter; nach dem schönen Herbst kommt zu Anfang Dezember auf einmal der Winter, ist kalt und schneit bis in den Februar.“ Der Kalender gleicht einem großen Kaufhaus: Jeder Käufer findet darin etwas Passendes. Das Frühjahr ist warm und kalt, im Sommer regnet es ohne Erfolg, der Herbst verläuft regnerisch und trocken, und im Dezember wird es – man staune – tatsächlich Winter! Solche „Wettervorhersagen“ sind wertlos, kein Mensch kann damit etwas anfangen.

Die Abhängigkeit des Ernteerfolges von der Witterung hat schon frühzeitig die Bauern zu scharfen Wetterbeobachtern werden lassen. Da heißt es in



den bäuerlichen Wetterregeln: „Grüne Weihnacht – Ostern weiß, macht zunicht des Bauern Fleiß!“ oder „Ist Siebenschläfer (27.6.) ein Regentag, regnet's sieben Wochen noch danach.“ Langjährige meteorologische Beobachtungen zeigen, daß Ende Juni tatsächlich sehr oft eine Wetterumstellung von trockenem zu regnerischem Sommerwetter erfolgt und mitunter bis Mitte August anhält. Das gilt auch für die Kälterückfälle Ende Mai, im Volksmund die „Eisheiligen“ genannt, und für den „Altweibersommer“, die Schönwetterperiode von Ende September bis Anfang Oktober. Eine genaue Prüfung der etwa einhundert bekanntesten Bauernregeln ergab, daß 10 Prozent davon tatsächlich zutreffen. Die moderne Meteorologie hat dafür nachträglich die wissenschaftlichen Begründungen geliefert.

Mehr als die Hälfte der Bauernregeln erwies sich jedoch als falsch und wertlos.

In unserem Jahrhundert, in dem die Wettervorhersage nicht allein für die Bauern von Bedeutung ist, kann man sich auf solche „Zufallstreffer“ nicht mehr verlassen. Der Flugkapitän, der Seemann und der Fernlastfahrer, der Reiseleiter und der Sportorganisator, der Baumeister, der Außenmonteur und der Planwirtschaftler, der Filmregisseur und der Objektleiter eines Ausflugslokals sind ebenso wie der Agronom und der Produktionsleiter einer LPG auf die wissenschaftliche Wettervorhersage angewiesen. Sie alle studieren den täglichen Wetterbe-

richt, die langfristigen Wettervorhersagen oder die Sonderprognosen der amtlichen Wetterdienste und stellen danach ihre Arbeitspläne auf.

### **Beobachter mit tausend Augen**

Der Mensch beobachtet mit tausend Augen das Wetter. Wir lernten seine Wachtposten in Greenwich und auf der Insel Jan Mayen im Nordatlantik kennen; sie stehen am Ufer der Flüsse, bewohnen die schneebedeckten Berggipfel und behaupten sich auf ihren vorgeschobenen Posten an den Polkappen der Erde. Sie kontrollieren die Wasserstände und die Niederschlagsmengen; sie messen die Windrichtung, den Luftdruck, die Luftfeuchtigkeit und die Temperaturen; sie zählen den Pulsschlag des Meeres, beobachten die Bewölkung und führen gewissenhaft Tagebuch über das tägliche Erscheinen von Sonne und Mond.

Dem Beobachter mit den tausend Augen stehen die modernsten Instrumente zur Verfügung. Dem Wärmemesser „Thermometer“ und dem Luftdruckmesser „Barometer“ haben sich viele jüngere Geschwister hinzugesellt.

Die Hauptaufgabe der Meteorologen besteht in der Durchforschung der Troposphäre, die als unterste Etage der Lufthülle der Erde den Hauptschauplatz des Wettergeschehens bildet. Vor rund 170 Jahren erfolgte der erste Aufstieg wagemutiger

Männer in den offenen Gondeln von Warmluft- und Gasballons. Heute stoßen tagtäglich Hunderte mit Radiosonden ausgerüstete Registrierballons in die Atmosphäre vor. Aus mehr als 35 Kilometer Höhe funken sie ihre Beobachtungsergebnisse, die für eine zuverlässige Wettervorhersage sehr wichtig sind, an die Bodenstationen. Die am weitesten vorgeschobenen Posten der Wetterbeobachter sind die künstlichen Erdsatelliten und Weltraumsonden.

Am 4. Oktober 1957 gelang sowjetischen Wissenschaftlern der erste erfolgreiche Sputnik-Start. Als erstes Land der Welt schickte die Sowjetunion ein Raumschiff zum Mond. Sie schuf den ersten künstlichen Sonnentrabanten und startete das erste Raumschiff in Richtung zum Planeten Venus. Die Beobachtungen und Meßwerte der in den Sputniks und Luniks eingebauten automatischen Apparaturen bereichern die menschlichen Erkenntnisse auf allen wissenschaftlichen Gebieten. Nach der Auswertung gehen die betreffenden Meßwerte auch den Wetterdienststellen zu.

Im Hauptquartier des Wetterdienstes – in der Deutschen Demokratischen Republik „Meteorologischer und Hydrologischer Dienst“ genannt – herrscht Tag und Nacht Hochbetrieb. Achtmal täglich werden an zahlreichen Orten auf dem Land und auf dem Meer vergleichbare Beobachtungen angestellt. Wenige Minuten später rasseln die Fernschreiber, summt und brummt es in der Funkzen-

trale wie in einem Bienenkorb. Wände und Tische des Hauptquartiers sind mit großen Landkarten bedeckt. Flinke Hände tragen darauf die Meßergebnisse der „Wachtposten“ ein. Vielsilbige Wörter erscheinen in den einlaufenden Meldungen als eine lange Zahlenreihe und verwandeln sich auf den Wetterkarten in eigenartige Zeichen.

Die „Stenografie des Wetters“ ist jedem Wetterbeobachter, ganz gleich in welchem Land der Erde er auf Posten steht, bekannt. Die Wettersprache ist eine Weltsprache; denn nur in einer weltweiten Zusammenarbeit kann man dem komplizierten Wettergeschehen hinter seine Schliche kommen.

Die Wetterkarte zeigt zunächst in weiträumigen Frontlinien die Verteilung des Luftdrucks, ferner die Temperaturen einzelner Orte und die Richtung und Stärke der Winde. Dann werden die Zeichen für die verschiedenen Formen der Niederschläge eingetragen. Ein Komma bedeutet Nieseln, ein Punkt Regen, ein sechseckiges Sternchen Schnee, ein Dreieck Graupel, ein Blitz Gewitter. Nun, da der „Steckbrief“ des Wetters in die Arbeitswetterkarte übertragen ist, kann der Meteorologe mit dem Ausarbeiten der Wettervorhersage beginnen. Aus dem Vergleich mit den Wetterkarten der vorangegangenen Tage, unter Berücksichtigung mathematisch-statistischer Regeln und besonderer Erfahrungswerte stellt der Meteorologe die Prognose. Bald darauf verbreiten Rundfunk, Fernsehen und Presse den Wetterbericht für den kommenden



### Wetterwarte und Forschungsstation in der Hohen Tatra

Tag, die sogenannte „Kurzfristprognose“, oder die Wettervorausschau für die kommende Woche, „Mittelfristprognose“ genannt, bis ins letzte Dorf. Sie werden ergänzt durch den Seewetterbericht, den Straßenwetterbericht oder den Wetterbericht für die Landwirtschaft.

Das Ergebnis dieser umfangreichen wissenschaftlichen Beobachtungen und deren Auswertung ist schon etwas anderes als die Voraussagen der Bauernregeln. Gewiß, Fehler und Trugschlüsse sind auch heute noch nicht vollständig ausgemerzt. Das gilt besonders für die „Langfristprognosen“ von über 5 Tagen. Bis zur Überwindung ihrer Mängel gleicht die Wettervorhersage noch immer ein wenig dem Lotteriespiel. Doch die Gewinnchancen sind gestiegen. Die Prognosen der amtlichen Wetterdienste enthalten mindestens 80 Prozent „Treffer“.

### **Vom Wetterbeobachter zum Wetterlenker**

Erinnern wir uns an das verregnete Oberligaspiel zwischen SC Dynamo und SC Motor, das Hans und Frieder besuchen wollten. Der Tag ist nicht mehr fern, an dem der Mensch als Wetterlenker die „Wetterlaunen“ korrigieren wird. In der Schweiz und in Oberitalien rücken die Landbewohner den festen Niederschlägen, dem Hagel, seit alters auf eine sehr resolute Weise zu Leibe. Die heraufziehenden Hagelwolken werden aus Kanonen und Flinten beschossen, so bürgerte sich der Brauch des „Hagelschießens“ ein. Tatsächlich mögen die durch die Detonation bewirkten Lufterschütterungen dazu beigetragen haben, daß sich die unheilbringenden Wolken verzogen und an anderer Stelle entluden.

Am 7. November 1952, an dem sich Moskau für die Feiern zum 35. Jahrestag der Großen Sozialistischen Oktoberrevolution festlich geschmückt hatte, war der Himmel über der Stadt von einer dunklen Wolkenmauer umzogen. Im Hauptquartier der Meteorologen fand eine kurze Beratung statt. Wenige Minuten später starteten einige Flugzeuge und flogen mitten in die Wolken hinein. Aus einer Spezialvorrichtung feuerten sie eine Breitseite in die grauen Wolkenwattebüsche hinein. Das Experiment glückte. Die Wolken lösten sich wie von Zauberhand zerteilt auf, und die Moskauer konnten ohne Regenschirm zur Revolutionsfeier auf dem Roten Platz gehen. Kurze Zeit darauf unternahmen amerikanische Wissenschaftler einen ähnlichen Versuch. Ihnen ging es nicht um die Auflösung von Wolkenfeldern, sondern um „gezielte“ Schneefälle. In der Person eines Chemieingenieurs setzten sie „Frau Holle“ ins Flugzeug. Er „impfte“ die Wolken mit Kohlensäureschnee. Das Ergebnis: In der Wolke bildeten sich Eisteilchen, die sich rasch vergrößerten und zu Boden fielen. Das dichte Flockengewimmel steigerte sich zeitweise zu einem richtigen Schneetreiben. Es tobte sich genau dort aus, wo es die Wetterlenker wünschten, nämlich fern der verkehrsreichen Städte. Auf ähnliche Weise gelang es, Regen zu erzeugen. Wenig Erfolg brachten bisher die Versuche der Wissenschaftler, die verheerenden Taifune und Hurrikane aus ihren Bahnen zu lenken.

Das Problem der Wetterlenkung ist also in großen Zügen bereits bekannt, wenngleich die bisherigen Erfolge örtlich begrenzt und außerordentlich kostspielig sind. Noch fehlt es an jenen Riesenmengen billiger Energie, die erforderlich sind, um die meteorologischen Erscheinungen in großem Ausmaß beeinflussen zu können. Sie dürften den Energiemengen, welche die Sonne täglich der Erde zustrahlt, kaum nachstehen. Auch die Lösung dieses Problems ist nur durch die friedliche Nutzbarmachung der Atomenergie möglich. Ausgerüstet mit einer gewaltigen Technik und den wissenschaftlichen Kenntnissen der kommenden sozialistisch-kommunistischen Gesellschaft, wird der Mensch Beherrscher der Naturgewalten sein.

## OHNE WASSER KEIN LEBEN

### **Der Wasserhaushalt des menschlichen Körpers**

Die Geschichte weiß zu berichten, daß im Jahre 525 vor der Zeitrechnung das 50 000 Mann starke Heer des Perserkönigs Kambyses, das von keinem Feinde bezwungen worden war, in der Libyschen Wüste qualvoll verdurstete.



Hungerkünstler, die sich früher auf Jahrmärkten zur Schau stellten, bezwangen den Hunger bis zu 40 Tagen, nicht aber den Durst. Selbst das Kamel, das anspruchslose „Wüstenschiff“, kann nicht länger als acht Tage dürsten.

Wasser ist ein wichtiger Lebensstoff. Wasserentzug führt unweigerlich zum Tode. Alles organische Leben auf der Erde ist vor Jahrtausenden aus dem Wasser entstanden.

Um die Bedeutung des Wassers für den menschlichen Organismus zu ergründen, brauchen wir uns nur selbst zu betrachten. Woraus besteht unser Körper? Die meisten werden darauf antworten: Unser Körper besteht zunächst aus dem Knochengerüst, das von den Muskeln – auch Fleisch genannt – umgeben ist. Die Muskeln sind von Blutadern und Nervensträngen durchzogen. Darin eingebettet liegen die Drüsen, die inneren Organe und Eingeweide. Die Muskeln sind mit Haut überzogen. Diese „Baustoffe“ ergeben für einen erwachsenen Menschen ein Normalgewicht von etwa 70 Kilogramm.

Das alles ist richtig. Könnte man aber die festen Bestandteile des Körpers gesondert abwägen, so würde die Waage ein Gewicht von kaum mehr als 25 Kilogramm anzeigen. Wo bleiben die anderen 45 Kilogramm? Der Mediziner antwortet darauf, daß der menschliche Körper zu rund 60 bis 65 Prozent aus Wasser besteht. Das sind etwa 45 Liter – 45 Kilogramm. Sehen wir uns die Verteilung des

Wassers etwas genauer an. Die Knochen enthalten 22 bis 34 Prozent Gewichtsanteile Wasser, die Muskeln 50 bis 75 Prozent. Das Blut enthält sogar 78 bis 84 Prozent Gewichtsanteile Wasser. Von den fünf Litern Blut im Organismus eines Erwachsenen sind fast vier Liter Wasser.

Den größten prozentualen Wasseranteil weist das Gehirn auf.

Der Natur des Wassers entspricht es, zu fließen, chemische Verbindungen einzugehen. Denken wir nur an die Quelle, den Bach und den Fluß. Das Wasser in unserem Körper macht davon keine Ausnahme. Es bildet das Löse- und Transportmittel für alle löslichen Substanzen. Das Wasser hilft uns bei der Verdauung und transportiert in winzig kleinen Kanälchen, an Pumpwerken und Schleusen vorbei, die wertvollen Aufbaustoffe bis zu den entferntesten Zellen und Organen. Gleichzeitig regelt es entsprechend seinen physikalischen Besonderheiten unsere Körpertemperatur. So ließen sich noch Dutzende von Funktionen aufzählen, die das Wasser in unserem Körper übernommen hat. Die Befehlsstelle, von der aus der „Wasserhaushalt“ unseres Körpers und der unablässige Kreislauf zwischen den einzelnen Organen veranlaßt, reguliert und kontrolliert wird, ist das „Wasserzentrum“ im Gehirn.

Mit der Zeit wird das Wasser verbraucht und vom Körper – wie die Abwässer einer chemischen Fabrik – ausgeschieden. Im Durchschnitt sondert der

Mensch täglich drei Liter Wasser ab. Um unseren Körper mit neuem Kraftstoff zu versorgen, müssen wir die „Abwässer“ (Urin) und „Verdunstungen“ (Schweiß) in den gleichen Mengen ersetzen. Der tägliche Flüssigkeitsbedarf des Menschen beträgt etwa zwei Liter. Der größte Teil dieses Wassers wird von uns nicht getrunken, sondern – gegessen.

### **Kann man Wasser essen?**

Die Antwort auf diese sonderbare Frage suchte ich im – Kochbuch. Darin fand ich eine farbige Tabelle mit der Überschrift „Nährwert der Nahrungsmittel“. Wie auf dem Globus, so überwog auch in der Tabelle das Blau des Wassers das Gelb, Braun, Rot und Grün der „Festmassen“ Eiweiß, Fett, Kohlehydrate und Mineralstoffe. Am meisten Wasser enthalten Pilze, Gemüse und Obst. Ihr Wassergehalt beträgt fast 90 Prozent, deshalb sind Dörrgemüse und Trockenobst, denen das Wasser durch Verdunstung entzogen ist, so leicht. Wenn wir ein Kilogramm Obst essen, führen wir unserem Körper ebensoviel Flüssigkeit zu wie beim Trinken eines Liters Milch.

Obwohl gleich das erste Beispiel einwandfrei beweist, daß es „flüssige Nahrung“ gibt und daß man Wasser essen kann, lockt uns die Milch zum Verweilen. Wir alle sind mit ihr aufgezogen worden, ebenso wie der Löwe in der Wüste, der Eisbär in

der Arktis, das scheue Reh oder das nützliche Pferd, kurzum wie alle Säugetiere.

Die Ernährungswissenschaftler preisen die Milch als das beste und wichtigste Nahrungsmittel, weil sie alles enthält, was unser Körper an Baustoffen, zum Gesamtstoffwechsel und zur Ernährung braucht: Milchzucker (Kohlehydrate) und Fett, Eiweiß und Mineralsalze. Die Gewichtsprobe im Laboratorium zeigt, daß diese Bestandteile etwa 10 bis 15 Prozent ausmachen. Der Rest ist – Wasser.

Wo die Milch herkommt, das weiß jeder; jeder hat schon einmal gesehen, wie eine Kuh, eine Ziege oder ein Schaf gemolken werden. Es gibt aber auch Milch, die auf Bäumen wächst. Man kann die „Pflanzenkühe“ zwar nicht melken, aber auch sie geben uns Milch, Butter und Käse.

Die Milch, die auf Bäumen wächst, ist der weiße Fruchtsaft der Kokosnuß. Aus dem Fruchtfleisch wird das Kokosfett hergestellt, das als Backfett, aber auch zur Herstellung hochwertiger Margarine Verwendung findet. Eine andere „Pflanzenkuh“, die weder Beine noch Euter hat, ist die Sojabohne, eine uralte Kulturpflanze der Chinesen. Die gemahlenen und gekochten Sojabohnen liefern die auch in Büchsen eingedickte „Sojamilch“, aus der in geronnenem Zustand Käse hergestellt wird. Vor allen Dingen aber ist die Sojabohne ein erstrangiger Öllieferant. Dabei enthält sie nur 10 Prozent Wasser, etwa vier Prozent weniger als unsere aus dem Rahm der wasserreichen Milch hergestellte Butter.

Nun kennen wir schon den Wassergehalt von Gemüse und Obst, von Milch und Butter. Wie aber verhält es sich mit dem Fleisch? Die Untersuchung eines Tellers Fleischsuppe ist sehr enttäuschend. Auf 20 Löffel Wasser kommt ein einziger Löffel Nährstoffe. Es ist nun einmal so: Rind- und Kalbfleisch enthalten ebenfalls viel Wasser. Von unseren beiden Hauptnahrungsmitteln Brot und Kartoffeln enthält das Brot nur die Hälfte der Wassermenge der Kartoffeln. Der größte Teil des im Getreide enthaltenen Wassers verdampft im Backofen.

Neben dem Weizen-, Roggen- und Vollkornbrot ist zuweilen vom „flüssigen Brot“ die Rede. Es wird aus Gerste hergestellt. Durch künstliche Keimung und unter Zusatz von Wasser verwandelt sich die Gerste in einen braunen Sirup, das Malz. Malz bildet – neben dem Hopfen – den wichtigsten Grundstoff für die jahrtausendealte Bierbrauerei. Schon die Bewohner des alten Babylons konnten verschiedene Sorten „flüssiges Brot“ trinken.

Unseren Streifzug durch die Speisekammer könnten wir noch stundenlang fortsetzen; denn es gibt kein Nahrungsmittel, das kein Wasser enthält.

### **Nahrung aus dem Wasser**

Fische werden auf unzählige Arten gefangen, und für unzählige Millionen von Menschen bildet das „Brot des Meeres“ die einzige Nahrung. Das Meer

ist das große Feld, das nicht bestellt zu werden braucht und dennoch reiche Ernten bringt. Seit alters lockte der Fischfang die Küstenbewohner hinaus auf das Wasser.

Mehr als jeder andere Fisch brachte der Hering Reichtum und Glück, doch auch Armut und Verzweiflung, und mehr als einmal entbrannten um den Besitz der besten Fangplätze zwischen den Völkern blutige Kriege.

Die norwegische Stadt Bergen wurde viermal durch den Hering zur reichsten Stadt Nordeuropas. Ebensooft ging sie der Heringe wegen fast zugrunde.

Von Amsterdam, dem Haupthandelsplatz der holländischen Heringsfischerei, sagt man, es sei „auf Heringsgräten erbaut“.

Einer der schönsten Badeorte auf der Insel Usedom trägt seit seiner Gründung als Fischersiedlung den Namen „Heringsdorf“ und einen silbernen Hering im Wappen.

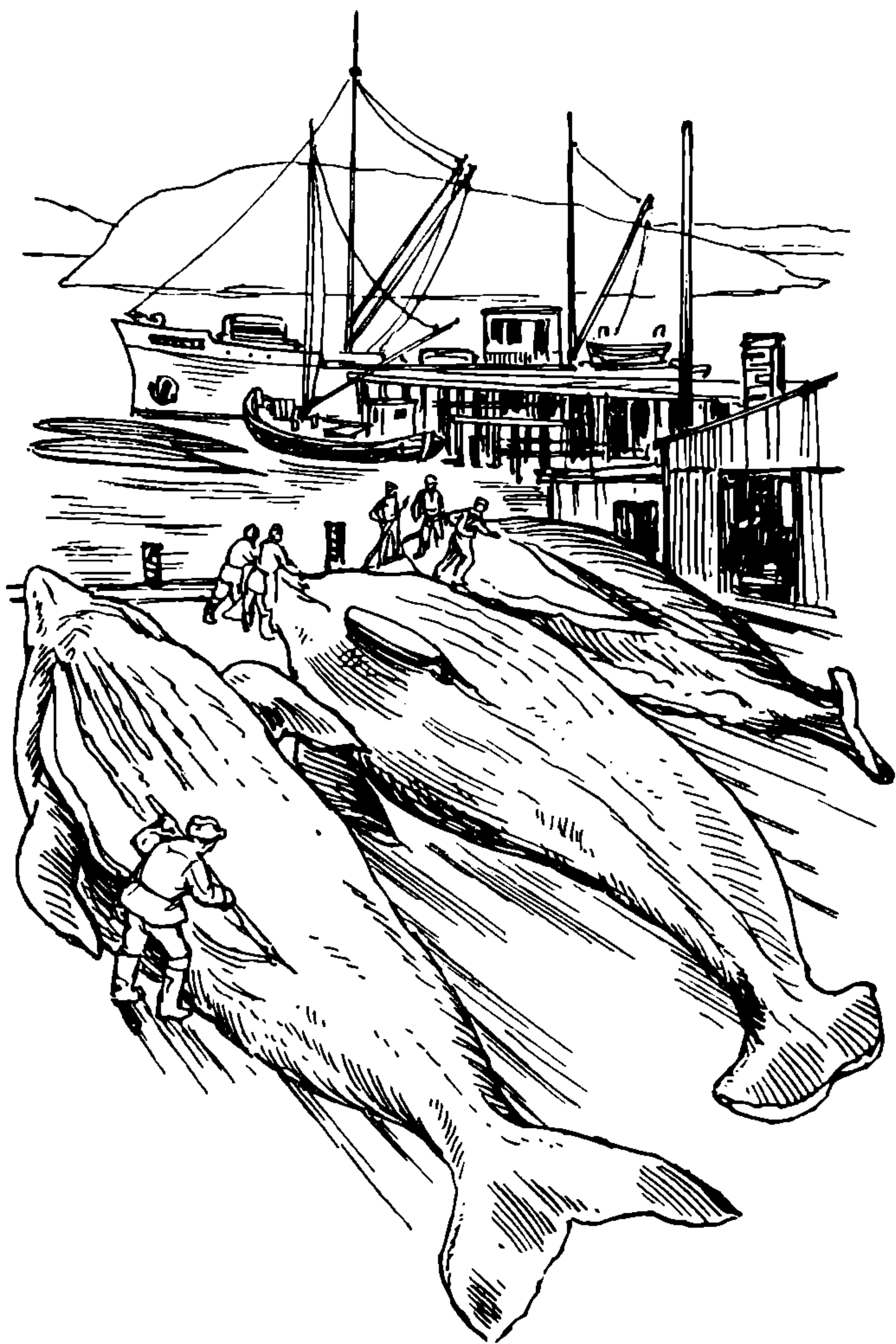
Heute noch zählt der Kreis Wolgast zu den größten Fischereikreisen der Republik, landen die Genossenschaftsfischer aus Freest, Kröslin, Karlshagen, Zempin oder Ahlbeck jährlich viele tausend Tonnen wertvolle Speisefische an. Unsere junge volkseigene Hochsee-Fischereiflotte kann sich mit ihrer modernen Ausrüstung und ihren hervorragenden Erfolgen auf allen Meeren sehen lassen. Im Rahmen des Siebenjahrplanes soll bis 1965 der Fischfang der Hochsee- und Küstenfischerei von



86 000 Tonnen auf mindestens 215 000 Tonnen gesteigert werden. Damit wird der Pro-Kopf-Verbrauch der Bevölkerung unserer Republik an Fisch und Fischwaren etwa ein Drittel des Fleischverbrauchs betragen, nämlich 18 Kilogramm, das ist gegenüber fünf Kilogramm im Jahre 1913 und 12 Kilogramm im Jahre 1938 eine beträchtliche Steigerung.

