

HELMUT STAPF



SALZ

überall



HELMUT STAFF
SALZ ÜBERALL

JUGENDBUCHREIHE „ERLEBTE WELT“ BAND 41

HELMUT STAPP

Satz überall

*Mit 4 farbigen Tafeln
und Federzeichnungen von Hans Happach
und 40 Abbildungen auf Tafeln*

JUGENDBUCHVERLAG ERNST WUNDERLICH

Lizenz Nr. 359-425/2/54 · 1.—10. Tausend
Alle Rechte durch den Verlag vorbehalten
Satz und Druck in Borgis Fourrier Antiqua bei
Buchdruckerei Oswald Schmidt KG. Leipzig III/18/65
Druck der Tafeln J. Schmidt, Markneukirchen

INHALT

Wie die Salzlager entstanden sind

Vom Salz	7
Salz in prähistorischer Zeit	8
In Salzsteppen und Salzwüsten	13
Das Meer als Salzlösung	25
Die Entstehung der Salzlager	29
Von Salzsätteln und Salzstöcken	38

Von der Gewinnung des Salzes

Überall Salz	43
Zwischen den weißen Pyramiden der Meersalinen .	46
Von Sole und Dornstein	47
In fröhlicher Rutschenfahrt durchs Haselgebirge.	58
Im Sprühregen der Salzglocken	63
Im Steinsalzbergwerk	67

Salz im Haushalt des Menschen und im Haushalt der Natur

Salze im menschlichen Körper	71
Salz und Ernährung	75
Desinfizieren und Konservieren mit Salz	78
Kalisalze fördern Pflanzenwuchs	79
Salz, das Mädchen für alles im Haushalt	83
Heilmittel Salz	86

Salz als Rohstoff der chemischen Industrie

Rohstoff Salz	89
Leichtmetalle aus Salz	91
Gift gegen Gift	93
Chlor aus Salz	94
Laugen aus Salz	95
Bleichmittel aus Salz	97
In der Salzsäurefabrik	100
Soda, Lehrmeisterin der chemischen Industrie ..	104

Stichwortverzeichnis und Bilderläuterungen ..	115
--	------------

Wie die Salzlager entstanden sind

Vom Salz

Das ist ein Leben heute! Hochzeit! Vor dem Hause der Braut-eltern drängen sich die Kinder und spannen ein buntes Band über den Weg. Daran hängen, zu kleinen Sträußen gebunden, die ersten Veilchen, die der Frühling hat wachsen lassen. Nun naht das junge Paar. Erwartungsvoll stehen die Kinder und blicken auf das kleine Hindernis. Ein kurzer Ruck, und das blumen-behangene Band sinkt zerrissen zu Boden. Der Weg ins neue Heim ist frei. Tannenbäume rahmen den Eingang. Über die mit Blumen und Tannengrün bestreuten Stufen steigen die Neuver-mählten empor. Dann kommt der feierliche Augenblick, in dem ihnen der Willkomm überreicht wird. Ein runder Brotlaib ist's und eine Tüte Salz.

Brot und Salz, nie sollen sie im neuen Haushalt fehlen, nie soll Not daran sein. Mit diesem Wunsch wird das Paar im Haus empfangen. Denn

„Salz und Brot
macht Wangen rot
und schlägt den Hunger tot!“

Wir können beide nicht missen, Brot und Salz, können ohne sie nicht leben. Eines ist so wichtig wie das andere.

Die gleiche Sitte finden wir in abgewandelter Form in slawischen Ländern wieder. Dort bringt der Gastgeber dem Gaste noch heute Brot und Salz entgegen als Zeichen, daß der Gast in seinem Hause willkommen ist und keinen Mangel leiden soll. Und wenn ein Araber einem Fremden vorwirft, er habe mit ihm Salz und Brot geteilt, so will er damit sagen, er habe das ihm bewiesene Vertrauen mißbraucht und die dargebotene Freundschaft ge-brochen. Wenn man im Orient ausdrücken will, daß jemand in fremden Diensten steht, heißt es: „Er ißt dessen Salz.“

Besonders hoch steht Salz dort im Kurs, wo man es nicht in der Natur findet. „Er nimmt Salz zu seiner Speise“ bedeutet in der Rede afrikanischer Negerstämme, die unter Salzangel leiden: „Das ist ein reicher Mann!“

Bei uns hingegen ist Salz etwas so Selbstverständliches, daß wir nur von einem ganz armen Schlucker sagen: „Er hat nicht das Salz zum Brote.“

Auf die Verwendung des Salzes als Würze deuten andere Sprichwörter hin. Etwas, das ohne Gehalt und ohne Kraft ist, hat „weder Salz noch Schmalz“. Die Bauersfrau auf der Schwäbischen Alb bereitet ihr Essen nach dem Grundsatz: „Immer gut sälzele und gut schmälzele!“ Dann wird sich's auch gut essen lassen!

Wir können nicht nur die Speisen salzen. Gar oft führen wir auch „gesalzene Reden“ und geben „gesalzene Witze“ zum besten. Und mancher schreibt „gesalzene Rechnungen“ aus und hat „gesalzene Preise“.

Schließlich mißt schon Herodot an dem verbrauchten Salz den Wert einer Freundschaft, indem er schreibt:

„Eine Freundschaft hat sich erst dann bewährt,
wenn man zusammen einen Scheffel Salz hat verzehrt.“

Haben wir aber einmal Salz verschüttet, so gibt es nach einem weit verbreiteten Aberglauben noch am selben Tage Streit und Tränen.

Salz in prähistorischer Zeit

Das Salz, das eine so wichtige Rolle in unserem Leben spielt, wurde schon früh vom Menschen entdeckt. Nur wenige Völkstämme auf der ganzen Erde leben noch heute ohne Salz. Sie ernähren sich vorwiegend vom Fleisch ihrer Jagd- oder Herdentiere und wohnen fernab vom Meere und von Salzlagern.

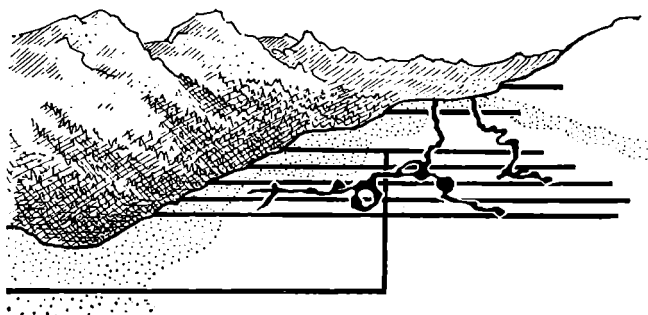
Ebenso nährten sich die Menschen in den Anfangsstufen der Kultur vorwiegend von Tieren. In dem Fleisch der Schlachttiere nahmen sie alle Nährsalze mit auf, deren sie zum Aufbau ihres Körpers bedurften. Aber schon als Jäger und Nomaden lernten

sie das Salz von einer besonderen Seite her schätzen. Mit seiner Hilfe konnten sie sich vom Jagdglück des Tages unabhängig machen. Mit seiner Hilfe speicherten sie die zu gewissen Jahreszeiten reich anfallende Beute für Tage, an denen sie sonst hungern mußten. Sie salzten das Fleisch ein und bewahrten es damit vor Fäulnis und Zersetzung. Nun lebten sie nicht mehr aus der Hand in den Mund. Durch das Konservierungsmittel Salz wurden sie unabhängiger von den Zufällen der Jagd. Die Verwendung des Salzes erwies sich damit als ein Schritt vorwärts zu einer höheren Kultur.

Die älteste uns bekannte Schilderung eines Salzlagers gibt Herodot; er beschreibt das Lager am Ammontempel, der zehn Tagereisen vom ägyptischen Theben entfernt ist. In der Lufttrockenheit des Wüstenklimas hatte sich dort ein Lager aus sehr reinem Kochsalz gebildet. Die glitzernden Salzkristalle waren nur von einer dünnen Deckschicht aus Sand und losem Gestein überlagert. Man konnte das Salz leicht gewinnen. In seiner Reinheit war es durchsichtig wie Kristall. Man verwendete es für Kulthandlungen und religiöse Opfer. Darüber hinaus aber war es ein vielbegehrter Handelsartikel. Ein schwunghafter Salzhandel führte zum Ausbau der Karawanenstraßen, die von Theben bis zu den Säulen des Herkules, bis zum Senegal und bis nach Timbuktu im fernen Sudan reichten. Der Tempel des Ammon wurde durch das Salz weit und breit berühmt, und steinzeitliche Gerätefunde beweisen zugleich das hohe Alter des Salzhandels in den nord- und ostafrikanischen Gebieten.