Im Weltmaßstab gesehen werden jährlich etwa 15 Millionen Tonnen Fische gefangen, das sind rund 40 Millionen Kilogramm pro Tag. 10 000 Kühlwagen müssen täglich zum Abtransport dieser Menge bereitgestellt werden. Wegen seines hohen Eiweiß- und Vitamingehaltes ist der Fisch für die Volksernährung besonders wichtig. Hinsichtlich seines Fettgehaltes kann zum Beispiel der Hering dem gekochten Rindfleisch gleichgesetzt werden. Außerdem enthält der Hering noch eine Reihe lebenswichtiger Salze, vor allem Phosphor, Eisen und Jod. Das Lecithin der Fische stärkt unsere Nerven. Als Fettlieferant kommt dem Wal besondere Bedeutung zu. Jährlich werden rund 25 Millionen Tonnen Waltran aufgebracht und verarbeitet. Ein einziger Wal liefert so viel Fett wie etwa 100 Kühe oder 2000 Schweine, ohne daß er uns Aufzucht- und Futterkosten abverlangt. Allein die 400 Kilogramm schwere Leber eines Pottwals enthält ebensoviel Vitamin A wie 100 Tonnen Butter oder fünf Millionen Stück Hühnereier. Wenn man bedenkt, daß ein Haushuhn im Jahresdurchschnitt 50 bis 300





Eier legt, so vermag die Pottwalleber eine Riesenfarm von 25 000 Legehennen samt der dazugehörigen 1250 Hähne zu ersetzen. Das größte Lebewesen der Ozeane nährt sich von deren kleinsten Bewohnern: winzigen Plankton-Krebschen, der Urnahrung der Meerestierwelt.

Auf seiner Nahrungssuche ist der Mensch seit einigen Jahrzehnten sogar dazu übergegangen, die „unterseeischen Weiden“, die großen wiesen- und waldartigen Tangvorkommen in den Gezeitenzonen der Weltmeere, „abzugrasen“. Wegen seines großen Vitamin- und Jodgehaltes wird der Tang in vielen Ländern als Gemüse gegessen. Die Japaner stellen Marmeladen und Kuchengelees daraus her. In Skandinavien wird der Tang zur Viehmast, in anderen Ländern als Düngemittel verwendet. Selbst auf diesem Umweg kommen die unterseeischen Weiden der menschlichen Ernährung zugute.

## DAS WASSER IN DER RETORTE

### **Ist Wasser ein Element?**

In jenen fernen Zeiten, als sich die Menschen unseren Planeten noch als Scheibe oder gar als schwimmendes Rechteck vorstellten, galten Wasser und

Feuer, Erde und Luft als die vier nicht weiter zerlegbaren Grundstoffe (Elemente). Seitdem die Chemiker die Alchimisten, Goldmacher und Schwarzkünstler von den Retorten verdrängten, ist die Familie der Elemente stürmisch angewachsen. Vor etwa 100 Jahren zählte sie bereits 60 Mitglieder, heute 92. Dazu kommen noch rund ein Dutzend künstlich gewonnener Elemente. Ihren Namen, ihr chemisches Zeichen, ihr Atomgewicht und ihre Ordnungszahl finden wir in den „Tabellen chemischer Grundstoffe“.

Allerdings – die Namen ihrer Urahnen, Wasser und Feuer, Erde und Luft, sind daraus verschwunden.

Wer hat das Wasser als Element entthront?

Fast gleichzeitig und doch unabhängig voneinander entdeckten mehrere begabte Chemiker die chemische Zusammensetzung des Wassers. Machen wir uns mit ihnen bekannt: Da ist zunächst der französische Chemiker Antoine Laurent Lavoisier (1743 bis 1794), im Nebenberuf Generalpächter der Steuern, Verwalter der französischen Salpeter- und Pulverfabriken, nach dem Sieg der bürgerlichen Französischen Revolution Kommissar des Nationalschatzes. Lavoisier war einer der einflußreichsten Männer Frankreichs. Neben ihm steht der englische Chemiker Henry Cavendish (1731–1810), Sohn einer alten Herzogsfamilie, deren Vermögen es ihm gestattete, seine Versuche durchführen zu können. Der dritte im Bunde ist ein Landsmann Cavendishs namens Joseph Priestley (1733–1804),

im Nebenberuf Prediger. Als begeisterter Anhänger der Französischen und Nordamerikanischen Revolution wurde Priestley aus seinem Vaterland vertrieben und floh nach Amerika. Der vierte Mann ist der deutsche Chemiker Karl Wilhelm Scheele aus Stralsund, im Hauptberuf Apotheker.

Das sind ihre Namen. Worin bestand ihre Tat?

Lavoisier, Priestley und Scheele entdeckten bei ihren Versuchen zuerst den Sauerstoff in der Luft und schließlich auch im Wasser. Lateinisch Oxygenium genannt, erhielt der Sauerstoff die chemische Abkürzung „O“.

Wenn wir bisher sagten: Ohne Wasser kein Leben, so blieb dennoch die Frage offen, wem das Wasser seine lebensspendende Kraft verdankt. Nun kann diese Frage beantwortet werden. Es ist der Sauerstoff, der auch den wichtigsten Bestandteil der Lufthülle bildet, von der die Erde umgeben ist. Ohne Sauerstoff verlöscht unser Leben wie die Flamme einer unter Glas gestellten Kerze. Selbst das größte Feuer erstickt, wenn es mit Sand zugeschüttet und ihm damit die Sauerstoffzufuhr abgeschnitten wird. Wißt ihr nun auch, warum das Feuer im Ofen so schlecht brennt, wenn der Luftschieber geschlossen ist?

Der gleiche Verbrennungsvorgang wie im Ofen spielt sich beim Stoffwechsel in unserem Körper ab. Die Luft, die wir einatmen, sorgt dafür, daß unser „Ofen“ gut brennt und der Körper mit der nötigen Wärme versorgt wird. Und was wird ver-

brannt? Die Nahrung, die wir zu uns nehmen. Beim Ausatmen geben wir Wasser und die Verbrennungsgase von uns.

Lavoisier, der diese Vorgänge studierte, erkannte: Verbrennung (Oxydation) ist die schnelle Verbindung verschiedener Stoffe mit dem Sauerstoff der Luft, wobei Wärme erzeugt wird. Doch er begnügte sich nicht damit, den Sauerstoff gefunden zu haben. Lavoisier wollte wissen, mit welchem Unbekannten sich der Sauerstoff in den verschiedenen Stoffen bei der Verbrennung verbindet.

Der französische Chemiker zerlegte das Wasser in seine Bestandteile und entdeckte – fast gleichzeitig mit seinem englischen Kollegen Cavendish – den Wasserstoff. Der Wasserstoff erhielt den vielsagenden Namen Hydrogenium, das heißt: „Ich erzeuge Wasser“, abgekürzt durch das Zeichen „H“.

Untersuchen wir genauer, ob der Wasserstoff wirklich Wasser erzeugt. Wir füllen ein Reagenzglas mit Eis und erwärmen es über einer Spiritusflamme. Spiritus ist wie jeder Alkohol reich an Wasserstoff. Was zeigt das Experiment? An der Außenseite des Glases schlägt sich eine tauähnliche Flüssigkeit nieder: verbrannter Wasserstoff, Wasser. Oder wir halten ein sauberes Messer über eine Kerzenflamme. Das Messer bedeckt sich mit winzigen Wassertröpfchen. Woher kommt das Wasser? Es kommt aus der Flamme. Das ist keine neue, aber eine großartige Entdeckung: Das Feuer als Wasserquelle!

Der chemische Prozeß erklärt sich so: Wenn Wasserstoff verbrennt, sich also mit Sauerstoff verbindet, entsteht Wasserdampf, der sich, wie unsere Beispiele beweisen, an dem kalten Reagenzglas beziehungsweise der Messerschneide als Wasser niederschlägt.

Die Versuche beantworten noch eine zweite, recht kuriose Frage: Warum brennt Wasser nicht? Gewiß antworten die meisten darauf: Weil Wasser naß ist! Der Spiritus, mit dem wir experimentierten, oder das Benzin sind auch „naß“, doch sollte keiner ihre Brennbarkeit probieren. Die Antwort muß richtig lauten: Wasser brennt deshalb nicht, weil es schon verbrannt ist. Es stellt die „flüssige Asche“ des Wasserstoffes dar. Deshalb erstickt Wasser das Feuer fast so gut wie Sand.

Kehren wir noch einmal zu Lavoisier zurück.

### **Eine denkwürdige Sitzung**

Im November 1783 fand in der Akademie der Wissenschaften zu Paris eine denkwürdige Sitzung statt. Das Stimmengeflüster im Saal hörte sich wie das Summen eines großen Bienenschwarms an. Plötzlich verstummte es. Lavoisier betrat das Katheder. Während er die große schwarze Wandtafel mit Formelzeichen und Zahlen bedeckte, erklärte er den klügsten Köpfen seines Landes den Verbrennungsvorgang. Das, was wir

heute schon in der Schule lernen, war damals eine revolutionäre, epochemachende Entdeckung. Die im Saale versammelten Professoren schüttelten zweifelnd ihre ergrauten Köpfe wie ihre Kollegen von der Universität Salamanca, als Kolumbus westwärts nach Indien fahren wollte. Das Stimmengewirr schwoll immer stärker an. Die Klingelzeichen des Präsidenten vermochte es nicht zu dämpfen.

„Wasserstoff und Sauerstoff sind uns unbekannte Begriffe!“ ereiferte sich einer der Professoren. „Ich frage Sie, Monsieur Lavoisier, wo bleibt der ‚Feuerstoff‘, wo bleibt das Phlogiston, das unser deutscher Kollege, der Leibarzt Seiner Majestät des Königs von Preußen, Professor Stahl, gefunden hat? Seine These lautet: ‚Das Phlogiston ist als Brennbares in allen Stoffen enthalten und entweicht bei der Verbrennung, den unverbrennlichen Grundbestandteil der Stoffe zurücklassend!‘“ Und ein anderer Gelehrter rief: „Beweisen Sie, Lavoisier, daß es kein Phlogiston gibt und bei der Verbrennung nichts verlorengelht!“

Lavoisier warf trotzig den Kopf in den Nacken. Jetzt also galt es, dem Alten den Todesstoß zu versetzen, dem Neuen mit Hilfe des Experimentes und der Waage den Weg zu bereiten. Von seinem Assistenten unterstützt, ließ Lavoisier vor aller Augen in einem geschlossenen Gefäß eine Vereinigung von Zinn und Sauerstoff vor sich gehen. Er hatte die beiden Elemente vorher genau abgewogen, und er wog sie nach dem Versuch ein zwei-

tes Mal. Das Gewicht des Sauerstoffs war geringer geworden. Die Zweifler triumphierten. Als ihnen Lavoisier das Zinn vorwog, verging ihnen das Lachen. Es hatte an Gewicht das zugenommen, was der Sauerstoff verlor.

Lavoisier erklärte: „Bei chemischen Vorgängen entsteht nichts Neues und nichts geht verloren, es wird nur die Form der Materie geändert. Die Summe der in den Prozeß eingeschlossenen Stoffmengen ist und bleibt unveränderlich!“

Mit dieser kühnen These wurde Antoine Laurent Lavoisier zum „Vater der modernen Chemie“. Seiner Zeit weit voraus, ahnte er die Entwicklungsgesetze der Natur. Sein Name findet sich heute nur noch in den Nachschlagewerken und Chemielehrbüchern. Doch die Wasserformel „ $H_2O$ “ ist jedem Schüler geläufig. Sie ist das unvergängliche Denkmal einer langen Reihe kühner Forschertaten.

## $H_2O$

Von dem mutigen Auftreten Lavoisiers begeistert, haben wir gar nicht bemerkt, daß in unserer Beweisführung für die Zusammensetzung des Wassers noch eine Lücke besteht. Wenn wir Wasserstoff und Sauerstoff zur Formel zusammenstellen, sieht das Zwillingsspaar so aus:  $H + O = HO$ . In den Formeltabellen steht jedoch noch eine tiefergesetzte „2“. Sollte das bedeuten, daß sich im Wasser



doch noch ein dritter „Unbekannter“ verbirgt? Ja und Nein. Wohl steckt tatsächlich noch ein „Drittes“ drin, aber es ist uns bekannt. Das winzige Sauerstoffatom hat sich nämlich nicht nur mit einem, sondern mit zwei Wasserstoffatomen verbunden: H-O-H.

Würden wir dem Dreigespann noch ein zweites Sauerstoffatom anhängen, fänden wir eine neue Lösung mit gänzlich anderen Eigenschaften in der Retorte. Gewissermaßen ein „Über-Verbrennungsprodukt“, nämlich Wasserstoffsuperoxyd ( $H_2O_2$ ). Als kräftiges Oxydationsmittel dient es zum Desinfizieren der Mundhöhle und zu Mundspülungen, zum Bleichen von Textilien und Blondieren der Haare. In den Kunstsammlungen werden mit Wasserstoffsuperoxyd verblaßte Gemälde aufgefrischt, so daß sie wieder wie neu aussehen. Eine „Ingolin“ genannte 80prozentige Wasserstoffsuperoxydlösung wird als Energie- und Sauerstoffträger für Raketenantriebe verwendet, die ohne Luftzufuhr arbeiten. Es handelt sich also um eine vielseitig verwendbare und sehr nützliche Flüssigkeit.

Das Zerlegen von Wasser und damit die großtechnische Wasserstoffgewinnung ist heute weniger mühevoll als zur Zeit Lavoisiers. Man füllt das Wasser in ein Wasserzersetzungsgerät, das aus zwei Glasröhren besteht, in die kleine Platinbleche hineinragen, die Anode und die Kathode. Den Platinblechen wird elektrischer Strom zugeführt, und in kaum einer Minute ist das Wasser gewissen-

haft in zwei Raumteile Wasserstoff und einen Raumteil Sauerstoff zerlegt. Diesen im Jahre 1800 entdeckten Vorgang bezeichnet man als Elektrolyse.

## WIE KOMMT DAS WASSER INS HAUS?

### **Wie die Römer das Wasser in ihre Hauptstadt führten**

Wir sind daran gewöhnt, frühmorgens nach dem Aufstehen den Wasserhahn aufzudrehen, und ehe wir uns versehen, ist die Schüssel vollgelaufen. Zu den ersten, die das Wasser auf ähnliche Weise aus den Wäldern und Bergen in ihre Hauptstadt führten, gehören die Römer. Bereits zu Beginn unserer Zeitrechnung besaß die Stadt Rom ein ausgedehntes Leitungsnetz. Es war anderthalbmal so lang wie die längste deutsche Wasserleitung, die Bremen mit dem Harz verbindet.

Von den hochgelegenen Quellen in den Sabiner und Albaner Bergen leiteten die römischen Wasserbauingenieure das Wasser durch große Bleirohre in die Sieben-Hügel-Stadt am Tiber. Berge, die sich als Hindernis in den Weg stellten, wurden durchbohrt, Täler von mächtigen steinernen Brückenbögen überspannt.



Siebenhundert Arbeiter und Techniker waren ständig einsatzbereit, um alle Störungen und Schäden an den Hochbehältern, Zuleitungen und Zapfstellen sofort zu beheben. Sie nannten sich „Servie a plumbo“. Das waren die ersten Klempner.

Die durch zahllose Eroberungskriege und einen ausgedehnten Handel reich gewordenen römischen Patrizier konnten sich in ihrem eigenen Palast eine Zapfstelle einrichten lassen. Sie brauchten sich beim städtischen Wassermeister nur einen Zapfhahn mit dem kaiserlichen Siegel zu kaufen. Wer hingegen das Wasser „schwarz“ abzapfte, wurde streng bestraft.

Die Wasserhähne waren aus kostbarem Metall gefertigt, dennoch hatten sie einen großen Nachteil: man konnte sie nicht abstellen. In Rom lief das Wasser bei Tag und bei Nacht, so daß täglich ein ganzer See von einer Million Kubikmeter Wasser verbraucht und – verschwendet wurde.

Auch in Deutschland, das damals eine von Söldnern besetzte römische „Kolonie“ war, bauten die Römer zahlreiche Wasserleitungen. In der Gegend von Mainz, Köln, Trier und Aachen haben sich ihre Überreste bis heute erhalten und erwecken als interessante Kulturdenkmäler unsere Bewunderung.

In den Stürmen der Befreiungsbewegungen der Völker und der Völkerwanderung wurde das Werk Tausender kluger Hirne und fleißiger Hände zum Teil zerstört, zum Teil verfiel es, denn niemand

war mehr da, der es pflegte. Das Wasser lachte über die Kurzsichtigkeit der Menschen, die ihm im Mittelalter wie ehedem wieder zu den Brunnen und Quellen nachlaufen mußten.

### **Ein nützlicher Helfer des Menschen**

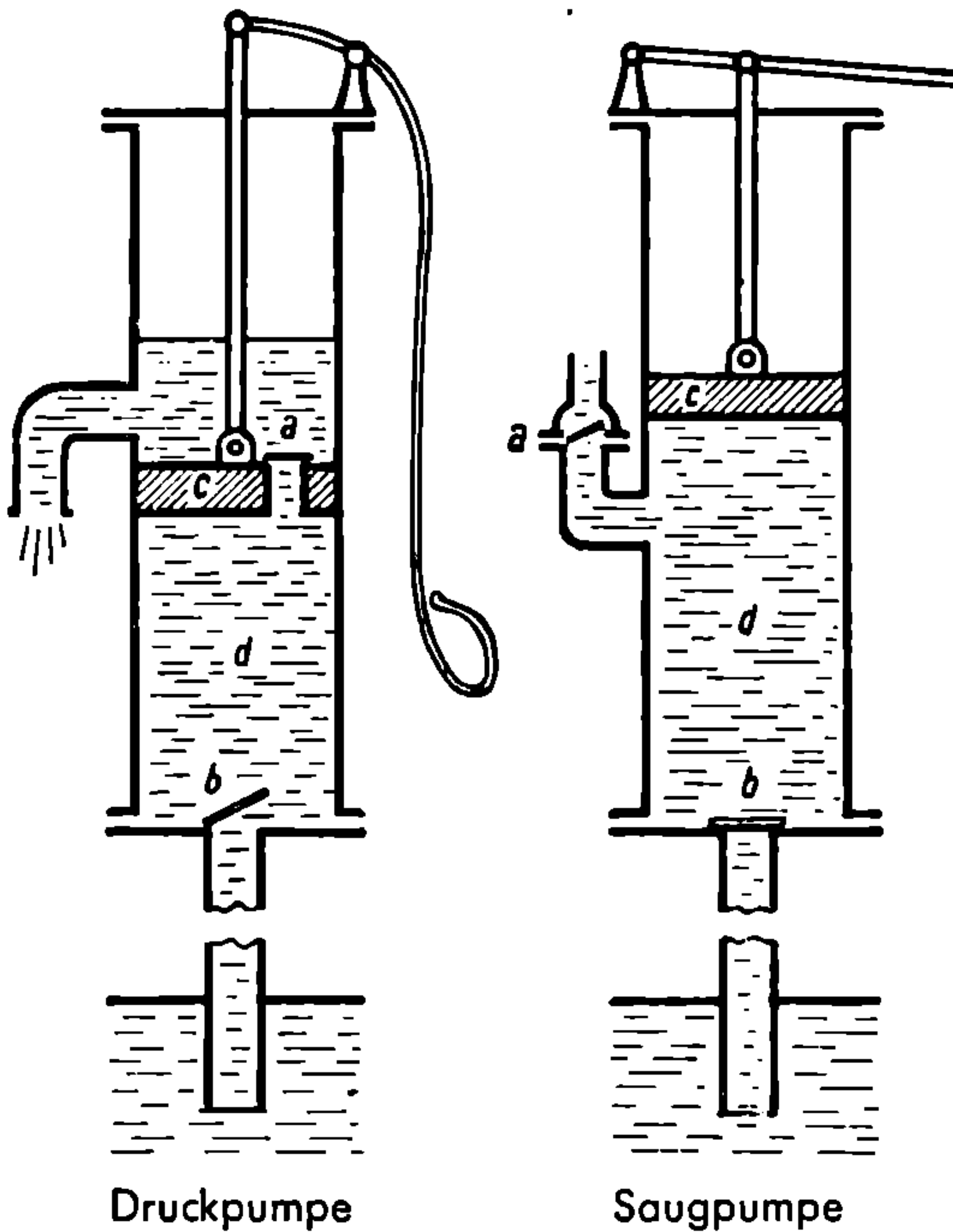
Wir füllen ein Trinkglas bis zum Überlaufen mit Wasser und bedecken es mit einem Stück steifem Papier. Während wir das Papier mit dem Handteller leicht gegen den Glasrand drücken, kehren wir das Glas um und entfernen unsere Hand. Was geschieht? Das Wasser bleibt gehorsam im Glas. Irgendein Unsichtbarer scheint sich – statt unserer Hand – dem Blatt Papier entgegenzustemmen. Wer ist der Unsichtbare?

Es ist die Luft! Man kann die Luft nicht sehen, man spürt sie kaum, und doch müssen wir sie Tag und Nacht wie einen schweren Zentnersack Huckepack tragen. Bringt man einen Liter Luft auf die Waage, schlägt der Zeiger ein klein wenig aus; er weist auf 1,3 Gramm. Kluge Leute haben ausgerechnet, daß der Luftdruck der die Erde umgebenden Atmosphäre pro Quadratcentimeter etwa ein Kilogramm beträgt. Die Waage, mit der man den Luftdruck wiegt, sahen wir im Hauptquartier der Wettermacher, es ist das Barometer. Der Luftdruck wirkt aber nicht nur von oben, sondern von allen Seiten, also auch von unten. Auf seinem breiten Rücken

trägt er das über dem Blatt Papier im Glas aufgestaute Wasser. Er ist stark genug, um mühelos das Zehnfache zu tragen. Wieder einmal verliert ein „Zauberkunststück“ den Schimmer des magischen Geheimnisses und erklärt sich als ein ganz einfacher Naturvorgang.

Aber eigentlich wollte ich von den Pumpen erzählen, die uns als nützliche Gehilfen das Wasser aus der Erde saugen und sogar auf die Berge heben. Was hat die Luft damit zu tun? Ohne Mitwirkung des Luftdruckes würde uns die beste Saugpumpe den Dienst verweigern. Wenn wir Milch oder Limonade mit dem Strohhalm trinken, saugen wir zunächst die Luft aus dem Halm. Erst dann wird infolge des starken Soges die Milch angehoben. Verschießen wir die obere Öffnung des Strohhalmes schnell mit dem Finger, können wir den mit Flüssigkeit gefüllten Halm aus dem Glase heben, ohne daß ein Tropfen verlorenggeht. Ähnlich wie bei dem Versuch mit dem nach unten gekehrten Trinkglas hält die Luft die Flüssigkeit. Solche „Saugheber“ werden im täglichen Leben vielfach verwendet. Mit dem Saugheber werden aus Fässern und anderen großen Gefäßen Flüssigkeitsproben entnommen. Auch die Pumpe können wir mit einem großen Saugheber vergleichen.

Wie es in den „Eingeweiden“ einer Pumpe aussieht, zeigt die Zeichnung. Statt des Strohhalmes führt ein langes schmales Saugrohr bis zum Grundwasserspiegel. Über der Erde steht, durch eine



Ventilklappe (b) vom Saugrohr getrennt, der Brunnenstiefel oder Zylinder (d) mit dem Hubkolben (c). Er hat gleichfalls eine Ventilklappe, das sogenannte Druckventil (a). Der großmächtige Pumpenschwengel ist der Hebel, mit dem der Hubkolben auf- und abbewegt wird. Wenn wir den Schwengel heben, senkt sich der Kolben im Zylinder und drückt die Luft zwischen den beiden Ventilen heraus. Nun folgt der zweite Hub. Wir drücken den Schwengel nieder, der Kolben hebt sich und das





Wasser wird, von dem lästigen Luftdruck befreit, wie die Milch im Strohhalm angesaugt. Beim dritten Hub tritt die Flüssigkeit durch das sich nach außen öffnende Druckventil über dem Kolben aus. Der vierte Hub hebt es bis zum Ausflußrohr und der Eimer ist bald gefüllt. Die gute, alte Saugpumpe ist also fast so etwas wie ein Viertakter mit Handantrieb.

Die Schwester der Saugpumpe ist die gleichfalls nach dem Hubkolbenpumpen-Prinzip arbeitende Druckpumpe. Sie unterscheidet sich von ihr nur durch das fehlende Druckventil im Kolben. Das Wasser wird durch das Saugrohrventil beim Heben des Kolbens in den Zylinder gesaugt und beim Niederdrücken des Kolbens in die mit einem Ventil versehene Druckleitung gedrückt. Je größer der Druck auf den Kolben ist, desto höher läßt sich das Wasser in der Druckleitung pressen. Diese Arbeitsweise erinnert an die Luftpumpe. Natürlich gibt es noch eine ganze Reihe anderer Pumpen, zum Beispiel die Flügel- und Kreiselpumpe, doch ihre physikalische Wirkungsweise ist immer dieselbe.

Wer schon einmal Wasser gepumpt hat, der weiß, wie schnell die Arbeit am Schwengel ermüdet. Der erfinderische Mensch fand auch hier einen Ausweg. Um seiner Arbeit nachgehen zu können, verwandelte der Mensch den Pumpenschwengel in eine Deichsel und schirrte Pferde ein. So entstand der Pferdegöpel. Auch den Wind nahm der Mensch

in seinen Dienst. Später verdrängten die Dampfmaschinen und der Elektromotor diese Gehilfen des Menschen vom Pumpenschwengel. Die Muskel- und Windkraft wurden durch Dampf- und Motor- kraft ersetzt. Doch die Pumpe blieb. Sie veränderte nur ihr Aussehen. Ohne ihre Mithilfe ist unsere moderne Wasserversorgung nicht denkbar.

### **Wasserhaushalt der großen Städte**

Im Mai 1945, als die meisten deutschen Großstädte in Trümmern lagen und ihre Versorgungseinrichtungen zerstört waren, mußte sich die Bevölkerung nicht nur nach Brot, sondern auch nach Wasser anstellen. In unserer Stadt hatten sowjetische Pioniere eine Behelfswasserleitung gelegt, damit jeder Bürger wenigstens einen Eimer Wasser pro Tag bekommen konnte. Das entsprach etwa dem Wasserverbrauch der Menschen im Mittelalter, das man auch das „Zeitalter der Schmutzseligkeit“ nannte. Für Menschen des 20. Jahrhunderts, die an einen viel größeren Wasserverbrauch gewöhnt sind, waren das schlimme Tage und Wochen.

Das Problem der reibungslosen Wasserversorgung bildet bis heute eine der größten Sorgen in allen Ländern Europas. Der Wasserbedarf ist in ständigem Steigen, der Grundwasserspiegel jedoch in ständigem Rückgang begriffen. Die Hauptursache dafür liegt im starken Anwachsen der Bevölke-

rungszahl der Erde. Weitere Ursachen sind die Steigerung der Wohnkultur und der Hygiene und die fortschreitende Industrialisierung.

Der durchschnittliche Wasserbedarf in einem Haushalt, in einer Stadt oder in einem Industriebetrieb ist sehr unterschiedlich. Auf dem Dorf beträgt er je Einwohner und Tag etwa 50 Liter. Davon entfällt die Hälfte auf Essen, Trinken und Reinigungszwecke. In einer mittleren Stadt von etwa 50 000 Einwohnern beträgt der tägliche Pro-Kopf-Verbrauch bereits das Doppelte; in einer Großstadt über 100 000 Einwohner das Drei- bis Sechsfache, nämlich 150 bis 300 Liter. Die Erklärung dafür ist einfach: In den Großstadtwohnungen gibt es mehr hygienische Einrichtungen als auf dem Lande. Allein für ein Wannenbad werden 250 Liter Wasser verbraucht. Der Wasserverbrauch einer Industriestadt wie Karl-Marx-Stadt, Leipzig oder Merseburg liegt bedeutend höher als der in einer Universitätsstadt wie Jena. Vor dem Kriege hatte das Ruhrgebiet den größten Wasserverbrauch in Deutschland. Auf jeden Bewohner kam eine tägliche Kette von sechzig Eimern.

Das meiste Wasser schluckt die Industrie. In einem hochentwickelten Industrieland brauchen Industrie und Energieversorgung viermal soviel Wasser wie die Bevölkerung, Landwirtschaft und Kleingewerbe zusammengenommen. Für die Herstellung von einem Liter Bier benötigt beispielsweise die Brauerei 25 Liter Wasser. Für jede Schlachtung im städ-

tischen Schlachthof werden 300 Liter Wasser verbraucht. Zur Förderung einer Tonne Steinkohlen bedarf es 2500 Liter Wasser. Größer noch ist der Wasserbedarf der Zuckerfabriken. Die Verarbeitung einer Tonne Rüben erfordert 20 000 Liter Wasser. Die Lokomotive, die den Zucker in die Stadt bringt, „tankt“ vor Fahrtantritt fast 30 000 Liter Wasser. Trotzdem muß sie – bei längeren Strecken – unterwegs neues Wasser aufnehmen. Der Wasserbedarf der Chemiebetriebe, der Kernstücke unserer Volkswirtschaft, ist besonders groß. Die chemische Industrie verbraucht allein etwa 25 Prozent des gesamten für industrielle Zwecke genutzten Wassers (in der DDR jährlich etwa eine Milliarde Kubikmeter) als Roh- oder Hilfsstoff. Als Rohstoff: zur Wasserstoffgewinnung; als Hilfsstoff: zur Durchführung chemischer Umsetzungsprozesse, als sogenanntes Wasch- und Kühlwasser.

Aus diesen verschiedenartigen Faktoren setzt sich der komplizierte Wasserhaushalt einer Stadt, eines Bezirkes oder eines Landes zusammen. Darüber wird genau Buch geführt. Den Wassereinnahmen auf der einen Seite stehen auf der anderen Seite die Ausgaben gegenüber. Ist das Einnahmekonto kleiner als das Ausgabekonto, so ist das sehr schlimm. Diese Schulden in der Wasserhaushaltsgleichung können die Maschinen und damit die Produktion eines ganzen Industriezweiges zum Stillstand bringen. Die Hydrologen beginnen also zu rechnen, die Planwirtschaftler zu planen, die

Wasserbautechniker kühne Projekte zu entwerfen, um das zu verhindern.

Der Hydrologe stellt fest: Die Wassereinnahmen in der DDR betragen in Jahren mit normalen Regenfällen 60 Milliarden Kubikmeter. Davon gehen uns 45 Milliarden Kubikmeter durch Verdunstung verloren. Bleiben 15 Milliarden Kubikmeter zur Verfügung; in regenarmen Gebieten sind es aber nur sechs Milliarden. Fünf Milliarden Kubikmeter werden schon jetzt von den Verbrauchern in Anspruch genommen. Folgen mehrere regenarme Jahre aufeinander, übersteigen die Ausgaben die Einnahmen. Dabei sind vorerst weder die großen Fortschritte im Wohnungsbau noch das rasche Wachstum unserer Industrie berücksichtigt.

Der Hydrologe setzt sich mit dem Planwirtschaftler zusammen, und beide errechnen, daß sich der Wasserbedarf in unserer Republik bis 1985 verdreifachen wird. Woher aber das Wasser nehmen? Es müssen neue Wasservorräte erschlossen werden, und das nicht erst 1985, sondern sofort. Ein Blick in den Siebenjahrplan zeigt uns, wie die Aufgabe gelöst werden wird. Der wichtigste Punkt darin lautet: „Der Talsperrenspeicherraum ist um 327 Millionen Kubikmeter auf 855 Millionen Kubikmeter zu steigern.“ Und an anderer Stelle heißt es: „Der Siebenjahrplan stellt für die zentrale und örtliche Wasserwirtschaft 4,2 Milliarden Mark Investition zur Verfügung.“ Damit ist die Hauptaufgabe des Wasserbautechnikers klar umrissen, er kennt die

Höhe der ihm zur Verfügung stehenden Mittel und kann die Pläne zum Bau neuer großer Staubecken und Talsperren entwerfen.

### **Beim Bau einer Talsperre**

Der Regen hatte kaum nachgelassen, da eilten die Kinder aus den Nachbarhäusern barfüßig auf die Straße. Im Rinnstein bauten sie einen Damm und stauten mit einem bißchen Sand oder einem Stück Holz das Wasser, das in den Gully abfließen wollte. Großstadtkinder nutzen jede Gelegenheit, um ihre Schiffchen fahren zu lassen.

Fern der großen Städte, irgendwo im Gebirge, versperren mächtige Mauern dem Flußwasser den Weg, um das schnelle Abfließen zu verhindern. Weil sie das Tal sperren, nennt man sie „Talsperren“.

Die spielenden Kinder bauen ihren Staudamm nach „Augenmaß“; wenn ihn das Wasser durchbricht, weil er nicht stark genug war, ist das nicht weiter schlimm. Die kleinen Schiffe werden ein Stück fortgespült, und mit einigem Handvoll Sand wird der Dammbbruch behoben. Unvergleichlich größer ist hingegen die Verantwortung der Wasserbautechniker und Ingenieure.

Als im Jahre 1889 im USA-Staat Pennsylvania der Damm der Johnstown-Talsperre brach, vernichtete das entfesselte Wasser 4000 Menschenleben. An-

fang Dezember 1959 brach in Südfrankreich die Malpasset-Talsperre bei Cannes. Mit einer Stundengeschwindigkeit von 70 Kilometern ergossen sich 49 Millionen Kubikmeter Wasser in die Niederung und vernichteten die Stadt Frejus. Die Katastrophe forderte über 500 Menschenleben und verursachte einen Gesamtschaden von 30 Milliarden Franc. Ihre Ursache: In dem Bestreben, die dünnste Staumauer der Welt zu projektieren, hatte der französische Architekt die Sicherheitsfaktoren grob vernachlässigt. Um solchen Katastrophen vorzubeugen, müssen die Erbauer der Talsperre den Fluß, dessen Wasser gestaut werden soll, jahrelang beobachten. Der Baugrund muß genau untersucht und umfangreiche statische Berechnungen müssen angestellt werden.

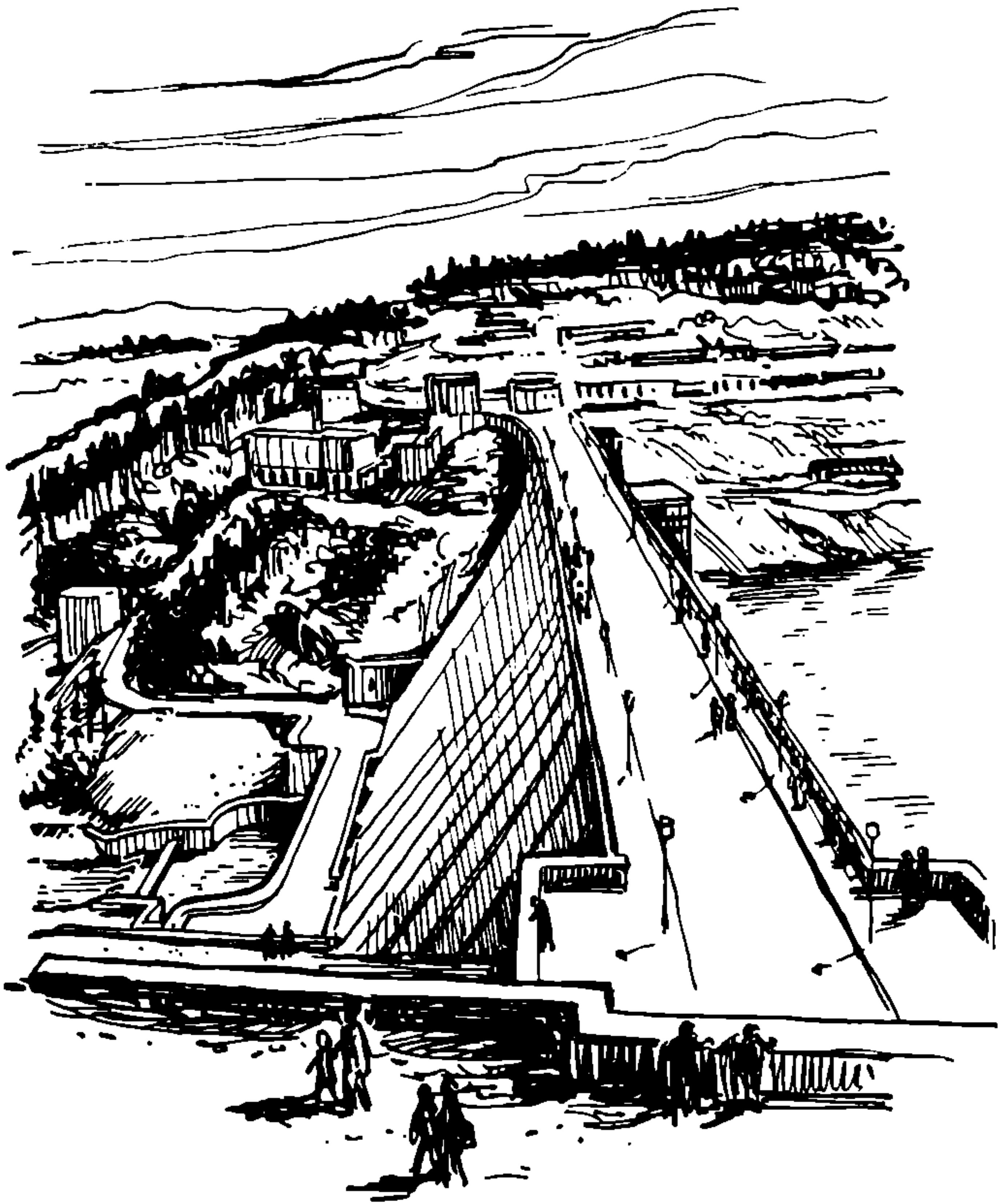
Auf Grund der gesammelten Erfahrungen baut man die Staumauern so, daß sie nicht gerade verlaufen, sondern dem andrängenden Wasser ihre trotzig gewölbte Stirn bieten. Das breite Mauerfundament ist tief in der Erde, möglichst im unverwitterten Fels verankert, während die „Krone“ kaum breiter als ein normaler Fahrweg ist. Die Standsicherheit einer solchen Mauer beruht vor allem auf der eigenen Schwere. Deshalb wird nicht mit Beton und Spezialbaustoffen gespart. Überdies werden in den modernen Großbauten zahlreiche Apparate eingebaut, die ständig Temperatur und Spannungen kontrollieren, die den gefesselten Riesen argwöhnisch beobachten.

Im Rahmen des Siebenjahrplanes werden in unserer Republik viele Talsperren und Speicherbecken gebaut. Beim Bau der Rapp-Bode-Talsperre, der größten Talsperre Deutschlands, bin ich selber als Zaungast dabeigewesen. Am Nordosthang des Harzgebirges stürzen sich die Wildwasser der Bode zu Tal. Sie kommen vom Brocken, und es scheint, als hätte sie die Nähe des Hexentanzplatzes wild gemacht. Übermütig springen sie über die Felsblöcke. Hochauf schäumt der Wassergischt. In den Wochen der Schneeschmelze ist die Bode ein besonders gefährlicher und heimtückischer Geselle. Die Bewohner von Thale werden das Unglücksjahr 1925 so leicht nicht vergessen. Damals trat der Fluß über die Ufer und riß alles nieder, was sich ihm in den Weg stellte. Allein der angerichtete Gebäudeschaden belief sich auf 60 Millionen Reichsmark.

60 Millionen Reichsmark! Die Hälfte der Summe hätte genügt, das Wildwasser in die steinernen Fesseln eines Staudammes zu zwingen. Das war zwar seit Jahren geplant, doch weder der Kaiser noch der Reichspräsident sprachen das entscheidende Wort. Sie benötigten das Geld für andere Dinge. Der Kaiser brauchte Geld zur Vorbereitung des 1. Weltkrieges, der Reichspräsident zum Bezahlen der Kriegsschulden.

Unter der Regierung der Arbeiter und Bauern konnte der Wunschtraum vieler Generationen in die Tat umgesetzt werden. Am 1. September 1952 wurde der Grundstein gelegt. Bald darauf er-





Rapp-Bode-Talsperre im Harz

schütterten Sprengschüsse das Bodetal, pusteten Lokomotiven bergwärts, fuhren dorthin, wo die große Staumauer wachsen sollte. Mächtige Kabelkräne streckten ihre Arme über den Abgrund.

Betonkübel schwebten durch die Luft. Mehrere Millionen Tonnen Beton schluckte die Staumauer von fast einem halben Kilometer Länge und über 100 Meter Höhe, viele Hochhäuser hätte man damit bauen können.

Sieben Jahre nach der Grundsteinlegung, anlässlich des 10. Jahrestages unserer Republik, wurde das „Bodewerk“ offiziell eingeweiht. Es bildet das Kernstück eines ausgedehnten Staubecken- und Stollensystems, das die riesigen Wassermassen des Nordharzes auffangen, speichern und den Menschen nutz- und dienstbar machen wird. Hinter seiner gigantischen Mauer staut sich ein 10 Kilometer langer See mit 110 Millionen Kubikmeter Wasserinhalt. Aus diesem Reservoir gespeist, liefert das Wasserwerk zu seinen Füßen jährlich 60 Millionen Kubikmeter Trinkwasser in das dichtbevölkerte Industriegebiet um Halle, Magdeburg und Dessau. Das neuerbaute Kraftwerk in Thale bereichert den Energiehaushalt unserer Republik jährlich um 37 Millionen Kilowattstunden Strom.

### **Das Wasser kommt in die Stadt**

Talsperrenwasser sieht im Vergleich zum Teich- oder Seewasser „sauber“ aus. Trotzdem muß es vor seiner Verwendung als Trinkwasser gereinigt und aufbereitet werden. Vom Wasserentnahmesturm an der Talsperrenmauer fließt das Wasser

unter Druck in die Wasseraufbereitungsanlagen. Die großen hellen Hallen, in denen die Klärbassins aufgestellt sind, erinnern an ein modernes Hallenschwimmbad. In einem der ersten Bassins setzen sich die mitgeführten Schmutzstoffe ab. Danach wird das Wasser in einem mit Kies und Sand gefüllten Becken gefiltert und schließlich gelüftet, um die mitgeführten Gase auszuscheiden. Außer dieser physikalischen Behandlung muß sich das Wasser im Wasserreinigungs-Institut noch einer Reihe chemischer Prozesse unterwerfen. Sie werden zumeist in den Belüftungstürmen durchgeführt. Die bakterielle Verbesserung, die Befreiung des Wassers von den schädlichen Keimen, bildet eine der letzten Etappen der örtlich unterschiedlichen Trinkwasserreinigung.

Nach dem Durchlaufen der Aufbereitungsanlagen wird das Wasser in den Reinwasserbehältern gesammelt. Von hier aus tritt es seine Weiterreise in die Hochbehälter der Städte an. Das sind unterirdische, auf den höchsten Punkten des Geländes angelegte Speicherbecken. Das Flachland macht Wassertürme als Hochbehälter erforderlich. In ihrem Schoß nimmt das Rohrleitungsnetz der Städte seinen Anfang.

Überall, wohin das Wasser kommt, gibt es etwas Neues zu sehen. Die Reise geht an Hydranten, Absperrschiebern, Ventilen und Senkkästen vorbei. Hydranten kann man, wenn man gut beobachtet, überall sehen; zum Beispiel schließt die Feuerwehr

bei einem Brand ihre Schläuche an diese Zapfstellen an. Durch die Absperrschieber können bei Störungen der Hauptleitung, zum Beispiel bei Rohrbrüchen, größere Teilstrecken des Rohrnetzes gesperrt werden. Deshalb ist der Absperrschieber ebenso wichtig wie der Hydrant. Die Ventile sind „Rohrentlüfter“, wo sich an hochgelegenen Stellen der Rohrleitung das Gas abscheidet, das sich unterwegs eingeschlichen hat. In den Senkkästen und Entleerungsschiebern setzt das Wasser an den Tiefpunkten der Rohrleitung unerwünschte Mitreisende ab.

Nach langer Reise erreicht das Wasser die Stelle des Rohrleitungsnetzes, von der aus die Wasserzuleitung unseres Hauses abzweigt. Durch den Keller, wo sich der Haupthahn und der Wasserzähler mit der Kontrolluhr befinden, steigt das Wasser bis ins oberste Stockwerk empor. Es kommt auch in unser Wohngeschoß, biegt in unsere Wohnung ab und ist immer zur Stelle, wenn wir es brauchen. Ist das nicht wunderbar?

Wenn das Wasser für uns die Treppen hinaufsteigt, so verdanken wir das keinem Wunder, sondern einem physikalischen Grundgesetz. Ein einfacher Versuch veranschaulicht es uns: Zwei senkrecht gehaltene offene Glasröhrchen werden an ihren unteren Öffnungen durch einen Schlauch verbunden und mit Wasser gefüllt. Der Wasserspiegel steht in beiden Röhrchen gleich hoch. Wenn wir die Röhrchen bewegen, bleibt die Oberfläche der Flüssigkeit

in beiden Röhren in gleicher Höhe. Gefäße, die so miteinander verbunden sind, werden „kommunizierende Röhren“, das heißt „verbundene Röhren“, genannt. Dem Gesetz der verbundenen Röhren entsprechend, versucht das Trinkwasser in den Steigleitungen der Häuser immer die Höhe des Wasserstandes im Hochbehälter zu erreichen. Es steht also unter einem natürlichen Druck wie das Wasser in den artesischen Brunnen, die wir zu Beginn unserer Reise kennenlernten. Das können wir leicht feststellen, wenn wir versuchen, mit dem Finger den Wasseraustritt aus der geöffneten Leitung zu verhindern.

Das gebrauchte Wasser schütten wir in den Ausguß, und schwupp, schon ist es verschwunden.

Wohin verschwindet das Wasser so schnell?

Was geschieht mit dem Abwasser?

### **Im „Darm“ von Berlin**

Steigen wir aus den Räumen des Pumpwerkes in die „Unterwelt“, in das Kanalisationsnetz von Berlin hinunter. Bekleidet sind wir mit einer Gummihose, die uns bis an die Brust reicht. Kühle umfängt uns unten und nicht gerade Veilchenduft. Am Fuße der Steintreppe, die geradewegs in die schmutzigen Fluten führt, hat ein Schlauchboot festgemacht. Männer in Schutzanzügen halten es fest wegen der Strömung. Der Abwasserspiegel ist

in den frühen Morgenstunden besonders hoch. Berlin ist erwacht, es wird gebadet, gewaschen, reinegemacht. Die Pumpwerke arbeiten auf vollen Touren. Unsicher besteigen wir das schwankende Gefährt. Die Fahrt beginnt. Der Betriebsingenieur der Entwässerungswerke hält einen großen Scheinwerfer in den Händen, den ein im Boot montierter Akku speist. Der Lichtkegel dringt tief hinein in die vielen großen und kleinen Kanäle, aus denen sich ununterbrochen die Abwässer in den Stammkanal ergießen. Seine Abmessungen sind so groß, daß zwei Autos bequem nebeneinander fahren könnten. An den tiefsten Punkten der Kanalnetze fließen die Abwässer zusammen, werden von einem Pumpwerk angesaugt und auf die Rieselfelder außerhalb der Stadt oder zu den Klärwerken befördert.

6000 Kilometer lang ist das unterirdische Kanalgedärm von Berlin! Das entspricht der Länge des zweitgrößten Flusses der Erde, des Nils. Nur 400 Kilometer fehlen noch daran, dann würde dieser Kanal die Länge des Erdhalbmessers erreichen. Zu seinen Nebenanlagen gehören 89 Pumpwerke, die täglich eine halbe Million Kubikmeter Abwasser durch 700 Druckrohre bis weit vor die Tore der Weltstadt befördern. 120 000 „Eingänge“ beziehungsweise „Notauslässe“ gewähren Zugang zu ihm und ermöglichen nach einem Katastrophenregen den schnell ansteigenden Wassermassen einen Abfluß in die Spree. Den Bau dieser gewalti-

gen Anlage, die über 900 Millionen Mark kostete, dankt Berlin dem berühmten Mediziner Rudolf Virchow.

Im Mittelalter, als es noch keine Abwasserleitungen gab, schütteten die Leute das Schmutzwasser einfach aus dem Fenster auf die Straße. Mit der Sauberkeit nahm man es – wie schon an anderer Stelle gesagt – nicht so genau. Verheerende Seuchen, wie die große Choleraepidemie in London (1830), waren die Folge davon.

Solche Zustände sind für die modernen Großstädte und Industriezentren undenkbar.

Abwässer sind übrigens keineswegs wertlos. Sie spielen in unserem Wasserhaushalt eine wichtige Rolle. Der große Wasserbedarf unserer Industrie und Landwirtschaft kann nur gedeckt werden, wenn das Wasser – gründlich gereinigt – mehrmals als Gebrauchswasser genutzt wird.

An erster Stelle steht die landwirtschaftliche Abwasserverwertung. Die Berliner Abwässer berie-seln über 10 000 Hektar Feld; sie versorgen die keimenden Saaten nicht nur mit Feuchtigkeit, sondern sie düngen sie auch. Besser noch wird das Abwasser der Messestadt Leipzig verwertet. Zwischen Delitzsch und Eilenburg berieselt es mehr als zweimal soviel Land wie vor den Toren Berlins. Der Boden sagt uns, wie gut ihm das scheinbar verbrauchte Wasser bekommt. Die Ernteerträge von den Riesefeldern übertreffen die Ernteerträge anderer Felder bei weitem.