Auch in Europa haben wir ein sehr wichtiges Zentrum der Salzgewinnung in vorgeschichtlicher Zeit. Das ist Hallstatt im Salzkammergut. Der Ort breitet sich am Hallstätter See aus, und seine Häuser staffeln sich am Hange des Hallstätter Salzbergs. Seit Jahrtausenden trägt dieser menschliche Siedlungen, die ihre Entstehung dem Salze verdanken, und lange vor dem Beginn der Eisenzeit gab es schon Pfahlbausiedlungen am See. An zahlreichen Stellen des Berges treten salzhaltige Wässer zutage. Zunächst dampfte man diese Lösungen in großen Tongefäßen ein. Aber bereits in der Jüngeren Steinzeit wagte man sich auch in die Tiefe des Bergs, und schon damals begann man mit regel-

rechtem bergmännischem Abbau. Die prähistorischen Stollen, die wir im Berge finden, haben eine Länge von 320, 350 und sogar 400 Metern und erreichen eine Tiefe von 260 Metern. Sorgfältig war in den alten Stollen das Deckgebirge aus Salzton durch Auszimmern abgestützt. Wir bezeichnen heute die Überreste der Stollen und Auszimmerungen zusammen mit dem nachgequollenen Salzton als „Heidengebirge“ und fragen uns immer von neuem, wie die Menschen dieser Frühzeit mit ihren primitiven Werkzeugen solche bergbaulichen Leistungen vollbringen konnten.



Prähistorischer Salzbergbau im Hallstätter Salzberg. Vielfältig gewunden durchziehen die alten Stollenanlagen den Berg. Die gerade gezeichneten Stollen sind die heutigen Abbaustrecken

In den Stollen des Heidengebirges finden wir zahlreiche Reste von Werkzeugen und Kleidung. Bald sind es Steinbeile und die zugehörigen Holzstiele, dann wieder entdecken wir Steinschlegel aus Serpentin und anderem Gestein. Diese Werkzeuge lassen deutlich erkennen, daß bereits in der Jüngeren Steinzeit Bergbau betrieben wurde. Daneben finden wir Stiele von Bronzebeilen, Reste von Kienspänen, die als Beleuchtung dienten, ferner Schuhe, Fellhauben, Ledertaschen und auch die Holzschaukeln, mit denen das Salz weggeschafft wurde. Das Salz konservierte sogar die Speisenreste der vorgeschichtlichen Bergleute und vereinzelt auch diese selbst, wenn sie im Bergwerk verunglückt und von den niederbrechenden Salzmassen verschüttet worden waren.

In späterer Zeit wurden die steinzeitlichen und bronzezeitlichen Werkzeuge durch eiserne Geräte ersetzt. Zahlreiche Funde dieser Art führten dazu, daß man die erste Periode der Eisenzeit nach dem Fundort als „Hallstattzeit“ benannte. Sie umfaßt den Zeitraum von 1400 bis 600 v.u.Z. Nach dieser Zeit hört der Bergbau in Hallstatt auf. In der folgenden Latènezeit, die von 600 bis 100 v.u.Z. reicht, wanderten aus Gallien Kelten ein. Sie brachten die Kunst des Salzsiedens mit. Auf einem Gräberfeld der Latènezeit bei Hallstatt finden wir große Mengen von Kalksteinen beieinander; sie tragen die Spuren der Erhitzung im Feuer und sind untermischt mit verkohlten Holzresten. Daneben entdecken wir Reste von Holzröhren. In ihnen leitete man salzhaltige Wässer heran, die sich durch Wassereintrübe in den alten Stollen und Schachtanlagen gebildet hatten. Entweder ließ man das Wasser in kleine, mit wasserundurchlässigem Ton ausgekleidete Becken fließen und warf erhitzte Steine in die Salzlösung, damit das Wasser verdampfte. Oder, was wahrscheinlicher ist, man häufte Holzscheite auf, baute ringsum ein Gitterwerk von Steinen, entzündete das Holz, erhitzte so die Steine und spritzte das salzhaltige Wasser aufs heiße Gestein. Das Wasser verdampfte, und das Salz setzte sich als Kruste auf den Steinen ab. Hatten sich genügend dicke Salzkrusten gebildet, so wurden sie von den Steinen abgekratzt. Nach der gleichen Methode gewinnen noch heute Indianerstämme des Mississippi-gebiets und Völkerstämme der Südsee ihr Salz.

Schauen wir nun ins Rhein-Mosel-Gebiet hinüber, aus dem die Kelten gekommen waren! Dort wurde im Tale der Seille seit dem Neolithikum die Salzsiederei betrieben. Die Seille ist ein rechtsseitiger Nebenfluß der Mosel. Früher hieß sie Salia. Der Name deutet ebenso auf die Salzvorkommen hin wie zahlreiche Ortsnamen der Umgebung, so Marsal, Salonnes, Salées-Eaux und Salival. Hier im Seilletal erreichte die Salzsiederei ihre höchste Entwicklung in der Hallstattzeit und der darauffolgenden Latènezeit. Man leitete salzhaltiges Wasser durch Holzröhren in tonnenförmige Gefäße, die auf einem etwa 1,5 Meter hohen Gerüst aus Ziegelwerk standen. Fünfzehn Zentimeter hohe tönerner Füße trugen teils Ziegelplatten, teils tönerner Balken von

70 Zentimetern Länge, auf denen die Füße der nächsten Etage aufsaßen. So waren die Ziegeltafeln in mehreren Stockwerken übereinander angeordnet.

Darunter prasselte das Holzfeuer. Nun rieselte das salzhaltige Wasser von Platte zu Platte herab. Das Wasser verdunstete, und das Salz setzte sich auf Balken und Platten ab. Waren die Salzsichten genügend dick, so zerstörte man den Bau und kratzte das Salz von Balken und Platten ab. Den Ziegelbruch warf man auf Haufen. So liegt er noch heute. Man bezeichnet den Ziegelbruch, dessen Bedeutung man lange nicht kannte, als „Brique-tage“.

Wie alte Funde aus der Bronze- und Hallstattzeit zeigen, war die gleiche Art der Salzsiederei an einem anderen Orte üblich, nämlich am Giebichenstein bei Halle. Bereits damals waren also die beiden wesentlichsten Methoden der Salzgewinnung durchgebildet, der Salzbergbau und die Gewinnung aus salzhaltigen Wässern.

Im geschichtlichen Altertum und im Mittelalter verlegte man sich so auf das Eindunsten salzhaltiger Quellwässer, daß demgegenüber der Bergbau vollkommen zurücktrat. Später kam die Gewinnung durch Eindunsten von Meerwasser hinzu. Erst in den letzten hundert Jahren hat sich neben dem durch Eindampfen gewonnenen Siedesalz das bergmännisch gewonnene Mineral, das Steinsalz, durchgesetzt. Seine Gewinnung ist sehr einfach; daher ist es billiger als Siedesalz.

Die Entwicklung, die wir im europäischen Raume verfolgten, hat sich auch in andern Kontinenten in ähnlicher Weise vollzogen. Wir haben besonders an die Leistungen des chinesischen Salzbergbaus zu erinnern. Das chinesische Volk entwickelte schon vor mehr als tausend Jahren die Tiefbohrtechnik. 200 Kilometer westlich von Tschungking in der Provinz Setschuan finden wir die ältesten uns bekannten Tiefbohrungen. Man richtete dreißig bis vierzig Meter hohe Bohrtürme aus Baumstämmen auf. Sie trugen im oberen Teile an einem Balken ein großes Rad, über das ein Bambusseil lief. An diesem war ein Stahlmeißel befestigt. Durch Menschenhand wurde er gehoben und fiel dann, der Schwerkraft folgend, in die Tiefe. Mehrere Jahrzehnte dauerte eine einzige Bohrung. Aber die Leistung wurde vollbracht, und

man erbolirte Salzlager, die sich 1000 bis 1150 Meter unter der Erdoberfläche befanden.

Obwohl sich in den einzelnen Landstrichen die Salzgewinnung, den natürlichen Vorkommen entsprechend, selbständig entwickelte, stimmen doch die Gewinnungsmethoden in ihren Grundzügen überein. Man baut entweder das mineralische Steinsalz ab oder geht von den Salzwässern aus. Diese stehen teils als Meerwasser zur Verfügung, teils quellen sie dort, wo unterirdische Lagerstätten ausgelaugt werden, als Salzquellen aus der Erde hervor. Sind die natürlichen Wässer nicht salzhaltig genug, so geht der Mensch zur künstlichen Auslaugung unterirdischer Salzlager über. Anfangs dienten die Produkte seines Fleißes und der handwerklichen Geschicklichkeit lediglich zur Deckung des Eigenbedarfs. Später betrieb man die Gewinnung gewerbsmäßig. Händler brachten das Salz als Tauschware in ferne Länder und handelten andere Waren dagegen ein. Neue Handelswege, die „Salzstraßen“, entstanden neben den alten Bernstein- und Seidenstraßen. Und noch heute finden wir den Namen „Salzstraße“ für alte Handelswege, die nach Halle an der Saale und nach Reichenhall in Bayern führen. Das waren bekannte Mittelpunkte mittelalterlicher Salzgewinnung, von denen das Salz als Handelsware in weitem Umkreis ausgeführt wurde.

In Salzsteppen und Salzwüsten

Steppen und Wüsten unserer Erde waren und sind die großen Bildungszentren der Salzlager. In kleinen Ausmaßen entstehen sie dort aus abflußlosen Sümpfen und Seen, in großen Ausmaßen durch Eindunsten großer, flacher Meeresbuchten. Studieren wir zunächst die Bildung der Salzlager aus abflußlosen Endseen!

Aus den Gebirgen quellen Flüsse und Ströme hervor, folgen dem Gefälle und fließen in Tiefebenen und Senken. In Senken, die tiefer als der Meeresspiegel liegen, aber zum Teil auch in ausgedehnten Hochebenen, fängt sich das Wasser der Flüsse in abflußlosen Endseen. Das kann allerdings nur in subtropischen und tropischen Gebieten geschehen, in denen die trockene

Luft die Feuchtigkeit sehr rasch aufnimmt und Wasserzufluß und Wasserverdunstung sich die Waage halten. Der Aralsee und das Kaspische Meer in der Sowjetunion, das Tote Meer in Palästina und der Große Salzsee (Great Salt Lake) in Utah (USA) sind Beispiele solcher Endseen, die einen stetigen und starken Wasserzufluß, aber keinen Abfluß besitzen.

Untersuchen wir das Wasser dieser Seen, so stellen wir einen mehr oder weniger hohen Salzgehalt fest. Wir finden im Wasser

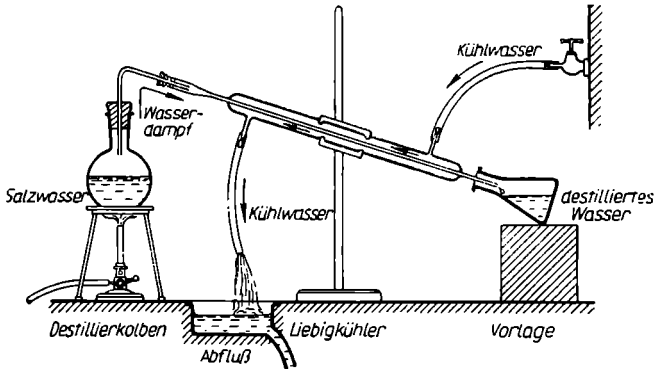
des Aralsees	1,0% Salz
des Kaspischen Meers	1,1 bis 1,3% Salz
des Großen Salzsees	bis 27% Salz
des Toten Meers	28% Salz
des Eltonsees (UdSSR)	bis 29% Salz

Woher kommt das Salz? Da ist zum Beispiel der Aralsee! In ihm stauen sich die Wassermassen der sibirischen Ströme Syr Darja und Amu Darja. Im Toten Meer sammeln sich die Wassermassen des Jordans, im Großen Salzsee die des Bear Rivers. Diese Flüsse führen kein Salzwasser. Wir unterscheiden auf der Erde zwischen dem Salzwasser des Meers und dem Süßwasser, das als Grundwasser den Boden der Kontinente durchströmt und als Flußwasser dem Meere zuströmt. Abgeschlossene Meeresbecken, die das Wasser zahlreicher Flußläufe aufnehmen, enthalten Wasser, das nur einen sehr geringen Salzgehalt hat; wir sprechen dann von Brackwasser. Ein Beispiel ist die Ostsee, deren Wasser von Westen nach Osten zu immer salzärmer wird.

Aber das Süßwasser der Kontinente ist nicht etwa reines Wasser. Das gibt es in der Natur nicht. Die Fähigkeit des Wassers, Gase und feste Stoffe zu lösen, ist derart groß, daß es immer irgendwelche Fremdbestandteile aufnimmt. Reines Wasser können wir nur durch Destillieren gewinnen. Wir füllen zum Beispiel Meerwasser in einen Glaskolben, führen durch den Stopfen des Kolbens ein Gasableitungsrohr und verbinden dieses mit einem Kühler, der in einer Vorlage endet.

Nun erwärmen wir das Wasser im Kolben. Das Wasser verdampft. Der Wasserdampf entweicht und durchströmt das Mittelrohr des schräg gelagerten Kühlers. Im Kühlermantel fließt ihm

Kühlwasser entgegen. Durch das Entgegenströmen trifft der Heißdampf auf das schon vorgewärmte Kühlwasser, der etwas abgekühlte Dampf auf das kältere Wasser, der stark abgekühlte Dampf auf das Kaltwasser. So herrscht in allen Teilen des Kühlers eine Temperaturdifferenz zwischen Dampf und Kühlwasser. Sie führt dazu, daß der Dampf schließlich derart abgekühlt wird,



Destillationsanlage zur Gewinnung von chemisch reinem, destilliertem Wasser

daß er kondensiert, das heißt, sich zu Wassertröpfchen verdichtet. Die Tröpfchen fließen in die Vorlage ab. Dort sammelt sich reines, „destilliertes“ Wasser. Die Salze, die im Einsatzwasser gelöst waren, bleiben als fester Rückstand im Kolben. Dieser Destillationsvorgang vollzieht sich in der Natur im Großen. Das Wasser des Meers, der Flüsse und der Seen und das Bodenwasser verdunsten ständig infolge der einstrahlenden Sonnenwärme. Wasserdampf steigt in der Luft empor und gelangt in immer kühlere Regionen. Dort verdichtet er sich zu kleinsten Wassertröpfchen, und es bilden sich Wolken. Unter bestimmten Bedingungen ballen sich die Wassertröpfchen zu größeren Tropfen zusammen und fallen als Regen zur Erde nieder. Das Regenwasser ist also seinem Ursprung nach destilliertes und damit chemisch reines Wasser. Aber bereits beim Niederfallen nimmt es aus der Luft Kohlendioxyd auf und bildet mit diesem

Kohlensäure. Der Kohlensäuregehalt setzt es in den Stand, bestimmte Gesteine und Bestandteile des Bodens zu lösen. Im Boden belädt es sich zusätzlich mit Kohlendioxyd und Humus-säuren, die der Verwesung pflanzlicher und tierischer Stoffe entstammen. Dadurch vergrößert sich seine lösende Kraft. So enthält schon das Grund- und Quellwasser zahlreiche Salze, wenn auch in geringen Mengen, die es aus dem Boden gelöst hat. Einen Teil von ihnen kennen wir als die „Härtebildner“, die das Schäumen der Seife verhindern und ihre reinigende Kraft zunichte machen. „Süß“wasser ist also nicht etwa salzfreies Wasser, sondern nur salzarmes Wasser. Es enthält so geringe Salzmengen, daß unser Geschmack es nicht als salzig empfindet.

Ein Teil der im Grundwasser gelösten Salze, so vor allem die Kaliumsalze, werden in den winzigen Hohlräumen des Bodens zurückgehalten. Es sind wichtige Pflanzennährsalze. Andere aber, wie die Natriumsalze, werden vorwiegend vom Grund- und Flußwasser hinweggetragen und gelangen ins Meer oder in die abflußlosen Endseen der Flußläufe. Täglich erhalten diese mit dem Wasser einen geringen Zuwachs an Salz. Das Lösungsmittel, das Wasser, verdunstet. Zurück bleibt das Salz. So muß der Salzgehalt der Endseen allmählich steigen.

Die sinnfällige Wirkung als Sammelbecken für alle im Wasser gelösten Festbestandteile kann aber nur in dem Trockenklima der Steppen und Wüsten praktisch in Erscheinung treten. Die trockene Luft läßt dort das Wasser verdunsten, wo immer es auftritt. Auch das Bodenwasser, das in den feinsten Hohlräumen des Erdbodens festgehalten wird, verdunstet. Die Salze, die im Wasser gelöst waren, bleiben als Salzausblühungen des Bodens zurück. Wir kennen sie aus den westlichen Teilen der südamerikanischen Pampas. Fällt dort einmal eine Woche lang kein Regen, so dörrt der Boden aus, und in den Bodenvertiefungen bilden sich überall funkelnde Salzkristalle. Es hat fast den Anschein, als ob ein leichter Schneefall gewesen wäre und der Wind

Das Todestal in Nordamerika; im Hintergrunde der 3366 m hohe Telescope Peak; im Vordergrund ein Salzwassertümpel, der 94 m unter dem Meeresspiegel liegt





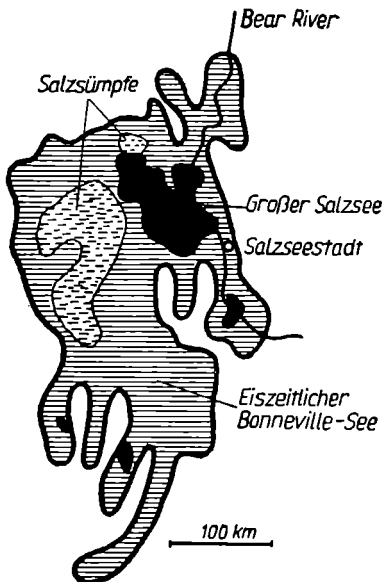
hätte die Schneeflocken in die Vertiefungen des Bodens verweht. Beim nächsten Regen werden die Salzausblühungen des Bodens zusätzlich gelöst. Meist fließt das Wasser oberflächlich rasch ab und erhöht den Salzgehalt der Flüsse und der Endseen. Deren Salzgehalt ist also nicht nur einer örtlich begrenzten Wasserverdunstung des Endsees zuzuschreiben, sondern hat seine Hauptursache in einem weiträumigen Verdunstungs- und Versalzungsvorgang eines großräumigen Steppen- oder Wüstengebiets bei extrem trockener Luft.