Dabei reinigen sich die Abwässer während des weiten Weges von der Stadt auf das Feld zum Teil selbst. Zusätzlich werden umfangreiche Reinigungs- und Kläranlagen in die Abwasseranlagen eingebaut. Sie arbeiten nach einem ähnlichen Prinzip wie die Kläranlagen zur Trinkwasseraufbereitung. In diesen Anlagen versucht man zugleich, die im Abwasser enthaltenen wertvollen Rohstoffe zurückzugewinnen und einer Weiterverwendung zuzuführen.

Es ist erstaunlich, welche „Schätze“ das Abwasser enthält. Besonders groß sind bei der Abwasserreinigung die Schlammablagerungen. Durch die Tätigkeit der darin enthaltenen Bakterien entsteht Faulgas, das auch als Treibstoff für Fahrzeuge verwendet werden kann. Je Einwohner einer Großstadt könnten aus den Abwässern jährlich 10 Kubikmeter Faulgas erzeugt werden, was etwa einer Fahrleistung von 10 Litern Benzin entspricht. Auf Berlin umgerechnet, ergeben sich daraus im Jahr fast 35 Millionen Liter Benzin = 35 000 Tankwagen.

Der größte Abwassererzeuger ist die Braunkohlenveredlungsindustrie mit ihren Schwelereien, Kokeereien und Hydrieranlagen. Nach Fertigstellung des Braunkohlenkombinates „Schwarze Pumpe“ werden jährlich drei bis vier Millionen Kubikmeter Schwel- und Hydrierwässer anfallen. Sie enthalten etwa 35 000 Tonnen Fettsäure und 70 000 Tonnen Phenole. Die genannte Fettsäuremenge würde zur



Herstellung von 10 000 Tonnen hochwertiger Futterhefe ausreichen, während die anfallenden Phenolmengen die Produktion von Tausenden Kunststoffkarossen für die Kleinwagenserie Trabant ermöglichen.

Noch ein drittes Beispiel. In den jährlichen Abwässern der Zellstoff- und Papierindustrie sind 72 000 Tonnen Zucker gelöst. Nicht genug damit, daß sie unserer Volkswirtschaft verlorengelangen, zehren sie auch den im Flußwasser vorhandenen Luftsauerstoff auf und führen dadurch zu einem großen Fischsterben. Verunreinigte Industrielwässer bergen noch viele andere Gefahren für die Volksgesundheit. Eine sinnvolle Abwasserverwertung ist deshalb doppelt vonnöten. In den sozialistischen Staaten tragen auch die Wasserwirtschaftler dazu bei, daß die Sorge um den Menschen im Mittelpunkt aller Planungen steht.

## KANÄLE VON GESTERN

### **Straßen aus Wasser**

Wenn chromblitzende Autos über betonierte Schnellstraßen sausen, Elektrozüge, Düsenflugzeuge und Überseedampfer Schnelligkeits-Welt-

rekorde aufstellen, empfindet der Reisende berechtigten Stolz auf die Leistungen der modernen Verkehrstechnik. Die erste Weltumseglung dauerte länger als drei Jahre. Die erste Weltumrundung im bemannten Weltraumschiff dauerte noch keine zwei Stunden. Ein weitverzweigtes Netz breiter Autostraßen und stählerner Bahnlinien verbindet heute das kleinste Dorf mit den größten Metropolen des Landes. Fluglinien und Schifffahrtsrouten schlagen Brücken über die Ozeane, knüpfen tausend unsichtbare Fäden zwischen den Kontinenten. Dabei ist die älteste Eisenbahnlinie kaum älter als ein Dutzend Jahrzehnte. Wie aber reiste der Mensch, als es noch keine Straßen gab?

Die Menschen, die weder Holzpflug noch eiserne Waffen kannten, ließen sich auf entwurzelten Baumstämmen flußabwärts treiben, benutzten die Wasserstraßen. Entlang den Flüssen drangen sie in fremde, unbekannte Gebiete vor.

Die Waräger, die im neunten Jahrhundert an der Ostseeküste wohnten, kannten eine solche Wasserstraße, die aus dem „Land der Dunkelheit“ in den sonnigen Süden führte. Auf ihr fuhren die Waräger zu den Griechen, um mit ihnen Handel zu treiben oder gegen sie zu kämpfen. Je nachdem, was ihren Stammesfürsten gerade wichtiger erschien. Das war der „Weg von den Warägern zu den Griechen“. Er begann im Finnischen Meerbusen und führte dort, wo sich heute Leningrad erhebt, durch die Newa und den Ladogasee zum Ilmensee. Der

breite Dnjepr trug ihre Schiffe zum Schwarzen Meer, von wo aus es noch drei Tagereisen bis Konstantinopel, dem alten griechischen Byzanz und heutigen Istanbul waren.

Auf dieser Reise mußten die Waräger viele Hindernisse überwinden. An manchen Stellen waren die Flüsse zu seicht für die Schifffahrt, an anderen Stellen zu kurvenreich. Es fehlte an Querverbindungen, die es ermöglichten, von einem Fluß in den anderen „umzusteigen“. Das Wasser ging eben seine eigenen Wege, die nicht immer dorthin führten, wohin die Waräger wollten. Sie mußten deshalb Umwege wählen und ihre Schiffe streckenweise weit über Land ziehen. Das war in anderen Ländern der Erde, die gleichfalls solche natürlichen Wasserstraßen besitzen, nicht anders. Kurz gesagt: Den Wasserstraßen fehlten Kanäle, künstliche Wasserstraßen, die Flüsse und Seen miteinander verbinden und den Wasserweg verkürzen.

Die Menschen wären wohl kaum so frühzeitig auf die Idee gekommen, Kanäle zu bauen, hätte es ihnen der große Baumeister Natur nicht vorge-macht. Ein solcher „Naturkanal“ ist „Der Kanal“ zwischen dem europäischen Festland und dem englischen Inselreich, der die Nordsee mit dem Atlantischen Ozean verbindet. Ohne ihn würde die Schiffsreise von Hamburg nach Lissabon doppelt solange dauern und doppelt so teuer sein. Die Schiffe müßten nämlich die gefährliche Nordspitze Schottlands umfahren.

## **Städte im Meer**

Keinem Baumeister wird es einfallen, eine Stadt auf Sand zu erbauen. Die Häuser würden bald schon einfallen. Doch die „Häuser auf Stelzen“, welche die urgeschichtlichen Jäger zum Schutze gegen feindliche Stämme und wilde Tiere in den Sümpfen und am Rande der Seen erbauten, haben Stürme und Zeiten überdauert. Solche Pfahlbauten gibt es heute noch in Indochina und an den Küsten der großen ostasiatischen Inseln. Eine solche Stadt gibt es auch in Europa – Venedig.

Im Jahre 452 brausten die von Attila geführten Hunnen über Europa hinweg und zerstörten viele Dörfer und Städte. Sie legten auch die römische Festung Aquileja am Südhang der Alpen in Schutt und Asche. Ratlos standen die vertriebenen Bewohner an der Küste des Adriatischen Meeres und wußten nicht, wohin sie fliehen sollten. Weitab von der Küste entdeckten sie ein Gewirr kleiner Inseln, die durch breite Meeresarme – die Lagunen – vom Festland getrennt waren. Dorthin setzten die Flüchtlinge, die Veneter, über und erbauten eine neue Stadt, in der sie vor Verfolgern sicher waren. Zur Erinnerung an die Zeit ihrer größten Not gaben sie ihr den Namen „Venedig“ – Flüchtlingsstadt.

Im Mittelalter war Venedig die mächtigste Handelsstadt Europas und zugleich eine der schönsten Städte der Welt. In ihren zahlreichen natürlichen Häfen lagen zur Zeit ihrer höchsten Blüte 33 000

Schiffe vor Anker. Fast 200 von der Natur und von Menschenhand geschaffene Kanäle und über 350 Brücken vereinen den aus 120 Inseln bestehenden Archipel zu einem Stadtgebilde. Seit dem vorigen Jahrhundert verbindet eine fast vier Kilometer lange Eisenbahnbrücke Venedig mit dem Festland. Der größte und schönste Kanal ist der 70 Meter breite Canale Grande. Auf ihm bilden nach wie vor die berühmten Gondeln das einzige Verkehrsmittel.

Geschäftiges Treiben herrscht auch im „nordischen Venedig“, dem „auf Heringsgräten erbauten“ Amsterdam. Die Kanäle, die schnurgerade die Stadt durchziehen, werden in Holland Grachten genannt. Früher ließen die reichen Kaufleute ihre wohlgefüllten Handelsschiffe durch die Grachten bis vor ihre Haustür fahren.

Große Ähnlichkeit mit Venedig weist Leningrad auf, das im Jahre 1703 von Zar Peter I. gegründet wurde. Auf Pfahlrosten im sumpfigen Newadelta wurden seine Gebäude errichtet. Unter dem Namen Petersburg war es bis 1917 die Hauptstadt des zaristischen Rußlands. Der Stadtplan von Leningrad zeigt gleich dem von Venedig zahlreiche blaue Windungen verschiedener Länge und Breite: die Newa mit ihren Flußarmen, Zuflüssen und Kanälen. Das sind die insgesamt 48 Wasserwege, die Leningrad in allen Richtungen durchkreuzen und 101 Inseln bilden. Sie alle sind bewohnt und durch 360 Brücken miteinander verbunden.



Wer den eigenwilligen Wasserbaumeister Natur bewundern will, der braucht jedoch nicht unbedingt bis nach Venedig, Amsterdam oder Leningrad zu fahren. Dazu genügt eine Ferienreise oder eine Wanderung in den Spreewald. Zwischen Kottbus und Lübben teilt sich die Spree in viele Arme. Sie hat sich in dem flachen Urstromtal „verlaufen“ und die Niederung in einen großen Sumpf verwandelt. Alles, was andernorts die Menschen zu Fuß, per Rad oder im Auto erledigen, besorgen die Spreewälder in flachen Kähnen. Im Kahn fahren die Kinder zur Schule und die Bauern zur Versammlung. Im Kahn bringt der Briefträger die Post ins Haus, und im Kahn fährt der Genossenschaftsbauer die Ernte ein.

Das ist bei normalem Wasserstand romantisch. Wenn aber die Spree Hochwasser führt und die Niederung überschwemmt, wird es gefährlich. Die Spreewälder haben sich dagegen geschützt, indem sie das Land mit einem dichten Netz von Abzugsgräben durchzogen. Dadurch wurde zugleich fruchtbares Wiesen- und Gartenland gewonnen. Natürliche und künstliche Kanäle verlaufen im Spreewald eng nebeneinander.

### **Die Familie der Kanäle**

Die Waräger waren kühne Flußpiraten und Städtebauer; die ersten Kanalbauer waren die Waräger

nicht. Die Männer der Arbeit, die die Wünsche der Waräger schon viel früher verwirklichten, müssen wir am Euphrat und Tigris, im fernen China und an den Ufern des Nils suchen. Die von ihnen erbauten Kanäle sollten jedoch andere Aufgaben erfüllen als die von den Warägern erträumten. Die Waräger begehrten Kanäle, um besser reisen zu können und ihre Schiffe nicht mehr über Land tragen zu müssen. Chinas Herrscher hatten andere Sorgen. Vor mehr als 2000 Jahren befahlen sie den Bau des „Großen Kanals“ – 1782 Kilometer lang, von Peking bis Hangtschou – den Bau des längsten künstlichen Wasserweges der Erde. Auf diesem „Kanal der Abgaben“ sollten Getreide, Tee und Obst schneller in den Palast der Herrscher fließen als auf dem Landweg.

Auch die Herrschenden Ägyptens wollten auf den Kanälen nicht reisen wie die Waräger. Der Nil gab ihnen alles, was sie zu einem Leben in Wohlstand brauchten. Sie befahlen ihren Sklavenheeren, die Schaufeln zu ergreifen, um den Nil zu zwingen, größere Fruchtbarkeit zu geben und sich gesitteter aufzuführen. Sechzehn Jahrhunderte vor unserer Zeitrechnung erbauten die Ägypter 120 Kilometer südlich von Kairo die Mevis-Talsperre, die über drei Milliarden Kubikmeter Nilwasser staute. Die Fallen, die sie dem Nil sonst noch stellten, waren gewöhnliche Wassergräben. Ihre Länge entsprach aneinandergereiht der des Erdäquators. Mit Hilfe von einfachen Ziehbrunnen und Schöpfrädern



zwangen sie das eingefangene Wasser auf Höhen, auf die es freiwillig nie hinaufgestiegen wäre. Das war vor 2000, 3000 Jahren.

Die Sumerer hatten schon vor 6000 Jahren einen Bewässerungskanal erbaut, der Euphrat und Tigris miteinander verband. Die Erfahrungen der Sumerer eigneten sich später die Babylonier, Assyrer und Perser an. Die Indianer im Gebiet des Amazonas und die Sklaven der russischen Urartukönige, deren Nachkommen heute als freie Menschen in der Sowjetrepublik Armenien leben, bauten gleichfalls solche Bewässerungskanäle.

Die ägyptischen Pharaonen preßten ihre Sklavenheere auch zum Bau eines Verbindungskanals zwischen Mittelmeer und Rotem Meer, einem Vorläufer des Sues-Kanals! 120 000 Menschen gingen bei dieser Arbeit zugrunde. Doch ihr Werk brachte dem Lande keinen Nutzen. Weil die Ratgeber der Pharaonen fürchteten, der Kanal könne dem Nil zuviel Wasser entziehen und den Feinden einen Weg ins Innere des Landes öffnen, wurde er wieder zugeschüttet.

Im Lande der Pharaonen begegnet uns also die ganze Familie der Kanäle. Neben den Bewässerungs- und Entwässerungskanälen, welche die Wasserversorgung der Felder regeln, finden wir auch die ersten für die Schifffahrt geeigneten Kanäle. Jeder von ihnen ist den Menschen nützlich und übernimmt, wenn es von ihm verlangt wird, die Aufgaben seiner Brüder mit. Die Entwässerungs-

kanäle können zugleich der Schifffahrt dienen, anderswo bewässert ein Schifffahrtskanal gleichzeitig die Trockengebiete.

### **Ein Wunschtraum wird Wirklichkeit**

Als zu Beginn des 13. Jahrhunderts vom Osten her die Horden des Dschingis-Khan in Rußland einfielen, zerstoben die Wunschträume von einer durchgehenden Wasserverbindung vom Finnischen Meerbusen zum Schwarzen Meer im Feuer und Rauch des Krieges. Die Heere des Mongolenherrschers wüteten schlimmer als der Trockenwind oder die ungezähmten Flüsse. Zweieinhalb Jahrhunderte beherrschten seine Nachkommen das Land. Dann besetzten im Süden türkische Lanzenreiter die Schwarzmeerküste. Im Norden blockierten schwedische Kriegsschiffe den Zugang Rußlands zur Ostsee. Die beiden Haupttore der alten Warägerstraße schienen für immer zugestoßen. Nur im hohen Norden, an der Dwinamündung bei Archangelsk, war ein kleines Pförtchen, das zu den Weltmeeren führte, offengeblieben. Weil es aber dicht am Rande der „ewigen Gefrornis“ lag, wurde es vom Eise oft zugeschlagen. Damit war den russischen Seeleuten auch der letzte Seeweg längs der Murmanküste nach Norwegen versperrt. Das einst mächtige Rußland siechte ohne Seehandel dahin.

Zar Peter I., der 1682 die Regierung des Landes übernahm, fiel die Aufgabe zu, das wirtschaftlich gelähmte Land zu neuem Leben zu erwecken. Die meisten seiner Vorgänger und Nachfolger wären vor einer solchen großen und schweren Aufgabe zurückgeschreckt. Doch „Peter der Große“ – so nannten ihn seine Zeitgenossen – ging mutig ans Werk. Er war nicht allein ein weitblickender Staatsmann und tapferer Feldherr, sondern auch ein begabter Baumeister und geschickter Arbeiter. In Amsterdam war er bei einem Schiffszimmermann in die Lehre gegangen, und noch als Zar arbeitete er wie ein Handwerker an seiner Drehbank. Mit der von ihm aufgestellten Armee und Flotte vertrieb Zar Peter die feindlichen Eindringlinge aus dem Land und sprengte die Tore der alten Warägerstraße wieder auf. Damit rückte die Verwirklichung des Kanalprojektes, der die Ostsee mit dem Schwarzen und dem Kaspischen Meer verbinden sollte, in greifbare Nähe.

Peter I., der in dem verwüsteten Land neue Städte, Dörfer, Werkhallen, Eisengießereien und Werften errichten ließ, blickte mißbilligend auf die langen Wagenzüge der Fuhrleute. Recht und schlecht karrten sie das Baumaterial, die Lebensmittel und Handelswaren von einem Ort zum anderen. Es war ein beschwerlicher und teurer Weg; denn die Straßen des Landes waren nicht die besten.

Im Arbeitszimmer des Zaren hing eine große Landkarte von Rußland an der Wand. Auf seinem

Schreibtisch lag das „Buch der großen Pläne“, in dem alle Handelsstraßen des Landes verzeichnet waren. Eine Wasserstraße, die den Warentransport erleichterte und dem Handel einen neuen Aufschwung gab, fehlte in der Aufzählung. Nachdenklich ließ Zar Peter seinen Stift über die Karte gleiten und zeichnete zwei fast waagerechte Linien ein. Die eine verband die Twerza, einen kleinen Nebenfluß der Wolga, mit der in den Ilmensee mündenden Msta. Die zweite Linie zog sich am Südufer des stürmischen Ladogasees entlang, bis hin zum neuerbauten Petersburg im Newadelta. Damit gab Peter I. den Auftakt zum größten Wasserbau des zaristischen Rußlands.

Jahre später hatten sich die beiden Striche auf der Karte draußen im Land in zwei lange Kanäle verwandelt. Endlich besaß Rußland eine direkte Wasserstraße von der Wolga zum Finnischen Meerbusen, vom Kaspischen Meer zur Ostsee.

Von nun an brauchten die Flußschiffer ihre Boote nicht mehr übers Land zu schleppen wie einst die Waräger. Ein Wunschtraum war Wirklichkeit geworden!

Der russische Binnen- und Außenhandel nahm einen raschen Aufschwung. Von den Masten der im Petersburger Hafen ankernden Schiffe wehten die Fahnen aller seefahrenden Nationen.

Warum sollte das, was im alten Ägypten möglich gewesen und in Rußland verwirklicht worden war, nicht auch woanders durchführbar sein? In den

Kreisen der Indien- und Ostasienfahrer sprach man immer häufiger von einem Kanalbau, der den Seeweg nach Indien verkürzen sollte.

### **„Das Tor der Tränen“**

Der von dem Portugiesen Bartolomeo Diaz um die Südspitze Afrikas gebahnte Seeweg nach Indien bildete vier Jahrhunderte die einzige Verbindung zwischen Europa und Asien. England und Frankreich, die sich in diesem Teil der Welt ein großes Kolonialreich zusammengeraubt hatten, kostete diese umständliche, gefahrvolle und kostspielige Route manches Opfer an Menschenleben und Material. Der suchende Blick der Politiker, Wirtschaftler und Seeleute ruhte auf dem Roten Meer, das sich wie ein langer Schlauch zwischen Afrika und Arabien von Norden nach Süden erstreckte. Nur eine schmale seenreiche Landenge trennte das Nordufer des Roten Meeres vom Mittelmeer. Solange diese Landenge bestand, war das Mittelmeer für die Seefahrer eine Sackgasse.

Irgendwer erinnerte sich der Vorhaben der ägyptischen Pharaonen, die dereinst in die Landenge einen Kanal stechen ließen. Die Idee, am Nordende des Roten Meeres einen Kanal zu bauen, reifte zum Plan. Englische, französische und österreichische Finanz- und Handelsleute gründeten im Jahre 1846 die erste Sues-Kanal-Gesellschaft. Doch

keiner der vorgelegten Baupläne fand die Billigung der Aktionäre. Die Sues-Kanal-Gesellschaft kümmerte dahin, bis sich 1854 der französische Diplomat Ferdinand de Lesseps an ihre Spitze stellte. Der Franzose befürwortete die Baupläne des Österreichers Negrelli, erwarb beim ägyptischen Vizekönig die Genehmigung zur Bauausführung auf ägyptischem Boden und gründete zur Finanzierung des Bauvorhabens eine neue große Aktiengesellschaft.

Am Bittersee schlugen die von Lesseps angeworbenen ägyptischen Arbeiter im März 1859 ihre Zelte auf. Am 2. April taten sie den ersten Spatenstich. Die Arbeit sah leicht aus; denn der Kanal brauchte keine Höhenunterschiede zu überwinden. Er erforderte weder Schleusen noch Schiffshebewerke. Trotzdem kam man nur langsam voran. Die mörderische Hitze machte die Arbeit zur Qual. Es gab noch keine modernen Baumaschinen. Gewaltige Sand- und Erdmassen mußten mit Muskelkraft bewegt werden. Erst nach zehnjähriger Bauzeit wurde der 160 Kilometer lange, 60 Meter breite und 12 Meter tiefe Kanal unter festlichem Gepränge eröffnet.

Nach den Arbeitern und den vielen Opfern an Toten und Kranken, die der Bau des Kanals gekostet hatte, fragte niemand mehr.

Künftig galt es, die 380 Millionen Franc, die der Bau verschlungen hatte, so schnell wie möglich wieder herauszuholen.



Das „Sues-Geschäft“ lohnte sich. Passierten im Eröffnungsjahre des Kanals 486 Schiffe die neue Wasserstraße, so hatte sich 40 Jahre später deren Zahl verzehnfacht. An den Pforten des Kanals saßen die englisch-französischen Zöllner und kassierten die Kanalgebühren. Der Kurs der Sues-Aktien stieg in schwindelhafte Höhen. Die Engländer, mit dieser Entwicklung sehr zufrieden, wollten den Gewinn allein einheimen. Sie richteten sich längs der Kanalzone häuslich ein und verdrängten die Österreicher und Franzosen als unliebsame Kompagnons mehr und mehr aus dem Geschäft. Ohne die Ägypter zu fragen, ließ die englische Admiralität in der Kanalzone Kohlebunker erbauen, denen sich bald schon ein langer Gürtel gutbefestigter Militärstützpunkte hinzugesellte. Bab el-Mandeb, das „Tor der Tränen“, wie die Eingangspforte des Sueskanals in der Landessprache heißt, wurde zu einer englischen „Zwingburg des Orients“. Der gesamte Welthandel mit Indien, China, Japan, Südafrika ging durch diese Wasserstraße; alle Schiffe, die Handelswaren von Leningrad nach Wladiwostok schaffen wollten, passierten bis zu dem Tag, da der Nördliche Seeweg erschlossen war, den Sueskanal. Von hier aus beherrschte das militärisch starke England die orientalischen Staaten, setzte ihm willfährige Könige ein und beherrschte die Wirtschaft der Länder ringsum. Doch es kam das Jahr 1952. Das ägyptische Volk stürzte den englandfreundlichen König Faruk



und rief die Republik aus. An ihre Spitze stellte sich Gamal Abdel Nasser, der 1956 den Sueskanal für verstaatlicht erklärte und die Engländer zur Räumung der Kanalzone aufforderte. Durch eine bewaffnete Intervention versuchten die imperialistischen Kräfte Großbritanniens und Frankreichs, ihre erschütterten Positionen zu retten. Das ägyptische Volk blieb Sieger. Die Enkel der Bauleute des Sueskanals nahmen den wichtigen Wasserweg in die eigenen Hände. Die vereinnahmten Kanalgebühren kommen künftig dem Wohlstand des ganzen Volkes zugute.

### **Der Skandal von Panama**

Nach der Eröffnung des Sueskanals richteten sich die Blicke der großen Weltmächte, besonders Frankreichs, nach dem Westen über den Atlantik; dorthin, wo der nordamerikanische Kontinent durch eine schmale Landbrücke mit Südamerika verbunden ist. In der Natur betrachtet, erweist es sich, daß sie mit einem Dutzend feuerspeiender Berge besetzt ist und die Größe Deutschlands hat. An ihrer schmalsten Stelle 40 Kilometer breit, trennt sie den Atlantischen vom Stillen Ozean. Es ist dieselbe Stelle, an der der spanische Welteroberer Nunez de Balboa im Jahre 1513 gestiefelt und gespornt in den von ihm entdeckten Stillen Ozean watete. Hier also beabsichtigten die Franzosen, einen noch

kühneren Kanalbau als den von Sues zu vollbringen, eine Wasserstraße zu bauen, die den langwierigen und gefährlichen Weg um Südamerikas südliche Spitze, Kap Hoorn, ersparte.