Wenden wir uns einmal solchen abflußlosen Gebieten zu! Da finden wir in Nordafrika zwischen Küstenatlas und Saharaatlas ein Hochland und südlich des Saharaatlas eine weit ausgedehnte Senke. Beide enthalten zahlreiche Salzsümpfe und Salzseen, die man Schotts nennt. Regenarm ist das Land. Es regnet nur im Frühjahr und im Herbst. Für kurze Zeit führen begrenzte Flußläufe das Wasser vom Gebirge herab. Dann ergrünt der Boden. Neben Gräsern gedeihen Gewächse, die Zwiebeln als unterirdische Nährstoffspeicher besitzen. Die Zwiebeln geben ihnen die Möglichkeit, in der kurzen Vegetationsperiode zu blühen und zu fruchten. Denn nicht lange halten die günstigen Lebensbedingungen für den Pflanzenwuchs an. Sonne und Wüstenwind trocknen den Boden rasch wieder aus, und auch die Grasnarbe verdorrt; sie wird fahl und gelb wie der Sand.

Während der Regenzeit kommt Bewegung in die Schotts. Die aufgehäuften Salzmassen werden an der Oberfläche aufgelöst. Es bilden sich ausgedehnte Salzsümpfe. Lebens- und verkehrsfreudlich liegen sie da, und die Karawanen ziehen in weitem Bogen über die umliegenden Dünen und Höhenzüge. Allmählich trocknen die Sümpfe wieder aus. Salzkristalle bedecken ringsum den Steppenboden mit einer glitzernden Kruste. Dann kann keine Pflanze mehr gedeihen. Das Wasser der Schotts wird schwerer und unbeweglicher, und viele Salzsümpfe kristallisieren bis zum Grunde aus. Menschen und Tiere sind dann einer doppelten Glut ausgesetzt, der Sonnenstrahlung von oben und

Hoch über der Wüste liegt auf dem Salz- und Gipsberg
in der ostindischen Salzkette die Stadt Amb

der Rückstrahlung der Wärme und des Lichts von den Salzkrusten. Das ist ein Flimmern in der Luft! Die Augen brennen und versagen ihren Dienst. Und in dem unerträglichen Gleißeln, in dem Zittern der aufsteigenden erhitzten Luft entstehen Luftspiegelungen eigener Art, die Truggebilde der Fata Morgana. Kommen wir vom Süden Tunesiens, etwa aus der Gegend von Kebilli, und wollen zu den Oasen von Toseur und Nefta reiten,



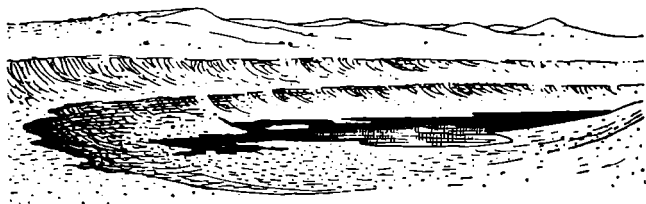
Der Große Salzsee als Überrest des eiszeitlichen Bonneville-Sees (Utah)

so sehen wir schon von weitem die weißen Streifen der Schotts aufleuchten. Die begrenzenden Bergketten sind wie mit Silber unterlegt. Der Boden blitzt im Sonnenglast. Dann liegt er vor uns, der weite schimmernde Grund, die Senke des Schott el Dscherid, des größten der nordafrikanischen Salzsümpfe. Mit einer Fläche von weit über 7000 Quadratkilometern hat er die vierzehnfache Ausdehnung des Bodensees. Nur in den Regenperioden müssen die Karawanen den beschwerlichen Umweg um die große Senke wählen. In den Trockenzeiten

aber schwimmt eine feste, tragfähige Salzkruste gleich einer Eiskecke auf dem schlammigen Grund. Die Kruste trägt Mensch und Kamel, und nun ziehen die Karawanen geradeswegs über die weite Wüste. Bestimmte Stellen sind besonders trocken. Dort werden die Lager für die Nacht errichtet; in ihnen warten die Karawanen den folgenden Tag ab, um ihre beschwerliche Reise fortzusetzen. An einer Stelle, dem Bir el Monzof, ist mitten im Schott auf der Karawanenstraße ein Süßwasserbrunnen gefaßt, der aus

der Tiefe klares Süßwasser liefert. Das ist bezeichnend für den Boden der Salzsteppe. Er weist zwei Wasserschichten auf, an der Oberfläche Salzwasser und in den tieferen Lagen einen Grundwasserspiegel aus Süßwasser. Dieses allein ermöglicht das Leben in der Salzsteppe.

Ist es hier die Monotonie der Wüste, so ist es die Trostlosigkeit und Öde der Felsszenerie, die uns im Death Valley, dem „Tal des



Die Strandterrassen des eiszeitlichen Bonneville-Sees

Todes“, in ihren Bann schlägt. Es ist eine Senke in der Sierra Nevada, im Westen der USA. Ein langgestreckter Talzug ist's, ohne Pflanzenwuchs, ohne tierisches Leben. Schneebedeckte Berggipfel von über 3000 Metern Höhe spiegeln sich in den Salztümpeln des Tals, die bis 94 Meter unter dem Meeresspiegel liegen. Salzausblühungen in den bizzarsten Formen bilden unüberschreitbare Barrieren. Der Volksmund bezeichnet sie als „Werkstatt der Gnomen“. Sie bieten in ihren eigenwilligen Formen und in ihrer imponierenden Ausdehnung einen einzigartigen Anblick.

Unser besonderes Interesse findet auch der Große Salzsee in Utah. Er ist der kümmerliche Überrest eines viel größeren eiszeitlichen Seebeckens, des Bonneville-Sees. Sein Wasserstand schwankt in weiten Grenzen. An den umgebenden Berghängen sehen wir zwei ältere Strandlinien in 300 und 190 Metern Höhe über dem heutigen Seespiegel. Sie zeigen uns die einstige Ausdehnung des eiszeitlichen Bonneville-Sees, der 51 000 Quadratkilometer bedeckte. Heute hat der Große Salzsee nur reichlich die sechsfache Größe des Bodensees und bedeckt eine Fläche von 3500 Quadratkilometern. Der Eindunstungsprozeß ist noch

nicht abgeschlossen. Schon löst sich die Seefläche in mehrere kleinere Teilgebiete auf, in denen die Austrocknung beschleunigt weitergeht. In den letzten zwanzig Jahren ist der Wasserspiegel um 4 Meter gesunken, und wir messen heute nur noch Wassertiefen von 4 bis 14 Metern. Aber noch ist das Wasser des Sees an Salz nicht völlig gesättigt. Am Boden haben sich vorläufig nur das schwer lösliche Kalziumkarbonat CaCO_3 als Kalkstein und das Kalziumsulfat CaSO_4 als wasserhaltiger Gips abgeschieden. Das Kochsalz ist noch in Lösung. Es wird aus dem konzentrierten Salzwasser des Sees durch Abdampfen in Salzpflanzen mühelos gewonnen.

Den gleichen Vorgang eines sich in Einzelbecken auflösenden großen Seengebietes können wir im Südwesten der Sowjetunion beobachten. Das Kaspische Meer ist mit 348000 Quadratkilometern Fläche der größte Binnensee der Welt. Sein Wasserspiegel liegt 26 Meter tiefer als derjenige des Schwarzen Meers. Es ist ein abflußloser Endsee in der südrussischen Steppe, wie östlich davon der Aralsee mit 63000 Quadratkilometern Fläche. Beide Seen sind Reste eines größeren Meeresbeckens, das durch Wasserverdunstung bereits stark eingeengt worden ist. Die Größe der Wasserverdunstung können wir schon allein daran ermessen, daß der Ural im Mittellauf wesentlich wasserreicher ist als an der Mündung. Der Boden zwischen Aral- und Kaspisee besteht auf weite Strecken aus salzigen Sanden und Tonen und ist eine von Dünen durchzogene Halbwüste. Nördlich des Kaspischen Meers finden wir zwischen Wolga und Ural mehr als 1300 Salzsümpfe und etwa 700 Salzseen, in denen kleinere Flüsse versickern oder enden. Der größte unter diesen Seen ist der Eltonsee, der bei einem durchschnittlichen Wasserstand von 50 Zentimetern ein Gebiet von 170 Quadratkilometern bedeckt. In den Trockenzeiten setzt sich an seinem Grunde reines Kochsalz ab. Im Frühjahr strömt schlammhaltiges Süßwasser ein und löst die oberste Salzschiebt wieder auf. Dann aber lagert sich eine Schlammdecke über die verbliebenen Salzschieben und verhindert deren Auflösung. Erst wenn sich der mitgeführte Schlamm abgesetzt hat und die zugeflossene Wassermenge wieder verdunstet ist, kristallisiert erneut Kochsalz aus. So bilden sich am

Grunde des Eltonsees regelmäßig wechselnde Lagen Salz und Tone. Die Schichten folgen aufeinander wie die Jahresringe im Holz eines Baumes.

Wie beim Salzsee in Utah, so ist auch beim Kaspischen Meer der Einengungsprozeß noch nicht abgeschlossen. Das Wasserbecken



Das Adjı-Darja-Haff am Kaspischen Meer

schrumpft weiter und hat in den letzten hundert Jahren 10000 Quadratkilometer Fläche verloren. Im Norden, am Einfluß der Wolga, ist das Wasser nahezu Süßwasser. Nach Süden zu steigert sich der Salzgehalt. Am Ostufer dehnt sich ein weites Haff, Adjı Darja, in die umgebende Steppe. Es bedeckt eine Fläche von 18000 Quadratkilometern und ist das klassische Bei-

spiel eines eben entstehenden Salzlagers. Nur durch einen schmalen Kanal, den „Schwarzen Schlund“ oder Kara Bugas, steht es mit dem Kaspisee in Verbindung. Aber diese Verbindung ist sehr flach. Das Wasser des Kaspisees kann zwar im gleichen Ausmaß nachfließen, wie das Wasser des Adji Darja verdunstet, aber die spezifisch schwere Salzlake des Haffs kann nicht über die Bodenschwelle ins Kaspische Meer zurückströmen.

Infolgedessen konzentriert sich die Salzlake im Haff mehr und mehr. Das Kalziumsulfat des Kaspiewassers setzt sich als Gips ab, und auch das Kochsalz wird ständig ausgeschieden. Es kommt bereits zur Bildung von Doppelsalzen, indem sich Kochsalz mit Magnesiumsulfat vereinigt und beide gemeinsam auskristallisieren. Im Sommer wird vorwiegend Natriumchlorid, im Winter an dessen Stelle vorwiegend Natriumsulfat abgesetzt. So zeigt sich auch hier eine periodisch wechselnde Schichtenfolge; sie ist durch jahreszeitliche Schwankungen in der Verdunstung bedingt.

Aus der Menge des nachströmenden Wassers hat man errechnet, daß im Adji Darja jährlich etwa 1 Million Tonnen Salze abgeschieden werden. Das ist ein Viertel der Menge, die jährlich in den deutschen Steinsalzbergwerken und Salinen gewonnen wird.

Das Adji-Darja-Haff ist ein Musterbeispiel dafür, wie sich in einem begrenzten Seebecken, das mit dem Meer in Verbindung steht, im Laufe geologischer Zeiträume gewaltige Salzmenge ablagern können. Sie stehen in keinem Verhältnis zu der geringen Wassermenge, die das Becken faßt.

An dem Haff können wir noch eine andere Erscheinung studieren. Mit dem Wasserströme gelangen im Frühjahr große Schwärme von Heringen, Welsen, Stören, Lachsen und anderen Fischen aus dem Kaspisee ins Haff. Selbst Seelunde werden dorthin verschlagen. In der Salzlake gehen sie in kurzer Zeit zugrunde. Oft finden sich am Strande des Haffs in Mengen die salzdurchtränkten Fischkörper; sie sind so gut erhalten, daß sie von den Turkmenen zum Teil noch als Nahrung verspeist werden. Das Massensterben der eingeschwemmten Tiere führt aber am Grunde des Wassers zu Anhäufungen von Tierkörpern. Im Laufe geologischer Zeiten kann aus solchen organischen Resten Erdöl entstehen. Damit findet die Tatsache ihre Erklärung, daß

wir in Mitteleuropa häufig in den Randgebieten der Salzlager Erdöl antreffen.

Besuchen wir endlich noch das Tote Meer! Es liegt in einer Senke 394 Meter unter dem Wasserspiegel des Mittelmeers. Vom Norden her strömen die Wasser des Jordans durch die hügelige Salzwüste, deren Boden bald in rötlichen Farbtönen vor uns liegt, bald von einem Teppich funkelnder Salzkristalle schneeweiß überzogen ist. Die blauen Fluten des Sees breiten sich unter uns aus. Seine Ufer werden von den Steilwänden der Hochwüste gebildet, die unvermittelt die Senke begrenzen. Der Wind kräuselt die Wellen wie bei jedem großen See und wirft Schaumkronen gegen die Uferfelsen. Aber bei näherem Untersuchen unterscheiden sich die Wassermassen des Toten Meers sehr wesentlich von denen anderer Gewässer.

Auf dem schweren, salzhaltigen Bodenwasser schwimmt als dünne Oberschicht das eben zugeflossene Süßwasser des Jordans. Es breitet sich auf der Seefläche aus und verdunstet dabei rasch. Wollten wir in dem See baden, so würden wir Überraschungen erleben. Ein Schreiten im Wasser, auch wenn wir nur knietief in ihm waten, ist sehr erschwert, und wir können uns nur mit Mühe aufrecht halten. An ein Schwimmen in der gewohnten Lage ist nicht zu denken. Der Auftrieb ist zu stark, und wir verlieren das Gleichgewicht. So sitzen wir halb aufrecht in der warmen Salzlake. Ein Tauchen ist überhaupt unmöglich. Das Gewässer stößt den Eindringling von sich, und in den Fluten kann niemand untergehen. Wir treiben auf dem See wie ein Kork auf dem Wasser.

Kein Fisch kann in dieser Salzlake leben. An den von Salzen stark durchsetzten Ufern gedeiht keine Pflanze. Kein Vogel ist rings zu sehen. Ausgestorben scheint die Landschaft, Totes Meer! Unter den Salzen, die in ihm gelöst sind, herrscht das Magnesiumchlorid vor. Zusammen mit dem Kaliumchlorid zwingt es das Kochsalz zum Auskristallisieren. Die sich bildenden Steinsalzkristalle sinken als ununterbrochener Salzregen auf den Boden des Meers.

Das seichte Südende des Sees überflutet die Niederung, in der einst fünf Städte erbaut worden waren, darunter Sodom und

Gomorrha. Wahrscheinlich wurden sie von einem Erdbeben vernichtet und danach von den Wassern des Sees überflutet. Die Salzausblühungen an den Ufern des Sees nehmen oft seltsame Formen an. Da finden wir auf blutrot gefärbtem Wüstenboden weißschimmernde Salzfelser, die in abenteuerlichen Formen in der Sonne funkeln. Sie ließen zur Sage vom Untergang der Städte Sodom und Gomorrha die Sage von Lots Weib entstehen, das sich in eine Salzsäule verwandelt habe. Die gleichen Farb-tönungen vom blutigen Rot über weiche Violett-Töne bis zum schimmernden, funkelnden Weiß finden wir in den übrigen Salzwüsten wieder. In besonders eindrucksvoller Weise beherrschen sie die Salz- und Gipsberge der ostindischen Salzkette, in deren Schutz sich die Stadt Amb hoch über der Wüste erhebt.

Der Gang durch die Salzwüsten der Erde hat uns die Ursachen für die Entstehung von Salzlagern erkennen lassen. In abflußlosen Endseen der Flußläufe sammeln sich die Salze. Dieser Anfangszustand der Salzansammlung ist zum Beispiel im Aralsee verwirklicht. Allmählich bilden sich übersättigte Salzlösungen, aus denen sich die Salze in der Reihenfolge ihrer Löslichkeit ausscheiden. Wie der 1911 in Berlin verstorbene Chemiker van't Hoff in seinen „Untersuchungen über die Bildungsverhältnisse der ozeanischen Salzablagerungen“ zeigte, spielt auch das Mischungsverhältnis der Salze in der Lösung beim Ausscheiden einzelner Bestandteile eine wichtige Rolle.

Zuerst setzt sich das am schwersten lösliche Kalziumkarbonat als Kalkstein ab. Daher ist der Seegrund häufig mit dichten Lagen von Kalksinter überzogen. Dann folgt das Kalziumsulfat, das sich in seichten Gewässern als wasserhaltiger Gips, unter Druck in größeren Wassertiefen von über hundert Metern aber als wasserfreier Anhydrit auskristallisiert. Ein Beispiel dieser Entwicklungsstufe ist der Große Salzsee von Utah, in dem sich Kalziumkarbonat und Gips bereits abgeschieden haben und nur das Kochsalz noch in Lösung ist.

Wird die Lösung weiter eingeengt, so kristallisiert auch das Natriumchlorid, das Kochsalz, aus. Das ist der augenblickliche Zustand des Toten Meeres, in dessen Fluten ständig Kochsalzkristalle zu Boden sinken. Die Abscheidung wird durch die in

großer Menge vorhandenen sogenannten Mutterlaugensalze beschleunigt. Sie sind besonders leicht löslich und verbleiben in der Restlösung der Mutterlauge. Zum Teil werden die Mutterlaugensalze jetzt im Adji Darja, dem östlichen Haff des Kaspischen Meers, abgeschieden. Die Endstufe der vollkommenen Austrocknung und Abscheidung aller Salze aber ist in den Schotts am Rande der Sahara erreicht.

Das Meer als Salzlösung

Wer im Meere gebadet hat, weiß, daß Meerwasser salzig schmeckt. Im Meer sammelt sich das Flußwasser aller Kontinente. Die Flüsse bringen ständig kleine Salz mengen mit. So bildet das Meer gewissermaßen als riesiger abflußloser Endsee aller Flüsse auch das Sammelbecken für deren Salze. Im Meere reichern sich aber die Salze nicht ebenso an wie in den Endseen innerhalb der Kontinente. Meerespflanzen und -tiere nehmen bestimmte Salze auf, andere werden aus dem Meerwasser chemisch abgeschieden. So bleibt der Salzgehalt des Meerwassers im großen und ganzen konstant.