Mit der Regierung des wirtschaftlich rückständigen Kolumbiens, auf dessen Territorium der geplante Kanal verlaufen sollte, wurden die französischen Politiker schnell handelseinig. Kurz nach der 1879 erfolgten Gründung einer französischen Panama-Aktien-Gesellschaft trat Ferdinand de Lesseps erneut in Aktion. Wieder rollte das Geld. Wieder schulterten die Erdarbeiterarmeen Schaufeln und Spaten. Doch Panama war nicht die Sandwüste von Sues. Berge mußten gesprengt, Sümpfe trockengelegt werden. Es galt, die Ufer des künftigen Kanals zu befestigen und Schleusen zu bauen, um einen Höhenunterschied von 26 Metern zu überwinden.

Doch weder die eingesetzten Maschinen noch die Bau- und Finanzpläne hielten, was Lesseps sich von ihnen versprochen hatte. Erdbeben verschütteten über Nacht die ausgehobenen Gräben. Die Maschinen weigerten den Dienst. In den Arbeiterlagern grassierte das Gelbe Fieber. Es fehlte an Ärzten und Medikamenten. Innerhalb kurzer Zeit starben 40 000 Arbeiter.

Dunkle Gerüchte vom unvermeidlichen Zusammenbruch des Unternehmens drangen über den Atlantik nach Frankreich. Bald darauf machte die Gesellschaft bankrott. Tausende kleiner französischer

Sparer verloren ihre den Banken anvertrauten Gelder. Lesseps wurde verhaftet, und mit ihm wurden über 500 französische Parlamentarier und Politiker des Betrugs und der Bestechung angeklagt. Der Skandal von Panama versetzte die Welt in Aufregung.

Die nordamerikanischen Millionäre frohlockten. Ihnen war das französische Kanalprojekt vor der Haustür der Vereinigten Staaten von Anfang an ein Dorn im Auge gewesen. Nun versuchten sie selber, mit Kolumbien zu verhandeln. Doch Kolumbien, das sich einst von Spanien losgerissen und eine unabhängige Republik gebildet hatte, dachte nicht daran, sich den amerikanischen Bedingungen zu fügen und seine Freiheit leichtfertig aufs Spiel zu setzen.

Da griffen die eroberungssüchtigen Monopolherren zu einem anderen Mittel. Bezahlte Agenten putschten die Bewohner der Kanalzone zum Bürgerkrieg auf; die Landenge von Panama wurde gewaltsam von ihrem Mutterland abgetrennt und zur „selbständigen“ Republik erklärt. Die strategisch wichtige Kanalzone (acht Kilometer auf jeder Uferseite) wurde jedoch amerikanisches Hoheitsgebiet. Nunmehr konnte der Kanalbau – mit amerikanischen Dollars und unter der Leitung eines amerikanischen Ingenieurs – wiederaufgenommen werden. Das alles geschah in den Jahren 1903 bis 1906.

Als am 3. August 1914 das erste Schiff den 81 Kilometer langen und 91 Meter breiten Panamakanal

mit seinen sechs Schleusen passierte, erbebt Europa im Geschützdonner des ersten Weltkrieges, war zwischen den europäischen Großmächten der Kampf um neue Rohstoffquellen und Absatzmärkte entbrannt. Die amerikanischen Millionäre frohlockten zum zweiten Male. Sie hatten nicht nur eine Schifffahrtsstraße, die den Seeweg von New York nach San Franzisko von 24 500 Kilometer auf 9900 Kilometer verkürzte, gebaut, sondern zugleich eine der stärksten Seefestungen der Welt errichtet. Ob Krieg oder Frieden, das Tor zum Pazifik befand sich in ihrer Hand.

Solche Kanäle wie die von Sues und Panama bringen den Völkern, solange sie sich in den Händen kapitalistischer Gesellschaften befinden, keinen Gewinn. Die jungen Techniker von morgen, die lernen wollen, wie man Kanäle, Schleusen und Schiffshebewerke baut, müssen sich bessere Vorbilder suchen.

## KANÄLE VON HEUTE

### **Poesie der großen Bauten**

Im Sommer 1952 ging eine Meldung des sowjetischen Nachrichtenbüros TASS um die Welt: „Am 27. Juli wurde der 101 Kilometer lange ‚W. I. Lenin-

Wolga-Don-Schiffahrtskanal' mit 13 Schleusen, 3 Pumpstationen, 13 Staudämmen und Wehren, 9 Schutz- und Überfallwehren, 8 Brücken und zahlreichen Fähren, Anlegestellen und Kais dem Verkehr übergeben. Gleichzeitig wurden die Wasserbauanlagen von Zimljanskaja und der zentrale Don-Bewässerungskanal in Betrieb genommen.“

Die Zeitungsleute in den Ländern des Westens machten saure Gesichter. Das war nicht die erste Nachricht, die von den großen Wasserbauten im ersten sozialistischen Land der Erde auf ihre Schreibtische flatterte. 1931/33 hatte die von Krieg und Bürgerkrieg heimgesuchte Sowjetunion, im Rahmen des ersten Fünfjahresplanes, den 227 Kilometer langen Weißmeer-Ostsee-Kanal projektiert, erbaut und in Betrieb genommen. Der zweite Fünfjahrplan sah das Sowjetvolk beim Bau des 128 Kilometer langen Moskwa-Wolga-Kanals. Er verband Moskau, die Hauptstadt der Sowjetunion, mit der Wolga, wobei doppelt soviel Erdmassen wie beim Bau des Sueskanals bewegt worden waren. Doch diese gewaltigen Leistungen wurden in den kapitalistischen Ländern als Propaganda abgetan oder totgeschwiegen. Heute haben Millionen Menschen in der imperialistischen Welt die verlogene Taktik längst durchschaut. Die Nachricht von der Einweihung des Wolga-Don-Kanals gestattete ihnen einen kurzen Blick in die Welt des Sozialismus.

Die breite Wolga und der stille Don, die zu den

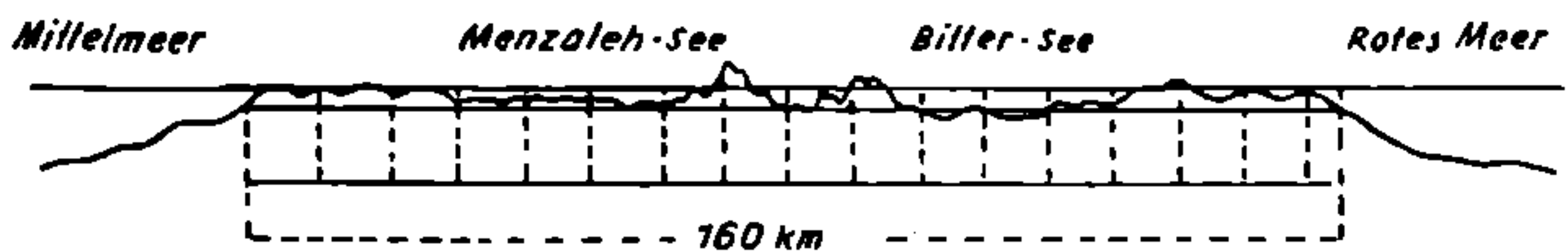
größten Strömen Europas zählen, rekelten sich träge in ihren Betten; zwei alte Riesen, ohne rechte Lust zu nützlicher Arbeit. Bei Astrachan ergießt sich die Wolga ins Kaspische Meer. Kurz vorher, in der Gegend von Wolgograd, nähert sich ihr der Don bis auf 100 Kilometer, um sich danach dem Asowschen Meer zuzuwenden, das mit dem Schwarzen Meer in Verbindung steht. Der Don könnte ein Nebenfluß der Wolga sein, drängte sich nicht eine kuppige Wasserscheide zwischen beide Ströme. Der Wunsch nach einem Wolga-Don-Kanal ist im russischen Volk ebenso alt wie die Wunschträume der Waräger, aber erst im sozialistischen Land wurde er verwirklicht. Seither zählt Moskau, das inmitten des unermesslich weiten Territoriums der Sowjetunion liegt, zu den größten Hafenstädten der Welt. Der Weißmeer-Ostsee-Kanal und der Wolga-Don-Kanal verbinden die Fünf-Millionen-Stadt im Norden mit der Ostsee und dem Weißen Meer, im Süden mit dem Schwarzen, dem Asowschen und dem Kaspischen Meer. Ohne einmal umzusteigen, könnte man mit dem Schiff von unserem Überseehafen Rostock bis in das größte Pionierlager Artek auf der Krim oder nach Astrachan, der größten Hafenstadt im Wolgadelta, fahren. Auf dem neugeschaffenen Wasserweg begegnen die Kohlschiffe vom Donez und die Erdöltanker aus Baku den Getreidedampfern aus dem Dongebiet, den Holztransporten aus den nördlichen Sowjetrepubliken und den mehrstöckigen Fahr-

gastschiffen aus Moskau, auf denen die Werktätigen an die Schwarzmeerküste in den Urlaub fahren. Der Warentransport ist billiger geworden; denn ein Schleppdampfer zieht zehnmal soviel Lasten wie eine Lokomotive. Außerdem dient der Wolga-Don-Kanal, dienen die meisten sowjetischen Kanalbauten nicht allein der Schifffahrt. Er ist Teil eines umfassenden Bewässerungssystems, das ein Gebiet von der doppelten Größe Thüringens in Ackerland umgestaltet. Die sinnvoll gelenkten Wasser der Wolga und des Don geben den Sowjetmenschen mehr Brot und Fleisch, mehr Wolle, Reis und Obst.

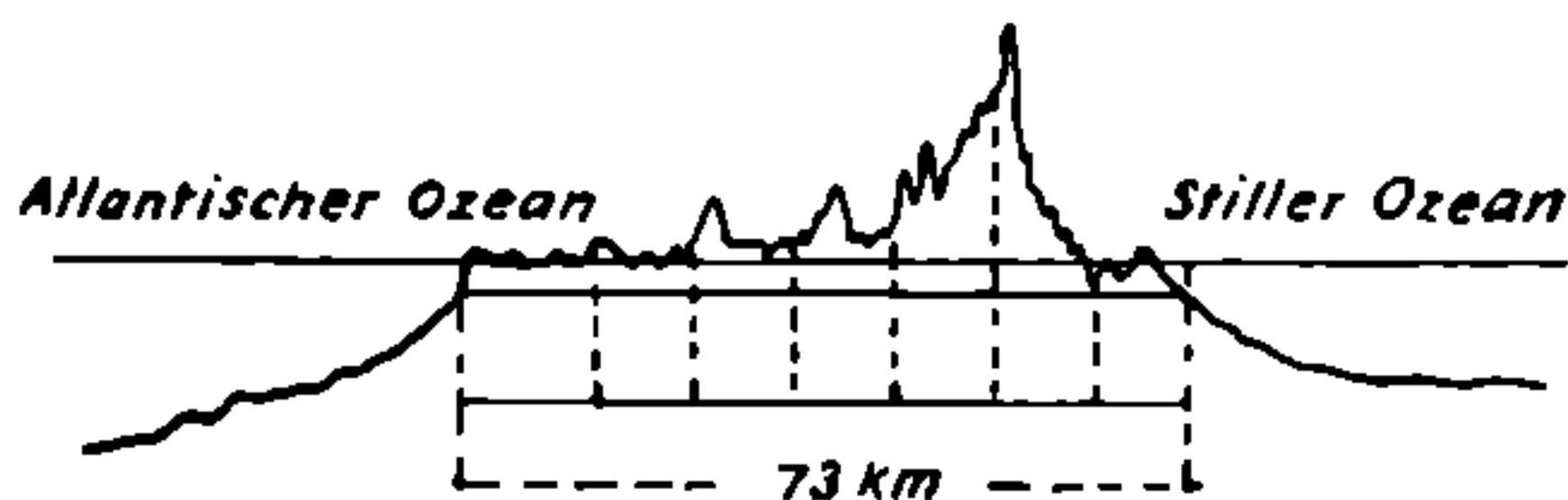
Am Fuße der Staudämme stehen gigantische Wasserkraftwerke, die billigen Strom erzeugen. Strom bedeutet Licht und Kraft, Rundfunk, Fernsehen und Kino. Der Strom hilft den Kolchosbauern die Ernten einbringen und das Korn dreschen, er hilft, die Kühe elektrisch melken und die Schafe elektrisch scheren. Die so gewonnenen Rohstoffe werden in neuen Lebensmittel-, Textil- und Lederwarenkombinaten verarbeitet. Vor allem aber liefern die neuen Kraftwerke die Energie für die vollautomatisch arbeitenden Pumpstationen und Schiffshebewerke des Kanals. Nach Kilowattstunden berechnet, beträgt die zur Verfügung stehende Energiemenge rund 11 Milliarden Kilowattstunden. Gleich einem überdimensionalen Antriebsmotor setzt und hält die Wolga-Energie ein großes und kompliziertes Räderwerk in Bewegung.

## Das Schiff auf der Treppe

Warum war doch der Kanalbau von Sues einfacher als der von Panama? In Ägypten brauchten die Arbeiter nur einen langen Graben auszuheben, in Panama aber mußten sie 26 Meter Höhenunterschied überwinden. So günstige Bedingungen wie



*Längensprofil des Suezkanals*



*Längensprofil des Panamakanals*

in Sues finden die Wasserbauingenieure selten. Auch der Mittellandkanal, mit 325 Kilometer Länge der größte deutsche Binnenschiffahrtskanal, der den Rhein mit der Elbe und durch Anschlußkanäle mit Berlin und der Oder verbindet, gleicht einem „Hindernisläufer“. Auf seinem Wege quer durch Deutschland muß er vier große Hürden überspringen: die Wasserscheiden zwischen Rhein und Ems, Ems und Weser, Weser und Elbe, Elbe und Oder. Der Höhenunterschied, den der Wolga-Don-Kanal überwinden muß, beträgt 88 Meter. Die Wolga



denkt nicht daran, aus freien Stücken zum Kletterkünstler zu werden. Menschliche Erfindungsgabe und die moderne Technik müssen ihr dabei behilflich sein. Der Mensch baute dem Wasser Treppen. Von der Wolgaseite her „klettert“ das Wasser über neun Stufen bis zum Scheitelpunkt der Wasserscheide hinauf. Danach steigt es über vier langgezogene Stufen zum Don hinab. Das sind die dreizehn Schleusen, die schon der Bericht über die Eröffnung des Kanals erwähnte. Auf dieser „Wolga-treppe“ können sich die Schiffe auf- und abwärts bewegen.

Von nahem betrachtet, ähneln die Schleusenkammern mit ihren hohen Betonwänden einem riesigen Fahrstuhlschacht. Tatsächlich sind die Schleusen und Schiffshebwerke einem Fahrstuhl ähnlich. So wie man einen Lastkarren in den Förderkorb des Aufzugs schiebt, fährt das Schiff in die Schleuse ein. Hinter ihm schließt sich die „Fahrstuhltür“, das große stählerne Schleusentor. Der Aufstieg kann beginnen. Von unten flutet Wasser in die Schleusenkammer und hebt das Schiff zehn Meter in die Höhe. Die erste Stufe ist erstiegen. In Fahrtrichtung des Schiffes öffnet sich die innere Schleusentür, damit das Schiff seine Fahrt zur zweiten Schleuse fortsetzen kann. So geht es weiter, Stufe um Stufe, bis das Schiff das „Dachgeschoß“ des Kanals, eben seinen Scheitel, erreicht hat. Dann beginnt der Abstieg. Das Schiff fährt in die gefüllte Schleusenkammer, die Türen schließen sich, das

Wasser wird abgelassen. Mit dem fallenden Wasserspiegel senkt sich auch das Schiff. Durch die letzte Schleuse fährt es in den Don ein.

Eine großartige Sache, die dennoch einen Haken hat. Zur Schleusung werden enorme Wassermengen benötigt. Woher das viele Wasser nehmen? Na, aus dem Strom. Doch so einfach geht es nicht. Die Ströme sind launische Gesellen, die sich ihre alten Eigenarten nicht so schnell abgewöhnen. Zur Zeit der Schneeschmelze im Frühjahr und während der herbstlichen Regenzeit wirtschaften sie mit ihrem Wasser verschwenderisch, während sie im Sommer damit geizen. Von der Natur aus versteht es die Wolga ebensowenig wie der Po oder die kleine Bode im Harz, ihre Wasser einzuteilen. Erst der Mensch, der die Flüsse zähmte, hat sie zur Sparsamkeit erzogen.

### **Ein Meer entsteht**

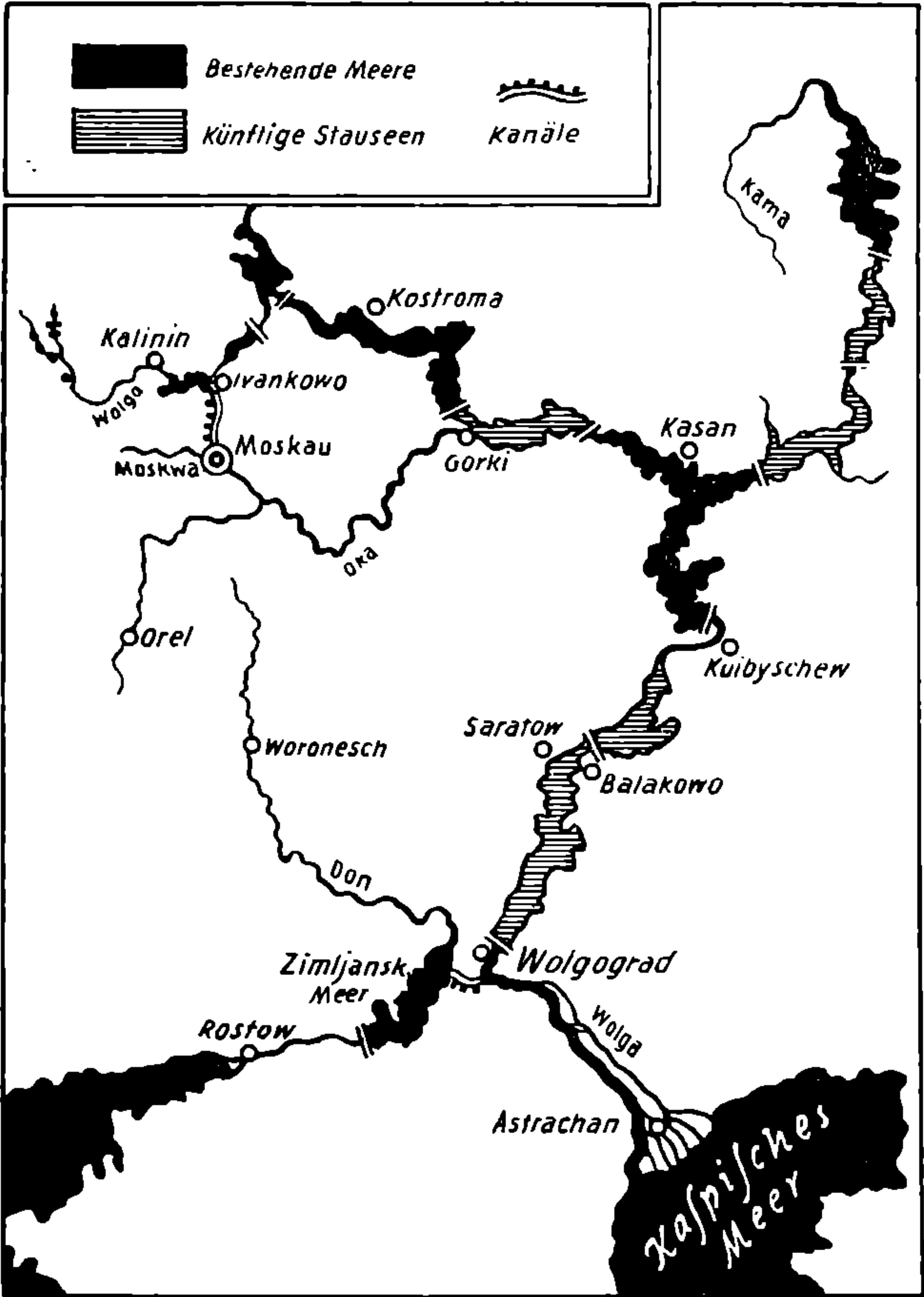
Die Ströme sind mächtig. Der Mensch ist klein, aber vernunftbegabt. Die Vernunft läßt den Menschen zum Riesen werden, der dem Wasser Befehle erteilt. Der Riese Mensch zwingt die Flüsse zur Sparsamkeit, damit aus dem Mal-zuviel und Mal-zuwenig ein Immer-ausreichend wird. Wir sahen den Menschen Staudämme bauen und Stauseen schaffen, die wir bei der Trinkwasserversorgung der Städte unter dem Namen „Talsperren“ ken-

nenlernten. Solche Staudämme und Stauseen schufen die sowjetischen Arbeiter und Ingenieure auch an Wolga und Don. Das Zimljansker Meer, in das unser Schiff nach Verlassen der letzten Kanalschleuse einfährt, ist ein Beispiel dafür.

Das Zimljansker Meer ist dreimal so groß wie der Bodensee und faßt die hundertfache Wassermenge der Bleiloch-Talsperre, dem größten deutschen Wasserspeicher im Flußgebiet der Saale. Vor wenigen Jahren noch bestellten hier die Kolchosbauern ihre Felder. Eines Tages kamen Landvermesser und Ingenieure, untersuchten den Boden, stellten Meßplatten auf und sagten: „Das Gelände ist für unsere Pläne gut geeignet, hier schaffen wir ein ‚Meer‘!“ Wenige Monate später begann der Bau an dem 13 Kilometer langen Staudamm. Arbeiter verluden mit komplizierten Maschinen die Häuser der Dörfer und Städte auf Lastautos und Eisenbahnen und fuhren sie zu ihren neuen Standorten.

Heute blaut zwischen Rostow und Zimljanskaja ein junges Meer. Ein Meer von 350 Kilometer Länge und bis zu 38 Kilometer Breite, das der Mensch geschaffen hat. Wo gestern noch Steppe und Ackerland waren, fahren heute Schiffe.

So wie bei Zimljanskaja ist es bei Kuibyschew und Wolgograd. Der Staudamm von Kuibyschew ist zwar „nur“ sechs Kilometer lang, aber der von ihm gestaute See erreicht eine Länge von fast 500 Kilometern. Die Wolgograder Anlage, die Ende 1960



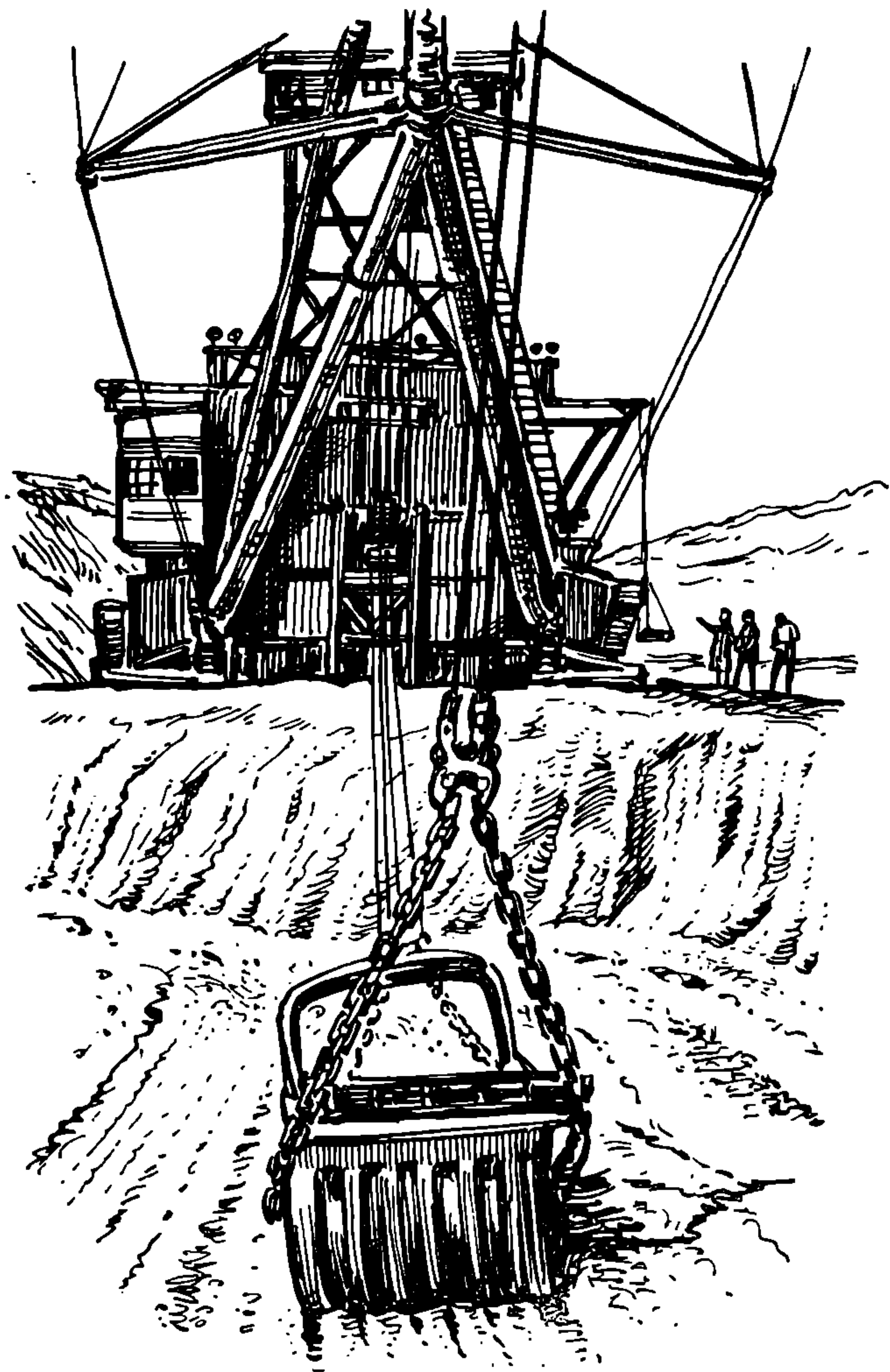
Die großen wassertechnischen Bauten an der Wolga

fertiggestellt wurde, ist nicht kleiner. Ihr Stausee erreicht die anderthalbfache Größe Luxemburgs. Diese Stauseen sind es, die den Kanalschleusen den Betriebsstoff liefern, nämlich das Wasser, und hier wird der Strom erzeugt, der die Pumpstationen der Kanalschleusen bedient. Die Wolga erzeugt also mit Hilfe der von Menschen geschaffenen Maschinen selbst die Energie, die sie zum Treppensteigen aufbringen muß.

Der Bau des Sueskanals dauerte 10 Jahre. Insgesamt 21 Jahre arbeiteten Hunderttausende Erdarbeiter am Panamakanal. Zum Bau des deutschen Mittellandkanals wurden 35 Jahre gebraucht. Der Wolga-Don-Kanal, einschließlich seiner umfangreichen Nebenanlagen, wurde in der Rekordzeit von drei Jahren erbaut.

### **Geschwindigkeit ist keine Hexerei**

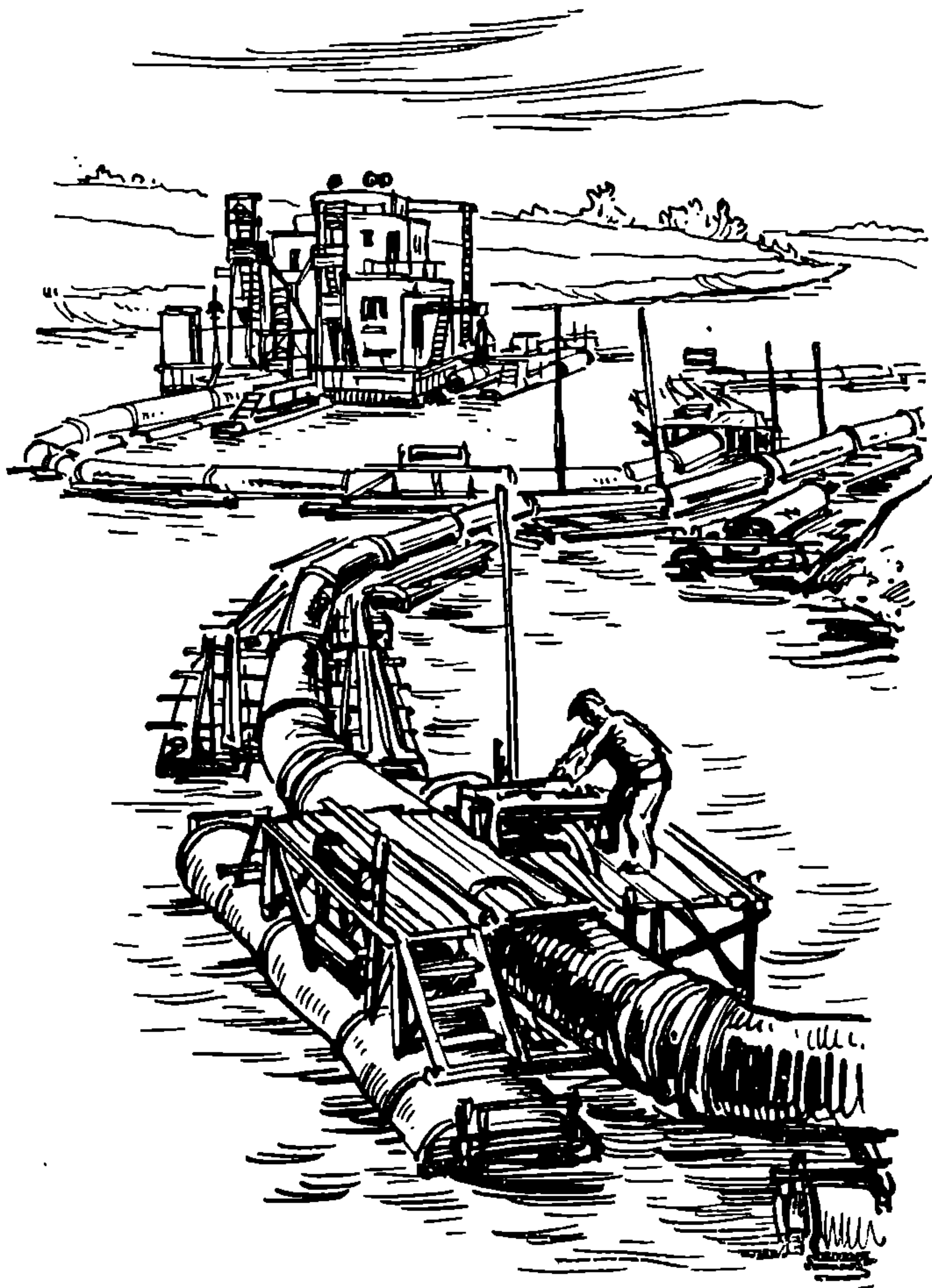
Wenn man den Wolga-Don-Kanal nur mit Muskelkraft hätte ausheben und bauen wollen, so hätte eine Armee von 10 000 Erdarbeitern rund 400 Jahre daran schaffen müssen. Der Eröffnungstag des Kanals wäre nicht der 27. Juli 1952, sondern irgendein Tag des Jahres 2349 gewesen. Ohne Zweifel wird der Mensch des fernen 24. Jahrhunderts die Flüsse, sofern das überhaupt noch erforderlich sein sollte, mit anderen Mitteln als wir bezähmen. Hacke und Spaten zählen auf den Großbaustellen des



Sozialismus und Kommunismus schon heute zu den „Museumsstücken.“ Zum Bau des Wolga-Don-Kanals wurden sie kaum gebraucht. Sein Kanalbett gruben „stählerne Riesen“.

In der Höhe eines fünfstöckigen Hauses stehen die „stählernen Riesen“ am Grabenrand. Wie vorsintflutliche Ungeheuer aussehend, beißen sie brummend in die Erde und füllen mit einem einzigen Happen einen Eisenbahnwaggon. Sie haben zwei mächtige „Füße“ und mechanische „Kniegelenke“. Das sind hydraulische Kolben, mit denen sie sich fortbewegen können. Ein solcher Koloß wiegt mehr als 1000 Tonnen. Zu seinem Transport von Baustelle zu Baustelle wird ein langer Eisenbahnzug benötigt. Die Personenzüge für jene Anzahl von Arbeitern, die der Riese ersetzt, müßten aber noch viel länger sein. An einem einzigen „Achtstundentag“ schafft er das Tagewerk von 7000 Erdarbeitern. Zu seiner Bedienung sind aber nur ein Dutzend Mechaniker und ein Ingenieur erforderlich. Dieser Riese heißt Schreitbagger.

Durch einen anderen Bauabschnitt windet sich eine gewaltige Riesenschlange. Das ist ein merkwürdiges Kriechtier. Wenn sie einen Eisenbahnwaggon entladen soll, spuckt sie ihn an, und eins, zwei, drei kann der nunmehr leere Waggon weiterrollen. Mit ihrem peitschenden Wasserstrahl schwemmt sie in einer Stunde 1000 Kubikmeter Erdboden auf und spült ihn dorthin, wo der Mensch ihn haben will.



Riesige Schlammumpfen wurden beim Bau des Wolga-Don-Kanals eingesetzt



Mühe los könnte sie in wenigen Stunden dem Rhein durch einen hohen Damm den Lauf verlegen. Dieses Ungeheuer ist ein elektrischer Saugbagger. Das sind nur zwei Exemplare jener zahlreichen Maschinenfamilie, die mit ihren eisernen Fäusten die schwieligen Hände der Erdarbeiter abgelöst haben. Diese großartigen Maschinen schuf der Mensch: den Kran als seinen verstärkten Arm, den Schreitbagger als seine kräftige Faust, den Saugbagger als seine große Lunge. Mit ihrer Hilfe gelingt es ihm, in kürzester Frist gewaltige Bauleistungen zu vollbringen. Galt Geschwindigkeit gestern noch als Hexerei, so ist sie heute eine Realität der großen Bauten, die das Bild unseres Planeten und sein Abbild auf den Globen und Karten umgestalten.

### **Wir brauchen einen neuen Atlas**

Unübersehbar sind die Weiten des sonnigen Turkmeniens. Vom Kaspischen Meer erstreckt es sich über 1000 Kilometer nach dem Osten, bis zum Amu-Darja, dem größten Fluß Mittelasiens, bis hin zu den Grenzen Afghanistans. Turkmenien ist größer als fast alle Länder Europas mit Ausnahme von Frankreich und Spanien. Über die Hälfte seiner Fläche ist Wüste: die Kara-Kum (Schwarzer Sand), Teil des Trockengürtels der Erde, der sich wie eine böartige Flechte von Nordafrika bis nach Inner-

asien über die Erdrinde ausbreitet. Innerhalb des Trockengürtels liegen riesige Gebiete, die in der Sahara fast die Größe Europas erreichen, unbebaut, sie sind wasserlos und unfruchtbar.

Ein bis zwei Flugstunden von Kuibyschew und Wolgograd entfernt lebten bis vor kurzer Zeit Menschen in Nomadensiedlungen mit so eigenartigen Namen wie „Sonnentod“, „Verderb des Menschen“ oder „Die Ziegen kamen um“. Namen, die davon berichten, wie unerträglich schwer das Leben für die Bewohner in den tropischen Wüsten ist. Sie erzählen von den heißen, regenlosen Sommern, in denen die Flüsse austrocknen, die Seen verdunsten und nur das Salz als weißschimmernde Fläche zurückbleibt. In solchen Zeiten vermag das verdorrte Gras nicht einmal die anspruchslosen Ziegen zu ernähren. Die Bewohner der Kara-Kum flohen in die Berge, dorthin, wo sich das Wasser versteckt hält. Sie erlebten immer wieder aufs neue, was wir längst vergessen haben, nämlich: daß es ohne Wasser kein Leben gibt. Ein altes turkmenisches Sprichwort sagt: „Wasser ist wertvoller als ein Diamant!“

Generationen von Turkmenen träumten davon, dem heißen schwarzen Sand ihrer sonnenreichen Heimat, die ehemals eine fruchtbare Kornkammer war, neues Leben einzuhauchen. Im 18. Jahrhundert reiste ein kluger Turkmene nach Petersburg und legte dem Zaren einen kühnen Plan zur Umleitung des Amu-Darja vor. Wer aber interessierte

sich damals bei Hofe für das Leben der Turkmenen? Der Trockenwind lachte über eine solche Kurzsichtigkeit. Vom Südosten, aus den arabischen Wüsten kommend, setzte er seinen Fuß über Rußlands Schwelle und gebärdete sich als Herr im Hause. Die Dürrejahre im Wolga-Don-Gebiet folgten immer häufiger aufeinander.

Das Kaspische Meer, der größte Binnensee der Welt, mühte sich verzweifelt, den dreisten Eindringling aufzuhalten, unschädlich zu machen, zurückzuschlagen. Durch die übermäßige Verdunstung sank sein Wasserspiegel immer tiefer. Wie im Märchen entstieg den Fluten in der Bucht von Baku die vor mehr als zweihundert Jahren versunkene Festung Salchin. Besorgt stellten die Wissenschaftler die Frage: „Trocknet das Kaspische Meer aus?“

Seit 1917 sieht sich der Trockenwind einem neuen Herrn gegenüber, dem Volk, das vom Land Besitz ergriffen hat. Es hat die Schulen der besten Lehrmeister besucht. Einer von ihnen lehrte das Volk: „Wir dürfen von der Natur keine Liebesgaben erwarten. Wir müssen der Natur abringen, was wir brauchen!“ Das erklärte Iwan Wladimirowitsch Mitschurin, der große Pflanzenzüchter und Biologe. Nach seinen Ratschlägen handelten die Biologen, Hydrologen und Meteorologen, die Arbeiter, Bauern und Ingenieure. Breitengrad um Breitengrad rückten sie die Fruchtbarkeitsgrenzen weiter nach Norden. Dann traten sie zum Angriff gegen

den Trockenwind an. Gleich im ersten Jahr der Sowjetmacht bewilligte Lenin in seinem Dekret 50 Millionen Rubel für Bewässerungsanlagen in Turkestan. In den Jahren danach brummt Zehntausende „gepanzerte“ Ungeheuer durch die turkmenische Wüste: Grabenpflüge, Planierungsraupen und Schreitbagger. Menschen und Maschinen zogen Bewässerungsgräben, hoben Kanalbetten aus und pflanzten Bäume und Sträucher, um die neuen Wasserläufe gegen den Flugsand zu schützen.

In den Tagen des XXI. Parteitages der Kommunistischen Partei der Sowjetunion wurde der erste Bauabschnitt vollendet, vereinten sich die Wasser des Amu-Darja und des Murgab, wehten über den Schleusen des 400 Kilometer langen Kanalabschnittes die Fahnen der Sowjetmacht. Die Gesamtlänge des Turkmenischen Hauptkanals, der ins Kaspische Meer münden wird, beträgt 960 Kilometer. Er ist so lang, daß er Rostock mit der Lagunenstadt Venedig verbinden könnte. Inzwischen haben die Kolchosbauern von den neuangelegten Baumwollfeldern die ersten Ernten eingebracht. Auf den jungfräulichen Fluren wachsen Luzerne und Mais, werden Obstgärten und Weinberge angelegt. Bei der Oase „Sonnentod“ ist eine neue Stadt am Entstehen, deren Bewohner nicht mehr in Furcht vor dem Trockenwind zu zittern brauchen. Die grünen Mauern der Schutzwaldstreifen und das stahlblaue Band der Bewässerungsanlagen

und Kanäle gebieten ihm ein eisernes Halt. Und wieder ist ein uralter Traum der Menschheit Wirklichkeit geworden. Das turkmenische Volk veränderte das Bild der Natur und damit das Klima in einem riesigen Gebiet.

Mit ihren grandiosen Umgestaltungsplänen der Natur gibt die Sowjetunion den Regierungen der kapitalistischen Länder ein Beispiel dafür, daß es sinnvoller ist, die Staatsfinanzen für Projekte des Friedens anstatt für Kriegsinvestitionen auszugeben. 800 Millionen Rubel würden genügen, die Wüsten Palästinas in ein „Paradies“ zu verwandeln. Durch ein Kanalsystem könnte die Senke in der Nordsahara mit Wasser aus dem Mitteländischen Meer gefüllt und ein ausgedehnter Binnensee geschaffen werden, der das Klima Afrikas wesentlich mildern würde. Durch Regulierung des Kongo könnten zwei weitere künstliche Meere von insgesamt 2,1 Millionen Quadratkilometern geschaffen werden, die einen günstigen Seeweg nach Südafrika und die Gewinnung von Millionen Hektar fruchtbaren Bodens ermöglichen. Für jedes der beiden Projekte wären kaum mehr als ein Zehntel der jährlichen Militärausgaben erforderlich. Eines Tages, das ist gewiß, wird das Wort Wüste aus dem menschlichen Sprachschatz gestrichen sein. Überträgt man die umfangreichen Wasserbauten und geplanten Wasserbauvorhaben der sozialistischen Länder in die Erdkarten, so brauchen wir schon heute einen neuen Atlas.

## Von der Elbe bis zum Gelben Meer

Der Wolga-Don-Kanal und der Turkmenische Hauptkanal, das Zimljansker und das Wolgograd-Meer haben zahlreiche Geschwister, große und kleine, in allen Teilen der Sowjetunion, in den Volksdemokratien und in vielen Ländern der Erde, deren Menschen das Leben achten und den Frieden lieben. An Länge steht dem Turkmenischen Hauptkanal sein nördlicher Bruder, der Wolga-Ostsee-Kanal, kaum nach. Er wird das alte Kanalsystem, das seine Errichtung den Plänen des Zaren Peter I. dankt, durch moderne Anlagen, die dem technischen Niveau des Atomzeitalters entsprechen, ablösen.

Zur selben Zeit geht in der sibirischen Taiga, unweit der Stadt Bratsk, das größte Wasserkraftwerk der Welt seiner Vollendung entgegen. Es staut die Wasser der Angara, des einzigen Flusses, der dem Baikalsee entspringt, in einer Länge von 565 Kilometern. Würde die fast 120 Meter hohe Staumauer bei Rostock errichtet, dann reichte der Stausee bis zu den Füßen des Erzgebirges. 3500 Luftkilometer südlich von Bratsk, an den Ufern des Südchinesischen Meeres, haben die Reisbauern der demokratischen Republik Vietnam, unterstützt von den Soldaten der X. Division der Volksbefreiungsarmee, dem Wasser einen heldenmütigen Kampf geliefert. In acht Monaten Bauzeit errichteten sie im Delta des Roten Flusses einen 22 Kilometer langen Damm

und rangen dem Meer 10 000 Hektar fruchtbares Neuland ab.

An die grandiosen Leistungen, die das 600-Millionen-Volk der Chinesen bei der Zähmung der „Sorgen des Reiches“ vollbracht hat und vollbringt, soll an dieser Stelle nur erinnert werden. Wir haben die Erfolge ihrer friedlichen Aufbauarbeit bereits kennengelernt.

Von den Ufern des Gelben Meeres geht unser Gedankenflug an die Westküste des Schwarzen Meeres in die Volksrepublik Bulgarien.

Das bulgarische Volk bändigte den ungestüm durch die Sofioter Ebene brausenden Isker. Früher flossen seine Wasser ohne wesentliche Arbeitsleistung der Donau entgegen. Er war so wild und unbändig, daß kein Schiff ihn befahren konnte. Ein großer Staudamm macht ihn heute schiffbar. Mit seiner Hilfe veranlassen die bulgarischen Menschen den Isker, ihre Felder zu bewässern, wodurch sie eine größere Ernte erreichen. Der Isker wird jetzt gezwungen, seine Kraft mit Hilfe von Turbinen in Strom zu verwandeln, der Maschinen antreibt und Licht in die Dörfer bringt, wie die Wolga und der Don.

Zwischen den Steilhängen der Transsylvanischen Alpen in der Bulgarien benachbarten Rumänischen Volksrepublik stürzt sich die Jalomitza zu Tal. Von ihr erzählt die Sage, daß sie einst ein hübsches Mädchen gewesen sei, das ein böser Zauberer verwandelte. Im Herbst 1950 vertrieb das Rattern der

Betonmaschinen, das Bellen der Preßlufthämmer und das Dröhnen der Motoren die Erinnerung an den bösen Zauberer aus der Bergeinsamkeit und erweckte die schöne Jalomitza aus ihrem Dornröschenschlaf. Bei Scropoasa nahm sie ein breiter Staudamm in seine Arme und lehrte sie, nützliche Arbeit zu verrichten. Eines der größten Wasserkraftwerke des Landes ist gegenwärtig oberhalb des Karpatendorfes Bicaz im Entstehen, wo zwischen den hochaufragenden Bergen die Bistrita gestaut wurde. Im Süden Rumäniens befindet sich der Donau-Schwarzmeer-Kanal im Bau, der ausgedehnte Sumpfgebiete urbar machen und die Donauschifffahrt verbessern wird.

Nordwärts geht unser Gedankenflug über die mächtigen Stauanlagen an der Theiß südlich von Tokaj in der Volksrepublik Ungarn zur Tschechoslowakischen Sozialistischen Republik. Unter uns leuchtet das blaue Band der Váh, die das Quellwasser der slowakischen Waldberge der Donau zuträgt. Dem Tal, das die Váh durchfließt, brachte das Wasser kein Glück. Die Menschen waren so arm, daß es kaum fürs Brot reichte. Viele der jungen Burschen verließen ihre schöne Heimat, um ihre Arbeitskraft in Übersee zu verkaufen. Heute zeugen nur noch die steinernen Burgen auf den Berghöhen von den vergangenen, finsternen Zeiten. Unten im Tal aber entstehen Bauwerke eines schöneren Lebens und einer glücklicheren Zukunft – Staudämme, Talsperren, Kanäle.



In einem anderen Teil des Landes, im Böhmerwald, erzählten sich die Alten von einem großen Meer, das dereinst zwischen den dunklen Schluchten der Wälder blaute. Das Meer verschwand, keiner wußte, wohin. Nur die Vltava (Moldau) blieb zurück, die den Hainen und Fluren Böhmens ihre Fruchtbarkeit schenkt. So war es bis 1950. In diesem Jahre begannen die tschechischen Bauarbeiter bei Lipno mit dem Bau eines gewaltigen Staudammes. Neun Jahre kämpften sie mit der Natur, bis das große Werk vollbracht war und das Meer in den Böhmerwald zurückkehrte. Durch unterirdische Stollen, die hoch genug sind, ein zehnstöckiges Haus aufzunehmen, stürzen sich die Wasser der Vltava auf die Schaufeln der Turbinen. Indes tummeln sich auf der weiten Wasserfläche des Stausees wimpelgeschmückte Segelboote. Selbstverständlich hat auch die ČSSR „ihr“ Kanalprojekt. Es trägt den Namen „Odra (Oder)-Donau-Kanal“, womit ein verkürzter Verbindungsweg zwischen dem Schwarzen Meer und der Ostsee geschaffen werden soll.

Unversehens sind wir auf diesem Wege wieder in unserer Heimat angelangt. In der Deutschen Demokratischen Republik ist eine neue Schifffahrtsstraße zwischen Elbe und Oder entstanden. Nordwestlich von Berlin, dort, wo zwischen Kiefernwäldern die Havelseen grüßen, verläuft der Paretz-Niederneuendorf-Kanal. Mit seinem 35 Kilometer langen Kanalbett zählt er freilich nur zu den kleinsten Ge-

schwistern des Wolga-Don-Kanals. Immerhin erhöhte sich mit ihm die Gesamtlänge des Kanalnetzes in der DDR auf 360 Kilometer. Was die Werktätigen unserer Republik an Stauseen und Speicherbecken geschaffen haben und noch schaffen werden, wurde schon an anderer Stelle gesagt.

Von der Elbe, der Havel und der Spree bis zum fernen Gelben Meer haben die Menschen das Wasser in vielfältiger Weise in den Dienst der Gesellschaft gestellt und zu einem nützlichen Helfer der Technik gemacht.

## VOM MÜHLENRAD ZUR WASSERTURBINE

### **Es klappert die Mühle am rauschenden Bach**

Schon unsere Urgroßeltern, die Großeltern unserer Großeltern, mögen als Kinder das Lied von der „klappernden Mühle am rauschenden Bach“ und dem fleißigen Müller gesungen haben. Das Lied ist sehr alt, doch das Mühlenrad im Wiesengrund ist noch viel älter. Seine Wiege stand an irgendeinem der großen Ströme, wenngleich niemand mit Bestimmtheit sagen kann, ob es am Nil, am Ganges oder am Jangtsekiang war. Es ist mindestens zwei-

einhalb Jahrtausende her, daß die Menschen auf den Gedanken kamen, dem brausenden Wasser ein geeignetes Rad entgegenzusetzen.

Vordem mußten die Frauen das Korn für das tägliche Brot mit der Hand zwischen zwei flachen Steinen mahlen. Das war eine anstrengende Arbeit, und trotzdem reichte der so gewonnene Mehlvorrat nur wenige Tage. An den Flußmündungen waren inzwischen große Städte entstanden. So eine Stadt war das alte Babylon; es hatte viele Einwohner, allein 12 000 davon waren Wasserträger. Viel Mehl und Brot wurde hier gebraucht, aber die Handmühlen drehten sich so langsam wie zuvor.