Ein Kubikmeter Meerwasser enthält fünfunddreißig Kilogramm Salz. Würde man sechzig Kubikmeter Seewasser verdampfen, so bliebe ein Kubikmeter Salz übrig. Nach dem Verdampfen des gesamten Meerwassers würde der Boden des Stillen Ozeans mit einer hundert Meter dicken, der des Mittelmeers mit einer siebenundzwanzig Meter dicken Salzschrift bedeckt sein. Wir könnten mit dem Salz, das in den Weltmeeren gelöst ist, das europäische Festland mit all seinen Gebirgen mehr als dreimal aufbauen. So große Mengen von Salzen sind in den Meeren gelöst.

Wohl ist der Salzgehalt der einzelnen Meere nahezu konstant, und es herrscht in den Meeren ein Gleichgewicht der Stoffe, aber im einzelnen unterscheiden sich die Meere doch in ihrem Salzgehalt. Sie enthalten durchschnittlich 3,5 Prozent Salze. Der Salzgehalt ist geringer, wenn zahlreiche Süßwasserzuflüsse begrenzte Meeresteile aussüßen, wie zum Beispiel die Ostsee. Er erhöht sich, wenn begrenzte Meeresgebiete in heißem, trockenem

Klima liegen und die Verdunstung größer ist als der Wasserzufluß, wie zum Beispiel im Roten Meer.

Tabelle 1: Salzgehalt der Meere

Atlantischer Ozean	3,5%	Normalgehalt
Nordsee	3,4%	
Ostsee	0,8%	überwiegende Süßwasserzufuhr
Schwarzes Meer	1,8%	
Mittelmeer	3,6 bis 4%	überwiegende Wasserverdunstung
Rotes Meer		

Tabelle 2: 1000 g Meerwasser enthalten im Durchschnitt

Natriumchlorid (Kochsalz)	NaCl	26,9 g
Magnesiumchlorid	MgCl ₂	3,2 g
Kaliumchlorid	KCl	0,6 g
Magnesiumsulfat (Bittersalz)	MgSO ₄	2,2 g
Kalziumsulfat	CaSO ₄	1,3 g

und andere Salze in geringen Mengen

Genauere Stoffuntersuchungen ergaben folgende Mengenbestandteile:

Tabelle 3: In 100 g Meerwasser wurden gefunden

	in Gramm	in % Löse- rück- stand		in Gramm	in % Löse- rück- stand
Natrium Na ⁺	1,02	20,59	Chlor Cl ⁻	1,843	55,28
Magnesium Mg ²⁺	0,125	3,75	Sulfat SO ₄ ²⁻	0,256	7,68
Kalium K ⁺	0,037	1,11	Brom Br ⁻	0,006	0,21
Kalzium Ca ²⁺	0,040	1,20	Karbonat CO ₃ ²⁻	0,007	0,18

Aus den Zusammenstellungen ergibt sich die zunächst überraschende Tatsache, daß der Begriff „Salz“ nicht einheitlich gebraucht wird. Die Hausfrau kauft im Laden „Salz“ und meint damit das Speisesalz oder Kochsalz, das der Chemiker als Natriumchlorid bezeichnet und das die Formel NaCl hat. Im Winter wird „Tausalz“ gestreut, um Schnee und Eis von den Fußsteigen zu entfernen. Das ist ein künstlich verunreinigtes Kochsalz, das

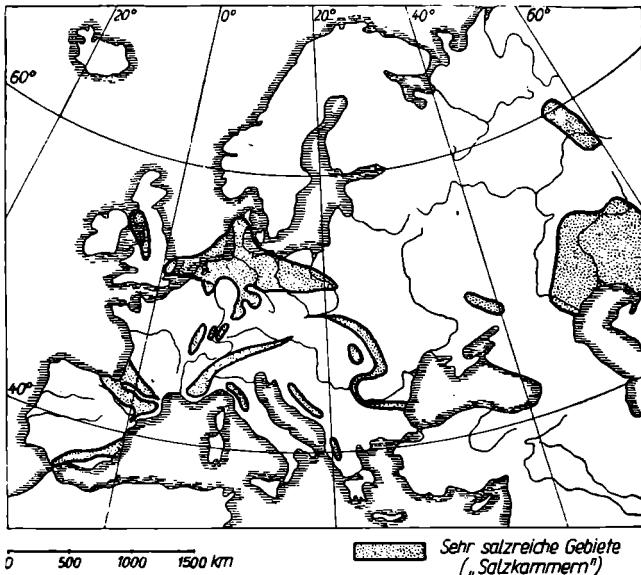
zu verbilligtem Preis abgegeben wird. In der Chemie wird der Begriff „Salz“ weiter gefaßt. Wir verstehen darunter nicht mehr ein bestimmtes Salz, wie die Hausfrau, sondern es gibt eine große Zahl verschiedener Salze. Sie entstehen zum Beispiel beim Mischen von Säuren und Basen. Dabei vereinigt sich der Wasserstoff H der Säure mit der Hydroxylgruppe OH der Base zu Wasser H·OH. Gleichzeitig tritt das Metall der Base an die Stelle des Wasserstoffs der Säure und vereinigt sich mit dem Säurerest zu einem Salz. Jedes Salz besteht daher aus Metall und Säurerest. Man benennt es nach beiden, indem man zuerst den Namen des Metalls setzt und dann den Namen anfügt, der sich auf den Säurerest bezieht. So bezeichnen wir alle Salze der Chlorwasserstoffsäure HCl als Chloride. Das Kochsalz ist das Natriumsalz der Chlorwasserstoffsäure, Kali das Kaliumsalz; das erstere heißt Natriumchlorid, das letztere Kaliumchlorid. Das Natriumchlorid ist also eine Verbindung des Leichtmetalls Natrium mit dem Säurerest der Chlorwasserstoffsäure Chlor.

Jedes Salz besteht aus einem positiv geladenen Anteil, einem Metall, und einem negativ geladenen Anteil, einem Säurerest. In der Tabelle 3 sind die Metalle links, die Säurereste rechts angeordnet. Wir sehen dort, daß die Säurereste entweder nur aus Nichtmetall oder aus Nichtmetall und Sauerstoff bestehen.

Bei der Salzbildung verbindet sich nun ein links aufgeführtes Metall mit einem rechts aufgeführten Säurerest. Dabei müssen sich die elektrischen Ladungen der Einzelbestandteile zahlenmäßig ausgleichen. Im einfachsten Falle vereinigt sich ein positiv einwertiges Metall mit einem negativ einwertigen Säurerest, also zum Beispiel das Natrium mit Chlor zu Natriumchlorid NaCl oder mit Brom zu Natriumbromid NaBr. Ein zweiwertiges Metall, wie das Kalzium Ca, vereinigt sich mit dem zweiwertigen Sulfat zu Kalziumsulfat CaSO₄, das im Gips enthalten ist, oder mit dem zweiwertigen Karbonat zu Kalziumkarbonat CaCO₃, dem Hauptbestandteil des Kalkes.

Haben Metall und Säurerest zahlenmäßig unterschiedliche Ladungen, so vereinigen sich beide Bestandteile im umgekehrten Verhältnis ihrer Ladungen. Zwei positiv einwertige Metallatome

vereinigen sich dann mit einem zweiwertigen Säurerest, zum Beispiel zu Na_2SO_4 , dem Natriumsulfat (Glaubersalz). Oder es vereinigen sich zwei einwertige Säurereste mit einem zweiwertigen Metall, zum Beispiel im MgCl_2 , dem Magnesiumchlorid. Da wir zahlreiche Metalle und auch zahlreiche Säuren kennen, gibt es auch eine entsprechend große Zahl von Salzen. Wir ken-



Die Salzlagerstätten Europas

nen auch solche, bei denen Wassermoleküle als Kristallwasser mit dem Salzmolekül vereinigt sind. So finden wir zum Beispiel das Kalziumsulfat in der Natur entweder als wasserfreien Anhydrit CaSO_4 oder als kristallwasserhaltigen Gips $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, bei dem je zwei Wassermoleküle mit einem Salzmolekül verbunden sind. Schließlich können sich auch die Moleküle verschiedener Salze zu größeren Molekülen von Doppelsalzen vereinigen. Zu ihnen gehören zahlreiche Kalisalze, wie zum Beispiel Carnallit $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, dessen Moleküle also aus je einem

Molekül Kaliumchlorid, einem Molekül Magnesiumchlorid und sechs Wassermolekülen zusammengesetzt sind.

Im Meerwasser sind die Salze nicht in der angeführten Molekülform enthalten. Die Moleküle sind vielmehr in wäßriger Lösung in die elektrisch geladenen Ionen aufgespalten. Im Wasser treffen wir also keine Natriumchloridmoleküle NaCl an, sondern Natriumionen Na^+ und Chlorionen Cl^- . Es sind also die Ionen vorhanden, die in der Tabelle 3 angegeben sind, und zwar in den dort angegebenen Mengen. Unter den Metall-Ionen überwiegt bei weitem das Natrium, unter den Säurerest-Ionen bei weitem das Chlor; außerdem sind Sulfate in beachtlicher Menge vorhanden. Wenn dann die Löslichkeitsgrenze für bestimmte Kombinationen von positiv und negativ geladenen Ionen überschritten wird, vereinigen sich die entgegengesetzt geladenen Ionen. Es setzen sich Salze ab. Aber das geschieht nicht in Form von Einzelmolekülen, sondern die Ionen sind in feststehenden Verhältnissen in großen Ionengittern vereinigt, aus denen die Kristalle aufgebaut sind.

Die Entstehung der Salzlager

Salzlager sind in allen Erdperioden, und zwar meist als Meeresablagerungen entstanden (Tabelle 4). Die bedeutendsten Salzlager Mitteleuropas entstammen der Zechsteinzeit, der jüngeren Periode der Dyas. Das ist eine Zeit, die etwa 220 Millionen Jahre zurückliegt. Den Namen Zechstein erhielt sie aus der Bergmannssprache. Man nannte die kupferführenden Schichten des Harzvorlandes, die dieser Ablagerungsperiode angehören, Zechen. Das „Rote Totliegende“ war das rotgefärbte taube Gestein darunter, und daher nannte man die vorangegangene Zeit der Erdgeschichte das „Rotliegende“.

Zur Zechsteinzeit drangen die Wassermassen des Ozeans von Nordosten nach Westen vor. Sie überfluteten weite Teile Nord- und Mitteleuropas. Das Meer überspülte die roten Sande und Tone, die in dem Wüstengebiet der Rotliegendenzeit abgelagert worden waren. Die Höhenzüge des Erzgebirges und Franken-

Tabelle 4: Erdzeitalter und Salzlagerstätten Deutschlands

Erdzeitalter	Formation	Abteilung	Beginn vor Millionen Jahren	Salzlagerstätten Deutschlands
Neuzeit (Känozoikum)	Quartär	Alluvium Diluvium	0,018 0,8	
	Tertiär	Pliozän Miozän		Steinsalz bei Worms Stein- u. Kalisalze in der Ober- rheintiefebene
		Oligozän	25	
		Eozän Paleozän	60	
Mittelzeit (Mesozoikum)	Kreide		140	
	Jura	Malm		Steinsalz im Mün- der Mergel Nord- deutschlands
		Dogger Lias	175	
Trias	Keuper Muschelkalk Buntsand- stein	200	Steinsalz in Nord- deutschland und Westdeutschland Steinsalz in Süd- deutschland, Thüringen, Nie- dersachsen Steinsalz in Nord- deutschland (Röt) und in den Al- penländern (Wer- fener Schichten bei Berchtesga- den und Rei- chenhall)	
Altzeit (Pa- läozoikum)	Perm (Dyas)	Zechstein Rotliegendes	240	Hauptmenge der Stein- und Kalisalze in Nord- u. Mitteldeutschland Steinsalz in Nord- westdeutschland

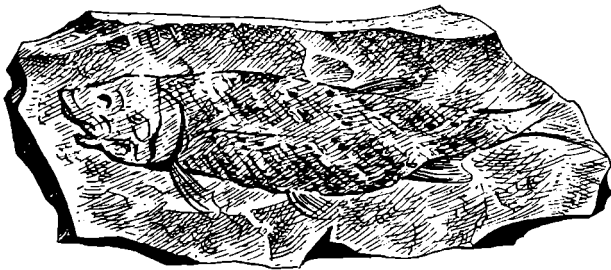
Tabelle 4 (Fortsetzung):

Erd- zeitalter	Formation	Abteilung	Beginn vor Millionen Jahren	Salzlagerstätten Deutschlands
	Karbon		310	
	Devon		350	
	Silur		450	
	Kam- brium		540	
Urzeit (Ar- chäozoikum)	Algon- kium		1000	
Azoikum	Archai- kum		1900	
Sternzeit (Kosmische Zeit)				

waldes, des Harzes und des Rheinischen Schiefergebirges bildeten die Ufer des flachen Zechsteinmeers. Beim Eindunsten des weiten Meeresbeckens in wüstenhaftem Klima wurde zunächst das gelöste Kalziumkarbonat als Kalkstein niedergeschlagen. Später wurde durch Landhebung die Verbindung mit dem offenen Meere zeitweise unterbrochen oder zumindest der Wasseraustausch zwischen beiden stark behindert. So bildete das Zechsteinmeer einen gewaltigen Binnensee. Die Gebirgsflüsse des Harzes, die das Kupfererzlager des Rammelsberges und andere Kupfervorkommen anschnitten, brachten gelöste Kupfersalze in das seichte Meeresbecken. Allmählich verstärkte sich der Metallgehalt und führte zu einem Massensterben der marinen Tierwelt. Fischkadaver, besonders von *Palaeoniscus* Freieslebeni, häuften sich im Pflanzenmoder der Flachsee, und die verwesenden organischen Reste führten dazu, daß die im Wasser gelösten metallischen Bestandteile ausgeschieden wurden. Es entstand über weite Strecken ein kupferführendes Schiefergestein, das mit vielen organischen Resten durchsetzt ist, der Kupferschiefer.

Nachdem sich diese dunkel gefärbte Moderschicht abgelagert hatte, drang von neuem das Meer von Osten herein. In das Seebecken, das mit fauligem Brackwasser erfüllt war, gelangte wieder Salzwasser. Bald überflutete das Meer nahezu ganz Mitteleuropa mit einer Wassertiefe von etwa hundert Metern. Aus diesem Meeresbecken sind die Salzlagerstätten der Zechsteinzeit entstanden.

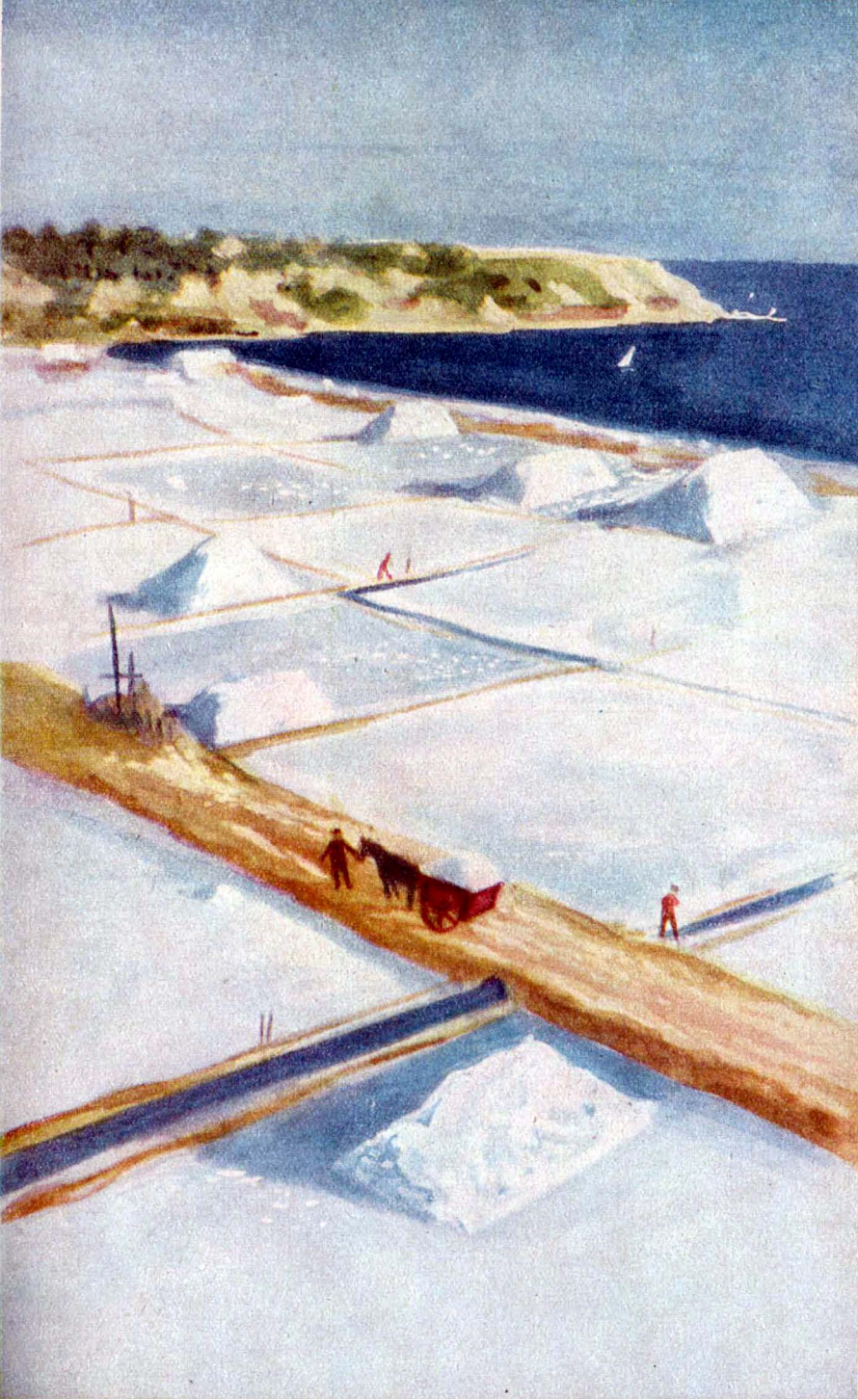
Durch verschiedene wissenschaftliche Theorien wurde versucht, die bedeutende Mächtigkeit der deutschen Zechsteinsalzlager zu