Auf der Suche nach einem Mahlgehilfen kam man also auf die Idee, das Wasser in den Dienst zu nehmen. Man baute ein Rad mit vielen kleinen Kammern und stellte es senkrecht in den Fluß. Das Wasser versuchte das unbekannte Hindernis wegzustoßen und fing sich dabei in den Radkammern. Das Rad geriet in Drehung und drehte auch die an der Radachse befestigten Mahlsteine. In den flachen Gebirgsbächen jedoch versagte das „unterschlächlige“ Wasserrad seinen Dienst. Da leiteten die Menschen das Wasser von oben auf das Rad. Munter sprang der plätschernde Bach in die kleinen Kammern und drehte das „oberschlächlige“ Wasserrad durch sein Gewicht. Das war eine Fahrt, fast so wie im Riesenrad auf dem Rummelplatz. Nur viel „gefährlicher“; denn nach der „halben Tour“

stürzten die Fahrgäste der Wasserschaukel kopf-  
über hinaus. Schließlich entwickelte der Mensch  
noch ein „mittelschlächtiges“ Wasserrad, bei dem  
der Wasserstrom das Rad etwa in Höhe der Rad-  
achse trifft.

Der Kopf hatte der Hand die erste Maschine ge-  
schenkt. Von nun an wurde die Arbeit der Men-  
schen leichter, und die Frauen brauchten nicht  
mehr die schweren Handmühlen zu drehen. Be-  
geistert sangen die Dichter ihr Loblied der Mühle:

„Laßt eure Hände ruhen, ihr Frauen!  
Flink hüpfen die Flußnymphen über die Räder,  
und die Räder drehen den schweren Mahlstein . . .“

Im Laufe der Zeit zeigte es sich, daß der erste „An-  
triebsmotor“ noch viele andere Arbeiten verrichten  
konnte. Eine neue, weite Welt öffnete sich den Men-  
schen, eine Welt voller Wunder – das Reich der  
Technik. Das Wasserrad bewässerte die Felder. Es  
pumpte das Grundwasser aus den Schächten der  
Bergwerke und förderte die Körbe mit dem Erz  
zutage. Es half in den Sägewerken dicke Baum-  
stämme in dünne Bretter zersägen und bediente  
den Blasebalg in der Schmiede. Später nahm es  
dem Schmied den schweren Hammer aus der Hand  
und setzte die wuchtigen mechanischen Schmiede-  
hämmer in Bewegung. Nun gab es Mühlen, in  
denen gar nicht mehr gemahlen wurde. Das Wort  
„Mühle“ wurde zu einem Sammelbegriff für viele  
neue Tätigkeiten. Sogar die mit Wasserkraft arbei-



tenden Manufakturen und Fabriken wurden anfangs häufig Mühlen genannt.

Die Zeit verging im Sauseschritt. Der Kopf erfand der Hand immer neue und nützlichere Gehilfen, immer bessere Produktionsmittel. So kam es, daß der Mensch mit seinen alten Gehilfen allmählich unzufrieden wurde. Am meisten ärgerte es ihn, daß er die Wasserräder eben nur dort gebrauchen konnte, wo genügend Wasser vorhanden war. Einige Schlauköpfe versuchten eine Maschine zu bauen, die nicht nur Arbeit leistete, sondern zugleich auch die dafür erforderliche Energie selbst erzeugte.

### **Die ständig bewegte Maschine**

Im Mittelalter, als Schwarzkünstler und Alchimisten in ihren Retorten Gold und künstliche Lebewesen zu schaffen versuchen, saßen einige Mechaniker in ihren Werkstätten und experimentierten über großen Waschzubern mit Schöpfrädern und Luftpumpen. Sie suchten nach dem „Perpetuum mobile“, der ständig bewegten Maschine.

In einer alten Handschrift aus dem 16. Jahrhundert fand ich eine solche „Wundermaschine“ abgebildet. Es war ein „Wasser-Perpetuum-mobile“, das den Schleifstein eines Scherenschleifers antreiben sollte. Diese Arbeit verrichteten am Bachrand Hunderte von Wasserrädern, und noch heute gibt es Schleifsteine mit Treträdern. Doch das „Wasser-

Perpetuum-mobile“ stand nicht am Ufer eines Baches, sondern in einer großen Werkstatt, inmitten eines Wassertroges. Der unbekannte Mechaniker, der die Maschine konstruiert hatte, glaubte, das Wasser überlistet zu haben. Aus einer dachrinnenähnlichen Leitung stürzte sich der Wasserstrahl von oben auf ein Schaufelrad und setzte durch sein Gewicht die Welle mit dem Schleifstein in Bewegung. Soweit ging alles gut. Das Wasser sammelte sich in dem Trog, um erneut den Aufstieg in die Dachrinne anzutreten. Dazu hatte der Mechaniker eine Pumpe eingebaut. Eine Kurbel verwandelte die Drehbewegung der Schleifsteinwelle in das Auf und Ab eines Pumpenkolbens. Das Wasser wurde in die Höhe gehoben und konnte seinen Kreislauf von vorn beginnen. Gleichzeitig berieselte ein kleinerer Wasserstrahl aus der Rinne den Schleifstein. Einige Tage soll die Maschine zur Zufriedenheit ihres Erbauers und Besitzers gelaufen sein. Dann aber bewegten sich das Wasserrad und der Pumpenkolben immer langsamer und blieben schließlich ganz stehen.

Was war geschehen?

Der Mechaniker untersuchte die Wasserrinne und das Wasserrad. Er konnte keinen Fehler entdecken. Als er aber die Welle untersuchte, auf der das Wasserrad lief, stellte er fest, daß sie heißgelaufen war. Auch der Pumpenzylinder hatte sich erwärmt. Das Rad hatte sich mit der Welle, der Kolben mit dem Zylinder gerieben.

Wenn sich zwei Gegenstände reiben, entsteht Wärme. Diesen physikalischen Vorgang verstanden die Menschen vor Jahrtausenden zu nutzen. Sie rieben zwei Holzstücke aneinander und entfachten so das Feuer. Wenn wir im Winter an den Händen frieren, reiben wir sie aneinander, damit sie warm werden. Doch vom langen Reiben ermüden die Arme. Die Kraft der Arme ist in Wärme umgewandelt worden. So war es auch bei dem Perpetuum mobile.

Die Bewegungsenergie des stürzenden Wassers hatte sich in Wärmeenergie verwandelt. Und als die letzte Bewegungsenergie verbraucht war, blieb die Maschine stehen. Sie schien ihrem Erfinder sagen zu wollen: „Halt! Du bist an der Grenze des Möglichen angelangt. Wenn ich weiterarbeiten soll, mußt du mir frisches Wasser zuführen!“ Der Mechaniker überhörte diese Forderung. Er bastelte und bastelte weiter – ergebnislos. Erst seine Nachkommen erkannten, daß er in eine Sackgasse geraten war. Sie erklärten das Perpetuum mobile für tot. In Wirklichkeit ist es nie lebensfähig gewesen; denn auch die Technik kann vom Wasser nichts Unmögliches verlangen.

Unmöglich ist, was den Gesetzen der Natur widerspricht. Ein wichtiges Naturgesetz ist das Gesetz von der Erhaltung der Energie. Einer seiner Entdecker war der Heilbronner Arzt Julius Robert Mayer (1814–1878). Er stellte fest: „Energie geht nicht verloren, wird nicht vermehrt und nicht ver-



mindert. Die Summe der Energie bleibt also in der Welt von Anfang an bei allen Stoffen gleich!“ Es kann sich also jeweils nur eine bestimmte Energiemenge (in unserem Falle die Bewegungsenergie des Wassers) in eine andere ganz bestimmte Energiemenge umsetzen (in unserem Falle die Wärmeenergie). Dieser Satz gilt nicht nur für das Perpetuum mobile. Er gilt für alle Maschinen: gewonnene Energie = verbrauchte Energie. Wir brauchen dabei nur an das Beispiel vom Händereiben zu denken.

### **Die Erfindungen des Leonardo da Vinci**

Zweieinhalb Jahrhunderte bevor man allgemein erkannte, daß es kein Perpetuum mobile gibt, bewies ein ebenso bedeutender Künstler wie Gelehrter die Unmöglichkeit einer sich ständig bewegendes Maschine durch eine Reihe von Konstruktionszeichnungen und mathematischen Berechnungen. Im kühnen Gedankenflug eilte dieser Mann seiner Zeit weit voraus. Inmitten einer verständnislosen Umwelt beschäftigte er sich mit Dingen, die erst Jahrhunderte später verwirklicht wurden.

Sein Name: Leonardo da Vinci. Sein Lebensweg ist ein Teil der Straße, auf der die Menschheit von der Vermutung zur Erkenntnis, vom Aberglauben zum Wissen unaufhaltsam vorwärts strebt. Die Maler nennen ihn voller Stolz ihren Meister, weil er unvergleichliche Bildwerke schuf. Für den Bild-

hauer Leonardo da Vinci zeugen in Stein gehauene und in Erz gegossene Monumente und Skulpturen. Als Baumeister schuf er gewaltige Kirchen und Paläste, die Stürme und Zeiten überdauerten. Doch für ebenso wichtig wie die Häuser der Reichen hielt er die Trinkwasserleitungen und Abwasserkanäle in den Stadtvierteln der Armen. Während Leonardo da Vinci das berühmte Bild der „Leda“ malte, entwarf er auf einem Blatt Papier einen breiten Kanal mit Schleusen und Wehren, der den Flußschiffern die Fahrt nach Mailand erleichtern sollte. Die Regulierung der unbezähmten Flüsse in der Poebene und die Trockenlegung der pontinischen Fiebersümpfe beschäftigten ihn genauso wie die Konstruktion des Kuppeldaches für eine Rundkirche.

Die Ingenieure unseres Jahrhunderts, die Leonardos Zeichnungen studieren, staunen darüber, denn diese kühnen Entwürfe entstammen schließlich dem 16. Jahrhundert. Eines seiner Zeichenblätter zeigt ein Schiff, das den Schaufelraddampfern gleicht, die heute noch auf vielen großen Strömen ihren Dienst versehen, nur werden die Schaufelräder von da Vinci nicht durch eine Dampfmaschine, sondern durch eine Tretvorrichtung angetrieben. Für den Kanalbau hatte dieser große italienische Meister eine ganze Reihe „stählerne Riesen“ konstruiert, Löffelbagger, Schwimmbagger und Kräne, die den Menschen die schwere Arbeit erleichtern sollten. Andere Arbeiten von ihm geben einen Überblick

über die gesamte Mühlentechnik einschließlich der verschiedensten Wasserräder. Doch das sind nicht mehr die alten hölzernen Wasserräder, sondern waagrecht liegende Turbinen. Sie ähneln viel eher den modernen, 1912 von dem tschechischen Wissenschaftler Professor Kaplan entwickelten und nach ihm benannten „Kaplanturbinen“. Die Zeichnungen enthalten ausführliche Hinweise, wie man die Turbinen zum Antrieb von Drehbänken, Feilenhaumaschinen und Webstühlen verwenden kann. Leonardo da Vinci hat auch zahlreiche Versuche beschrieben, die es ermöglichen sollten, die dem Dampf innewohnende Kraft zu messen.

Das Genie dieses großen italienischen Künstlers, Wissenschaftlers und Technikers bewundernd, sind wir an einer bedeutungsvollen Wegscheide der Technik angelangt. In der einen Richtung führt der Weg vom alten Wasserrad und der von Leonardo da Vinci erfundenen Wasserturbine zu den modernen Wasserkraftwerken unserer Epoche, auf der anderen Seite führt der Weg von den Dampfuntersuchungen zur Dampfmaschine.

### **Der Dampf wird gezähmt**

Auf dem Küchenherd kocht das Kaffeewasser, es brodelt und wallt im Kessel. Der aufsteigende Wasserdampf läßt den Deckel tanzen. In Wirklichkeit leistet der Dampf Arbeit und versucht, den Dek-

kel zu heben. Die Wärmeenergie verwandelt sich in Bewegungsenergie.

Der Kochvorgang im Wasserkessel erinnert uns an die Knotenlinie der Maßverhältnisse: Er zeigt deutlich, wie sich Wasser durch Erhitzen in Dampf verwandelt und dabei ausdehnt.

Wir haben uns schon viel zu lange den Dampf um die Nase brodeln lassen. Das Wasser im Kessel ist fast „eingekocht“. Dafür sind die Fensterscheiben und die Möbel mit Wasserdampf beschlagen, und die ganze Küche ist voller Wrasen. So weit dehnt sich der Wasserdampf aus; ein Liter Wasser verwandelt sich in 1700 Liter Dampf.

Hinderten wir ihn daran, dem Kochtopf zu entweichen, würde er sich selbst einen Ausweg schaffen. Der Wasserdampf kann geradezu gewalttätig werden; denn er besitzt eine bestimmte Spannkraft, weil er einen größeren Raum einnimmt als die Flüssigkeit, aus der er sich gebildet hat.

Ein großer Erfinder der Vergangenheit, der die Wirkung des Feuers auf das Wasser untersuchte, unternahm es, den Wasserdampf zu zähmen. Er fing ihn in eine Messingkugel ein, die wie das Wasserrad auf einer Achse saß. An dieser Kugel waren zwei gebogene Röhrchen angebracht, durch die der Wasserdampf in die Luft entweichen konnte. Durch die Kraft des ausströmenden Dampfes begann die Kugel sich zu drehen, immer schneller und schneller. Zum erstenmal in der Geschichte der Technik hatte der Dampf ein Rad gedreht. Der

Schöpfer dieser und vieler anderer mit Dampf oder Heißluft betriebenen Maschinen war . . . nein, es war nicht der Engländer James Watt, den die Nachschlagewerke als Erfinder der Dampfmaschine nennen. Es war der Grieche Heron, ein vielseitig tätiger Mathematiker und Ingenieur, der im zweiten Jahrhundert vor unserer Zeitrechnung in Alexandria lebte und wirkte.

Von Heron ging die Idee von der „Dampfmaschine“ durch viele Hirne und Länder. Sie nistete sich – wie wir schon sahen – in den Plänen von Leonardo da Vinci ein und ließ den Franzosen Denis Papin einen Dampfkochtopf aber auch ein Dampfboot erfinden. Der Engländer Thomas Savery und sein Landsmann Newcomen bauten die ersten Wasserhebemaschinen mit Dampftrieb für den englischen Bergbau. Im fernen Ural konstruierte der russische Erfinder Iwan Iwanowitsch Polesnow eine Dampfmaschine für den Betrieb der Werkbänke in den Manufakturen.

Ein Vierteljahrhundert später hielt die Idee von der Dampfmaschine ihren Einzug in den Modellsaal der Universität Glasgow, wo der junge James Watt als Mechaniker arbeitete. Er konnte ernten, was seine Vorgänger gesät hatten.

Unter Watts Händen verwandelte sich der Kochtopf des Papin in einen großen Dampfkessel, den „Treibstofflieferanten“. Obenauf setzte er noch einen „Treibstoffspeicher“, den Dampfkasten. Die Kugel des Heron verwandelte sich in einen Kol-

ben-Zylinder mit zwei Eingängen. Einmal strömte der Dampf von links, das andere Mal von rechts auf den Kolben und bewegte ihn so hin und her. Das erinnert uns an die Druckpumpe. Die „Steuerung“ des Dampfes übernahm das „Schieberventil“.

Doch das Wasser im Dampfkessel verwandelte sich nicht von allein in Dampf. Dazu benötigte es große Mengen Wärme. So gesellte sich zum Wasser die Kohle. Gemeinsam entwickelten sie Kraft genug, um einem neuen Zeitalter zum Durchbruch zu verhelfen, von dem aus die Geschichte den Beginn der „Industriellen Revolution“ datiert.

### **Pferdestärken mit Dampf**

Ganz gleich ob es sich um eine Dampfmaschine, die Turbine eines Wasserkraftwerkes, den Automobil- oder Flugzeugmotor handelt, die Leistungsfähigkeit der Kraftmaschinen wird stets nach Pferdestärken, „PS“, berechnet.

Und das kam so.

Wenn ein Bauer zweispännig aufs Feld fährt, dann sind das zwei Pferde, und jeder Mensch weiß aus Erfahrung, was sie etwa zu leisten vermögen. Der Dampfmaschine sieht man nicht ohne weiteres ihre Kraft von außen an. Die Bergwerksbesitzer, denen James Watt seine neukonstruierte Dampfmaschine vorführte, waren deshalb zunächst mißtrauisch.

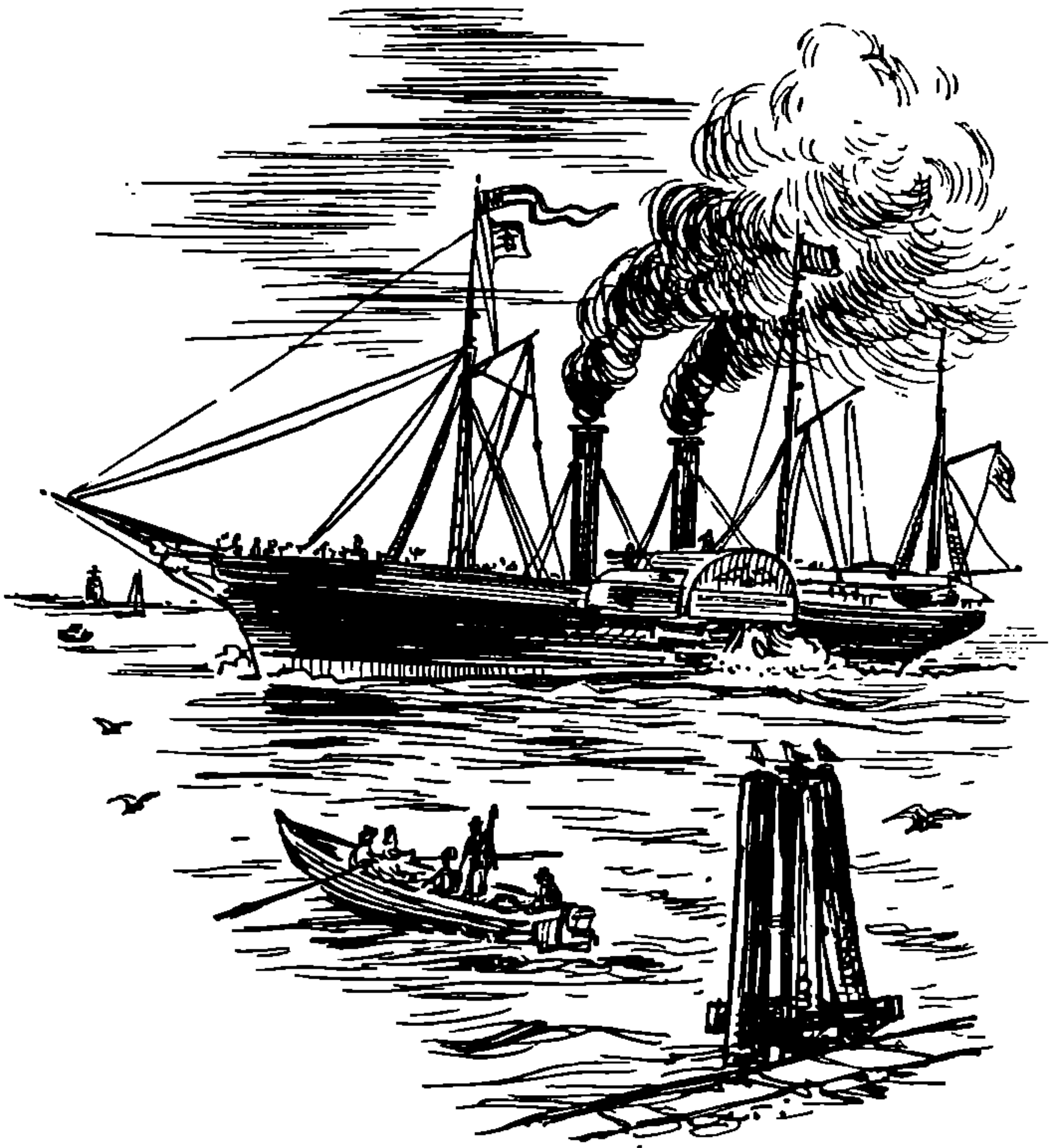
Soweit sie zurückdenken konnten, arbeiteten an den Göpeln der Pumpwerke Pferde, oft bis zu 500 Pferde in einer Grube.

Watt sollte den Bergwerksbesitzern beweisen, wieviel mehr der Dampf zu leisten vermochte als die Zugtiere. An den Pumpengöpel wurde ein kräftiger Walliser Hengst gespannt, der sich acht Stunden lang gehörig ins Zeug legen mußte. Zwei Millionen Liter Wasser brachte er in dieser Zeit aus der Brunntiefe herauf. Aus der Wassermenge und der Förderhöhe ließ sich berechnen, wieviel Liter in einer Sekunde um einen Meter gehoben worden waren. So entstand die Leistungsformel: Leistung = Arbeit geteilt durch Zeit, geschrieben:

$$\text{Leistung} = \frac{\text{Arbeit}}{\text{Zeit}}$$

Das Pferd hatte in einer Sekunde 75 Kilogramm Wasser einen Meter hochgehoben. Diese Leistung wurde als „Pferdestärke“ bezeichnet und wurde zu einem Grundbegriff der Technik. In Wirklichkeit liegt die durchschnittliche Dauerleistung eines Pferdes bedeutend niedriger, etwa bei knapp einem halben PS.

Von nun an konnte James Watt Dampfmaschinen mit vier, sechs oder gar acht PS bauen. Mathematiker, Physiker und Mechaniker arbeiteten Hand in Hand, um die Kolbendampfmaschine immer weiter zu verbessern, die Pferdestärken zu erhöhen und beweglicher zu machen. 1807 fuhr das erste



brauchbare Dampfschiff der Welt, gegen Strömung und Wind, von New York aus den Hudson hinauf. Es hatte 18 PS. Der erste Ozeandampfer, der seit 1838 regelmäßig den Atlantik überquerte, leistete schon 450 PS. Die Pferdestärken aus Wasserdampf zogen ihn gehorsam übers Meer. Von dem Engländer George Stephenson auf Räder ge-



stellt, verdrängten sie die alten Postkutschen und fuhren den Dampfwagen über das Land.

Auf der Erde und unter der Erde vollbrachten die Dampfmaschinen Leistungen, die weder dem Pferd noch dem Menschen zu vollbringen möglich waren.

Trotz zahlreicher Verbesserungen erreichte die Kolbendampfmaschine mit 25 000 PS ihre äußerste Leistungsgrenze. Das bedeutet theoretisch, daß eine solche Maschine pro Sekunde eine Last von 75 Kilogramm 25 000 Meter hochschleudern könnte. Dafür schluckt ihr Kessel stündlich 175 000 Liter Wasser, und ihre Feueranlage verbraucht in der gleichen Zeit 37 500 Kilogramm Kohle. Bestrebt, sparsamer zu wirtschaften, den Wasser- und Kohleverbrauch zu senken, wird das Kesselspeisewasser vorgewärmt, wird der Dampf, nachdem er seine Arbeit geleistet hat, in Wasser zurückverwandelt.

Heute gibt es Nachkommen der alten Dampfmaschinen, die 280 000 PS in sich vereinen. Eine einzige dieser Wundermaschinen leistet die Arbeit von neun Millionen Menschen; denn die Dauerleistung eines Arbeiters beträgt kaum ein Zehntel-PS. Das sind die Dampfturbinen und Turbogeneratoren. In ihrem Gehäuse finden wir keine Kolben mehr, sondern jenes eigenartige „Schneckenrad“, das als einer der ersten Leonardo da Vinci konstruierte.

Damit sind wir wieder zu der Wegscheide zurück-

gekehrt, von wo aus wir in Richtung Dampfmaschine gegangen sind. Nun wollen wir den anderen Weg, der von der Wasserturbine zu den modernen Großkraftwerken führt, einschlagen.

## WEISSE KOHLE

### **Riesenkräfte der Arbeit**

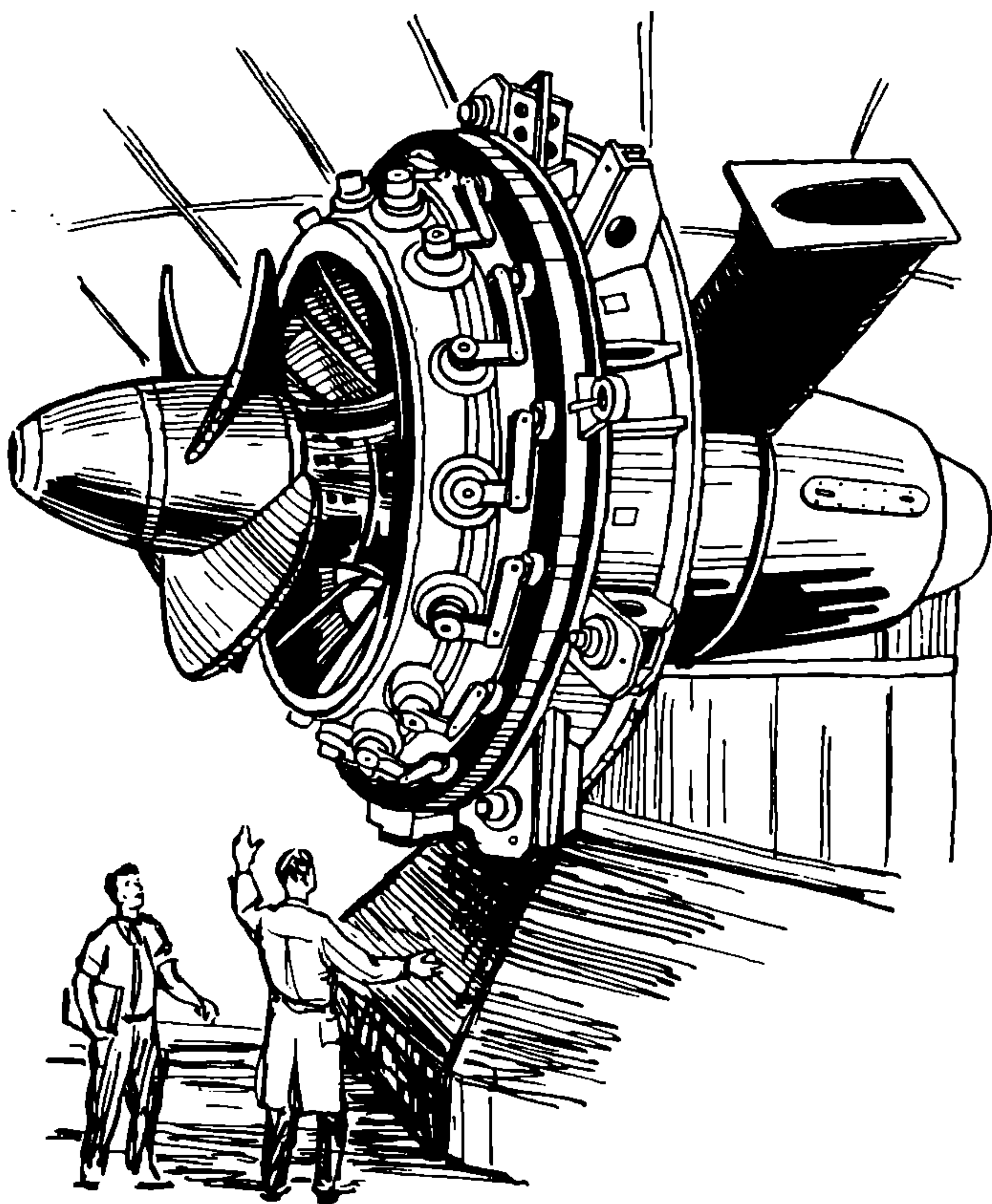
Auf unserer weiten Reise ist uns bewußt geworden, daß die Natur keine Gnadengeschenke verteilt. Deshalb besteht dort, wo die Natur dem Menschen die Kraftgewinnung zu leicht macht, stets der Verdacht, daß der praktische Nutzen größer sein könnte. So verhält es sich auch mit dem Wasserrad. Das Gurgeln und Tosen, das Aufspritzen des abfließenden Wassers zeigt, wieviel „Treibstoff“ vergeudet wird. Techniker haben dem Wasserrad nachgerechnet, daß es doppelt und dreifach soviel Energie erzeugen könnte, als es uns freiwillig gibt. Gleich dem Wasserrad arbeiten alle Kolbenkraftmaschinen mit großem Verlust. Die Dampfmaschine verwandelt höchstens 25 Prozent der ihr zugeführten Wärmeenergie in Bewegungsenergie und damit in Arbeitsleistung. Wo läßt die Dampfmaschine die 75 Prozent? Einen Teil der aufgewandten

Kraft benötigt sie, um die Reibung in ihren Lagern zu überwinden, ein Teil verwandelt sich in Wärmestrahlung und so weiter. Die 75 Prozent sind gewissermaßen der „Zoll“, den die Natur auf die geleistete Arbeit erhebt.

So wandte sich seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts, als die Energieforderungen der aufblühenden Industrie größer und größer wurden, das allgemeine Interesse den wirtschaftlicheren Strömungskraftmaschinen zu, den Dampf-, Gas-, Wasser- und Windturbinen. Die mit gekrümmten Schaufeln versehenen Laufräder der Turbinen werden beispielsweise durch das einströmende Wasser in Drehung versetzt. Die Wasserturbine begnügt sich sogar mit kaltem statt kochendem Wasser und erhebt nur einen „Zoll“ von fünf Prozent.

Nach den Namen ihrer Konstrukteure spricht man bei den Wasserturbinen noch heute von der Francis-turbine, 1849 von dem Amerikaner Francis erfunden, die mit großen Wassermengen, aber kleinem Gefälle arbeitet, von der Peltonturbine, 1884 von dem Amerikaner Pelton entwickelt, die besonders bei großem Wassergefälle verwendet wird, und von der Kaplan-turbine, die einen tschechischen Ingenieur zum Erfinder hat. Kaplans „Propeller-turbinen“ begegnen wir besonders in den Wassergroßkraftwerken der sozialistischen Länder.

Die größten Turbinen dieser Art arbeiten gegenwärtig im Wolgograder Wasserkraftwerk. Ihre



Montage einer Rohrturbine mit verstellbaren Leitschaufeln

Eintrittsöffnungen für das Wasser sind so groß, daß eine Schnellzuglokomotive sie bequem passieren könnte. Insgesamt leisten die 21 Wolgograder Turbinen 3,3 Millionen PS und erzeugen damit

jährlich achtmal mehr Strom als sämtliche Kraftwerke Rußlands 1913. Dabei erfordern die modernen Wasserturbinen nicht einen einzigen Eimer Kohle oder anderen Brennstoff, und für den Betrieb der gigantischen Dampfturbinen reichen die ungenutzten Abdämpfe anderer Produktionsbetriebe aus.

### **Schwarze Diamanten und weiße Kohle**

Seit der Einführung der Dampfmaschine und dem Beginn des von ihr eingeleiteten Industriezeitalters ist der Energiebedarf der Welt sprunghaft gestiegen.

Die Dampf-PS begnügen sich nicht mit Hafer und Heu wie ihre vierbeinigen Kollegen. Sie verlangen Kohle. Im Jahre 1890 betrug die Kohleförderung der Welt 512 Millionen Tonnen, vier Jahrzehnte später wurden dem Schoße der Erde jährlich schon 1557 Millionen Tonnen Stein- und Braunkohle ent-rissen. Daraus ließe sich eine vier Meter breite Straße, einen halben Meter hoch mit Kohle be-deckt, von der Erde zum Mond bauen. Die Fuß-wanderung entlang dieser Straße würde 36 Jahre beanspruchen. Damit hatte die Weltförderung noch keineswegs ihren Höhepunkt erreicht. Sie be-trägt gegenwärtig etwa 2200 Millionen Tonnen. Seit über 100 Jahren hat sich die Menschheit mit den Erdöllagerstätten eine weitere, unermessliche

Energiequelle erschlossen. Die Welterdölförderung steigerte sich – nach der Erfindung des Benzinmotors – sogar noch sprunghafter als die Kohleförderung. 1890 machte sie mit 10,5 Millionen Tonnen erst den fünfzigsten Teil der Kohleförderung aus. Nachdem die Erdölförderung 1960 die Milliarden-Tonnengrenze überschritten hat, beträgt sie fast die Hälfte der Kohleförderung. Auf dem Gebiet der Energieerzeugung, das uns am meisten interessiert, haben Erdöl und Erdgas der Kohle sogar schon den Rang abgelaufen. Der Anteil der Kohle an der Energieerzeugung der Welt ist von fast 100 Prozent im Jahre 1890 auf knapp 70 Prozent im Jahre 1930 und auf weniger als 50 Prozent im Jahre 1960 abgefallen. An Stelle der Kohle ist das Erdöl zu einem der wichtigsten Energieträger und Chemierohstoffe geworden.

Leider sind die Kohle- und Erdölvorräte der Erde nicht unerschöpflich.

Sie gleichen einem fest begrenzten Kapital, das keine Zinsen trägt. Eines Tages werden unsere Nachkommen, sei es nun in 300 oder erst in 1000 Jahren, die letzte Kohle, das letzte Erdöl in ihren Öfen verbrennen.

Was aber geschieht dann? Werden Kälte und Dunkelheit die Menschen erneut besiegen? Nein! Dazu wird es nie kommen. Schon hat sich die „weiße Kohle“, haben sich die unerschöpflichen Wasserkraftreserven der Erde angeschickt, ihren Platz neben der Kohle, den „schwarzen Diaman-

ten“, und dem Erdöl, dem „flüssigen Gold“, einzunehmen.

Allein die verwertbaren Wasserkraftreserven der UdSSR werden mit 1700 Milliarden Kilowattstunden angegeben. Milliarden PS sind notwendig, um diese Arbeit zu leisten. Das sind mehr Pferdestärken, als es auf der ganzen Welt vierbeinige Arbeitskräfte gibt. Etwa 20 Prozent aller in der Sowjetunion erzeugten Elektroenergie wurden durch Wasserkraft erzeugt, während der Anteil der Wasserkraft an der Energieproduktion der ganzen Erde im selben Jahre durchschnittlich nur 10 Prozent betrug. Am höchsten über dem Durchschnitt liegt die Schweiz. Die Schweiz besitzt kaum Kohlevorkommen, und das veranlaßte die Energiewirtschaftler, 95 Prozent der gesamten Wasserkräfte zu nutzen. Dampfmaschinen sind in der Schweiz eine Seltenheit. Es geht also auch ohne Kohle. Die Pferdekkräfte, die mit Hilfe der Wasserkraft der Schweizer Industrie zur Verfügung stehen, ergäben eine Pferdekawane von der Nordspitze Norwegens bis tief in die Sahara hinein.

In Afrika, das ebenfalls sehr reiche Wasserkraftreserven besitzt, ist bisher nicht einmal ein Prozent den Menschen dienstbar gemacht worden – ein Erbe der Kolonialzeit.

Als einer der ersten jungen Nationalstaaten hat die Vereinigte Arabische Republik ein gewaltiges Hochdamm-Bauprojekt am Nil in Angriff genommen.

Mit sowjetischen Krediten und unterstützt von sowjetischen Ingenieuren entsteht bei Assuan in Oberägypten ein gewaltiges Staubecken mit 130 Milliarden Kubikmeter Wasserinhalt. Der Stausee wird etwa 30 Prozent der landwirtschaftlichen Nutzfläche Ägyptens bewässern. Außerdem werden 16 in die Staustufe eingebaute 120 000-PS-Turbinen jährlich 10 Milliarden Kilowattstunden billigen Strom liefern; genug, um damit zahlreiche neu-erbaute Industriewerke zu versorgen.

Die Wasserkraftwerke sind die Wunderquellen unserer Zeit, in denen sich das Wasser in Licht verwandelt. Das Kapital, das der Menschheit mit den Wasserkraften in die Hand gegeben ist, verringert sich nicht wie Erdöl und Kohle. Was wir davon verbrauchen, wird ständig ergänzt durch die Leistung des ungeheuren Sonnenmotors, der den Kreislauf des Wassers in Bewegung hält.

### **Blick in die Zukunft**

Die Sonne ist der Urquell aller irdischen Energie. Erdöl und Kohle, die wir schonungslos verheizen, sind in Zeiträumen von Jahrmillionen aufgespeicherte Sonnenenergie. Die Sonne hebt das Wasser, das die Wasserkraftmaschinen bewegt, und sie lenkt die Luftströmungen, die den Windmotor treiben. Der große russische Botaniker Timirjasew drückte es so aus: „Der Sonnenstrahl treibt sowohl



das riesige Schwungrad einer gewaltigen Dampfmaschine als auch den Pinsel des Malers und die Feder des Dichters . . .“

Unser Vorstellungsvermögen versagt angesichts der gigantischen Energiemengen, die unser Planet von der Sonne empfängt. Sie betragen 260 Billionen PS, gleich 260 Millionen Millionen, eine Energiemenge, die ständig den Wärmebedarf von etwa 100 000 Großkraftwerken decken könnte. Schon seit Jahrzehnten versucht der Mensch, sich diesen Reichtum unmittelbar nutzbar zu machen und volkswirtschaftlich zu erschließen.

Im Süden der Sowjetunion, in Taschkent, haben Wissenschaftler das erste Sonnen-Kraftwerk errichtet. Wie das Wasser von den Turbinen, so werden die Sonnenstrahlen von großen drehbaren Aluminium-Hohlspiegeln eingefangen und auf einen Wasserkessel reflektiert. Der Kessel liefert stündlich 45 Kilogramm Wasserdampf für den Betrieb von Kraftmaschinen. In Mittelasien gibt es heute schon Sonnen-Bade- und Waschanstalten, und für Haushaltzwecke wurde ein Sonnen-Kochherd entwickelt. Ein Sonnen-Großkraftwerk, dessen Spiegelfläche etwa  $10 \times 10$  Kilometer groß sein müßte, könnte alle deutschen Haushalte tagsüber mit Strom versorgen.

Unsere Erde ist aber nicht nur Empfänger und Speicher von Sonnenenergie, sondern selbst eine mächtige Energiequelle. Um uns eine Vorstellung davon zu machen, brauchen wir uns nur an die heißen

Tiefengewässer und Springquellen zu erinnern und uns die Tätigkeit der Vulkane zu vergegenwärtigen. Noch wissen wir nichts Genaueres darüber, als daß der Erdkern eine Temperatur von schätzungsweise 4000 Grad Celsius besitzt. Durch die Schranken des Gesteins ins Innere der Erde vorzudringen, ist ebenso schwer, wie die irdische Anziehungskraft zu überwinden und in den Weltraum vorzustoßen. Die Hauptschwierigkeit bilden die enormen Temperaturen, die in einem Bohrloch von 15 000 Meter Tiefe mindestens 450 Grad Celsius betragen. Beim Hineinleiten von kaltem Wasser würde sich die Erde vor unseren Augen in einen gigantischen Dampfkessel verwandeln.

Im „Höllental“ der italienischen Toskana und in Larderello am Vesuv entstand schon vor Jahren eine „vulkanische Industrie“, welche die der Erde entströmenden Heißwasserdämpfe in Strom verwandelt. Großzügiger als bisher ausgenutzt, könnte man mit der für Jahrtausende ausreichenden „thermischen Energie“ ebenfalls das Gletschereis der Erdpole sowie die „ewige Gefrorenis“ rings um das nördliche Eismeer auftauen und die Eiswüsten – gleich den Sandwüsten – in blühende Gärten verwandeln.

Das alles liest sich nicht weniger spannend als die technischen Utopien des Franzosen Jules Verne, und doch ist mit den Sonnen- und Vulkankraftwerken die Grenze des Möglichen noch längst nicht erreicht. Größer als die Wärmeenergie aus dem

Erdinnern ist die Kernenergie, welche die Atome, die kleinsten Bausteine des Weltalls, zusammenhält. Als erstes Land der Erde nahm die Sowjetunion im Jahre 1954 ein Atomkraftwerk in Betrieb. Der „Kraftstoffverbrauch“ dieses ersten Atomkraftwerkes zeigt uns die Überlegenheit der Atomenergie über alle herkömmlichen Energieträger. Das Atomkraftwerk Dubna bei Moskau, das eine Kapazität von 5000 Kilowatt besitzt, verbraucht in 24 Stunden 30 Gramm Uran. Ein Wärmekraftwerk hingegen erfordert für die gleiche Leistung in der gleichen Zeit 100 Tonnen Kohle. Inzwischen ist in der Sowjetunion mit dem Bau größerer Atomkraftwerke begonnen und der erste Atomeisbrecher in den Dienst gestellt worden. Mit Hilfe sowjetischer Wissenschaftler wurde auch in unserer Republik in der Nähe von Dresden ein Forschungsreaktor mit Uranfeuerung in Betrieb genommen. Bald wird nördlich von Berlin das erste Atomkraftwerk der DDR mit einer Leistung von 70 000 Kilowattstunden den ersten Strom an das öffentliche Netz abgeben. Das alles sind großartige Erfolge, und doch bilden sie nur einen Anfang, eben den Beginn des Atomzeitalters.

Trotzdem könnte ein Vorwitziger die Frage stellen: Und was wird, wenn die Uranvorräte der Erde erschöpft sind? Schon seit einigen Jahren arbeiten Wissenschaftler verschiedener Länder mit Erfolg daran, die in den Wasserstoffatomen enthaltene Kernenergie der Menschheit nutzbar zu machen.

Wenn das gelingt – und niemand zweifelt daran – wird das Weltmeer selbst zur Treibstoffquelle von morgen werden und die Menschheit aller Energie-sorgen entheben. Die Lösung dieses Problems öffnet den Blick in eine leuchtende Zukunft, in der das vom Menschen beherrschte Wasser immer vollkommener für uns arbeiten wird.

# INHALTSVERZEICHNIS

|  |    |
|--|----|
| <b>DIE ABENTEUER DER WASSERTROPFEN</b>                 |    |
| Eine folgenreiche Reise                                | 5  |
| Die „verirrten“ Regentropfen                           | 7  |
| Eine unterirdische Schatzkammer                        | 8  |
| Glückliche Heimkehr                                    | 9  |
| <br>   |    |
| <b>ERSTE STATION: DIE QUELLEN</b>                      |    |
| Der „Schlund“ der Erde                                 | 10 |
| Wem Halle seinen Namen verdankt                        | 13 |
| Riesen und Zwerge                                      | 17 |
| Artesische Brunnen                                     | 19 |
| <br>   |    |
| <b>ZWEITE STATION: DER FLUSS</b>                       |    |
| Ein Blick auf die Karte                                | 22 |
| Die „ungezähmten“ Flüsse                               | 24 |
| Die Sorgen des Reiches                                 | 26 |
| Was das Flußbett erzählt                               | 32 |
| Orellana entdeckt den Amazonas                         | 36 |
| <br>   |    |
| <b>BEKANNTSCHAFT MIT DEM GROSSEN<br/>„UNBEKANNTEN“</b> |    |
| Das Meer der Finsternis                                | 39 |
| Die Eroberung der Ozeane                               | 41 |
| Einwanderer aus Übersee                                | 46 |
| Was uns der Globus zeigt                               | 49 |
| <br>   |    |
| <b>VOM LEBEN DER OZEANE</b>                            |    |
| Salzdieb „Rhein“                                       | 51 |
| Warmwasserheizung der Kontinente                       | 53 |
| Der Mond als Schwerarbeiter                            | 55 |
| Sturmflut  | 59 |
| Angeklagt ist das „Große Unbekannte“                   | 61 |
| Das Schuldkonto der „Mordsee“                          | 63 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>GESETZE DER NATUR</b>                            |     |
| SOS – Eisberg!                                      | 66  |
| Der Gletscher kalbt                                 | 69  |
| Wunderwelt im Schneegestöber                        | 76  |
| Eine wichtige Erkenntnis                            | 80  |
| <br>  |     |
| <b>WASSER + X = WETTER</b>                          |     |
| Von Hellsehern und Sternguckern                     | 84  |
| Beobachter mit tausend Augen                        | 88  |
| Vom Wetterbeobachter zum Wetterlenker               | 92  |
| <br>  |     |
| <b>OHNE WASSER KEIN LEBEN</b>                       |     |
| Der Wasserhaushalt des menschlichen Körpers         | 94  |
| Kann man Wasser essen?                              | 97  |
| Nahrung aus dem Wasser                              | 99  |
| <br>  |     |
| <b>DAS WASSER IN DER RETORTE</b>                    |     |
| Ist Wasser ein Element?                             | 104 |
| Eine denkwürdige Sitzung                            | 108 |
| H <sub>2</sub> O                                    | 110 |
| <br>  |     |
| <b>WIE KOMMT DAS WASSER INS HAUS?</b>               |     |
| Wie die Römer das Wasser in ihre Hauptstadt führten | 112 |
| Ein nützlicher Helfer des Menschen                  | 115 |
| Wasserhaushalt der großen Städte                    | 120 |
| Beim Bau einer Talsperre                            | 124 |
| Das Wasser kommt in die Stadt                       | 128 |
| Im „Darm“ von Berlin                                | 131 |
| <br>  |     |
| <b>KANÄLE VON GESTERN</b>                           |     |
| Straßen aus Wasser                                  | 135 |
| Städte im Meer                                      | 138 |
| Die Familie der Kanäle                              | 141 |
| Ein Wunschtraum wird Wirklichkeit                   | 144 |
| „Das Tor der Tränen“                                | 147 |
| Der Skandal von Panama                              | 151 |

## KANÄLE VON HEUTE

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| Poesie der großen Bauten          | 154 |
| Das Schiff auf der Treppe         | 158 |
| Ein Meer entsteht                 | 160 |
| Geschwindigkeit ist keine Hexerei | 163 |
| Wir brauchen einen neuen Atlas    | 167 |
| Von der Elbe bis zum Gelben Meer  | 172 |

## VOM MÜHLENRAD ZUR WASSERTURBINE

|   |     |
|---|-----|
| Es klappert die Mühle am rauschenden Bach | 176 |
| Die ständig bewegte Maschine              | 180 |
| Die Erfindungen des Leonardo da Vinci     | 183 |
| Der Dampf wird gezähmt                    | 185 |
| Pferdestärken mit Dampf                   | 188 |

## WEISSE KOHLE

|                                    |     |
|------------------------------------|-----|
| Riesenkräfte der Arbeit            | 192 |
| Schwarze Diamanten und weiße Kohle | 195 |
| Blick in die Zukunft               | 198 |

Kurt David

## DER ERSTE SCHUSS

Im Mittelpunkt der Erzählung stehen Max und Peter. Bei ihnen entsteht eine kleine Widerstandsgruppe, und es geht letzten Endes um die Frage: Das Gewehr in wessen Hand? Der Autor ergreift so leidenschaftlich Partei, daß er seine Leser zwingt, mit ihm die Partei der gerechten Sache zu ergreifen.

Illustrationen von Paul Rosié

112 Seiten, Halbleinen mit Schutzumschlag · 4,- DM

Für Leser von 12 Jahren an

DER KINDERBUCHVERLAG BERLIN



**Marcello Argilli**

## **DIE PIONIERE VON VALLESCURA**

**Übersetzung aus dem Italienischen  
von H. C. Gärtner-Scholle**

**Eine Erzählung aus Italien. Sie schildert, wie die Pioniergruppe eines Dorfes sich begeistert für die Urbarmachung ungenutzten Bodens einsetzt, und wie energisch sie sich an den Rettungsaktionen während einer Überschwemmung beteiligt.**

**Illustrationen von José Sancha**

**208 Seiten**

**Halbleinen mit Folie**

**7,50 DM**

**Für Leser von 10 Jahren an**

**DER KINDERBUCHVERLAG BERLIN**

# MEHR WISSEN – MEHR VERSTEHEN

|        |             |                                      |
|--------|-------------|--------------------------------------|
| Nr. 1  | Kleffe      | Energie der Zukunft                  |
| Nr. 2  | Kannenberg  | Auf den Spuren des Lichts            |
| Nr. 3  | Seyfert     | Vögel auf großer Fahrt               |
| Nr. 4  | Czaya       | Schätze des Meeres                   |
| Nr. 5  | Lewandowska | Tiere als Baumeister                 |
| Nr. 6  | Hitziger    | Dem Mann im Monde auf der Spur       |
| Nr. 7  | Alschner    | Tiere auf großer Wanderung           |
| Nr. 8  | Zabinski    | Wie der Elefant zu seinem Rüssel kam |
| Nr. 9  | Seyfert     | Aus den Gärten des Südens            |
| Nr. 10 | Iljin       | Die Sonne auf dem Tisch              |
| Nr. 11 | Iljin       | Wie spät ist es?                     |
| Nr. 12 | Feustel     | Gräser erobern die Erde              |
| Nr. 13 | Perelman    | Heitere Mathematik                   |
| Nr. 14 | Bauer       | Vom Ursprung der Menschen            |
| Nr. 15 | Hitziger    | Feuerpfeile in den Weltraum          |
| Nr. 16 | Czaya       | Schätze der Erde                     |
| Nr. 17 | Victor      | Der Mann, der die Welt veränderte    |
| Nr. 18 | Kleffe      | Vorstoß ins Unbekannte               |
| Nr. 19 | Kuczynski   | Vom Knüppel zur automatischen Fabrik |
| Nr. 20 | Dishur      | Der gläserne Strom                   |
| Nr. 21 | Basan       | Götter, Mais und Isotope             |
| Nr. 22 | Czaya       | Hafen, Schiffe, Kapitäne             |
| Nr. 23 | Victor      | Der beste Freund                     |

DURCH DIE WIT-BÜCHER

DER KINDERBUCHVERLAG BERLIN





# **MEHR WISSEN – MEHR VERSTEHEN**

Die „Welt in der Tasche“

Unsere Buchreihe aus Forschung und Technik

Jeder Band

**2**  
MARK