Palaeoniscus Freieslebeni, ein Fisch des Zechsteinmeeres

erklären. Am bekanntesten ist die Barrentheorie von Ochsenius. Ihr liegt das Beispiel des Adji-Darja-Haffs am Kaspischen Meer zugrunde. Sie geht von der Annahme aus, daß eine unterseeische Barre den freien Austausch des Wassers zwischen Ozean und Nebenmeer erschwert. Wüstenhaftes Klima sorgt für rasche Wasserverdunstung im Nebenbecken, und die Verdunstung wird durch ständigen Zufluß von Meereswasser ausgeglichen. Im Nebenbecken setzen sich zunächst schwerlöslicher Kalk und Gips zu Boden. Mit zunehmender Salzanreicherung wird auch das Kochsalz ausgeschieden. Häufig fließt die Mutterlauge, in der die leichtlöslichen Kalisalze enthalten sind, zuletzt über die Barre zum Meere ab. Nur unter besonders günstigen geologischen und geographischen Bedingungen werden auch die Mutterlauge-salze ausgeschieden, wenn nämlich entweder ein vollkommener

Salzgärten an der Ostküste Siziliens, 30 km nördlich von Messina





Steinsalz



Sylvinit



Karnallit



Hartsalz

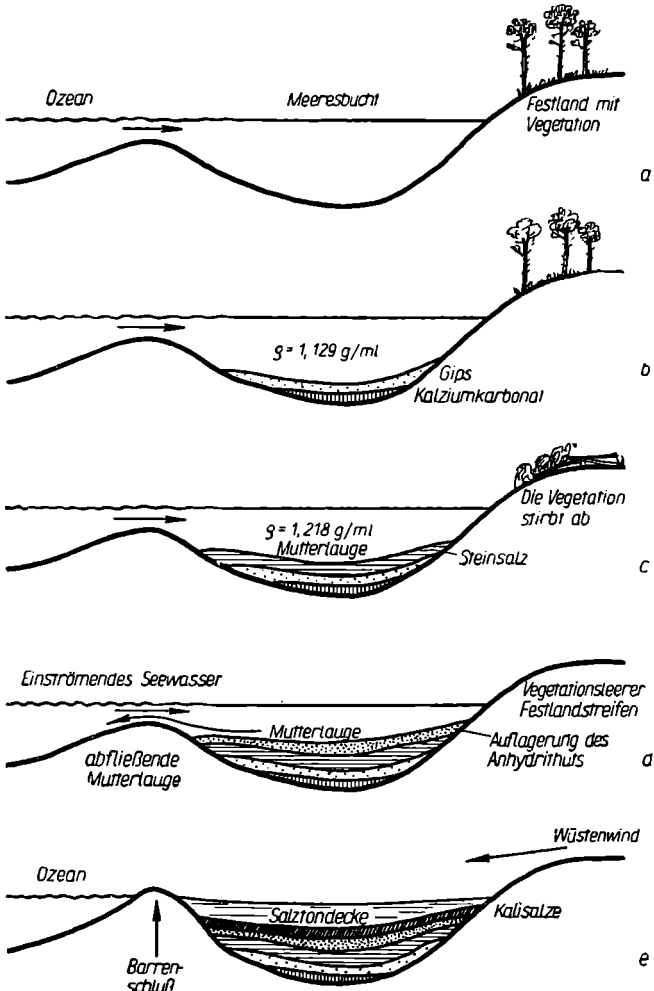
Barrenschluß eintritt oder wenn die offene Verbindung mit dem Ozean derart flach ist, daß über die hohe Barre bei rascher Eindunstung des Wassers kein nennenswerter Abfluß der Mutterlauge in den Ozean stattfinden kann. Wenn dann der Wüstenwind tonige Bestandteile über das Lager weht, kann unter besonders günstigen Bedingungen eine wasserundurchlässige Schutzdecke entstehen, die eine nachträgliche Wiederauflösung der leichtlöslichen Mutterlaugensalze durch Regengüsse oder Grundwässer verhindert. Nach der Barrentheorie müssen die Salzlager die nachstehende Schichtenfolge aufweisen:

- a) wasserundurchlässige Schutzdecke aus Wüsten-tonen
- b) Kalisalze (Mutterlaugensalze)
- c) Steinsalz
- d) Anhydrit
- e) darunter Zechsteinkalke mit Kupferschieferflöz

In dieser Reihenfolge treffen wir die Schichten tatsächlich in den deutschen Lagerstätten an, häufig sogar zwei oder drei solche Schichtenfolgen übereinander. Es müssen sich also die Meeres-einbrüche wiederholt haben und durch Perioden völliger Ein-dunstung abgelöst worden sein. Dann finden wir in dem untersten Lager das Ältere Steinsalz, im mittleren Lager das Jüngere und im oberen das Jüngste Steinsalz.

Die Barrentheorie wurde vielfach kritisiert, und man bezeichnete die Abriegelung größerer Meeresteile durch eine ausgeprägte unterseeische Barre als unwahrscheinlich. Wilfarth versuchte daher 1933, die große Mächtigkeit der deutschen Zechsteinsalz-lager durch seine Großfluttheorie zu erklären. Er geht von der Annahme aus, daß der Abstand des Mondes von der Erde früher kleiner gewesen sei als heute. Daher habe der Mond einen größeren Einfluß auf die Gezeiten gehabt. Die größere Höhe der Flut führte zur Überspülung ausgedehnter Flachländer, wie zum Beispiel ganz Norddeutschlands, so daß diese Landstriche ein Großwatt bildeten. Bei Großfluten gelangte das Meerwasser über Bodenschwellen noch in Senken hinter dem Watt und setzte diese periodisch unter Wasser. Infolge starker Wasserverdunstung haben sich in diesen Senken Salzablagerungen gebildet. Es spricht

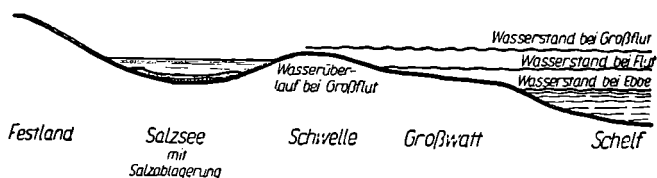
gegen diese Theorie, daß die periodischen Überflutungen jeweils zu einer Wiederauflösung der abgeschiedenen Salze und zu einer Verdünnung der Salzlauge führen müssen. Es hätten sich dann im wesentlichen wechselnde Ablagerungen von Kalken und Gips



Bildung eines Salzlagers nach der Barrentheorie von Ochsenius

mit Geröllen und Schutt des Festlandes ergeben. Aber die Profil unserer Zechsteinsalzlager haben einen andern Aufbau, der eher für die Bildung aus einem Meeresbecken als aus einem Salzsumpf hinter der Küstenlinie spricht.

Deshalb hat man sich wieder der Barrentheorie zugewandt, allerdings in moderner und weiterentwickelter Form. Wir kennen zahlreiche unterseeische Schwellen auf der Erde. Aber es braucht, und das ist die neue Auffassung, nicht einmal eine ausgeprägte Schwelle vorhanden zu sein. Unter Umständen genügt bereits die Abschnürung eines Meeresteils, wobei nur eine schmale Verbindung mit dem Weltmeer bleibt, um eine zu-



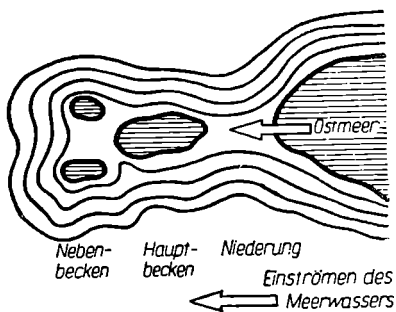
Entstehung eines Salzlagers nach der Großfluttheorie von Wilfarth

nehmende Versalzung zu erklären. Ein Beispiel hierfür ist das Mittelmeer, das durch die 400 Meter tiefe Straße von Gibraltar mit dem Ozean unmittelbar zusammenhängt. Trotzdem weist es eine erhöhte Salzkonzentration von 3,96 Prozent gegenüber 3,6 Prozent im Atlantik auf. Dabei liegen die Verhältnisse im Mittelmeer für eine Salzanreicherung sehr wenig günstig, denn es liegt nicht im Wüstengürtel, sondern nur im subtropischen Klimabereich. Außerdem erhält es reichliche Süßwasserzuführung in Form von Niederschlägen und von Flußwasser, besonders aus dem Schwarzen Meer. Die Straße von Gibraltar ist schließlich auch so tief, daß die konzentriertere Salzlösung des Mittelmeers leicht gegen das weniger konzentrierte Salzwasser des Atlantischen Ozeans ausgetauscht werden kann.

Aber selbst unter diesen ungünstigen Bedingungen könnte bei unveränderten klimatischen und geographischen Gegebenheiten auch heute eine Aussalzung des Mittelmeers eintreten, wenn nur die Straße von Gibraltar weniger tief wäre. Dann könnte das

Wasser des Atlantik an der Oberfläche einströmen, aber die schwerere salzhaltige Bodenlauge könnte nicht abfließen. Würde das Mittelmeer außerdem im Wüstengürtel liegen, so kämen wir den Verhältnissen des Zechsteinmeeres schon beträchtlich nahe. Das vielgliederte Wasserbecken könnte sich beim Eindunsten in mehrere kleine Becken auflösen, in denen sich der Salzgehalt des Gesamtbeckens konzentriert und schließlich die Salze ausgeschieden werden.

Überwiegen Niederschlagsmenge und Süßwasserzufluß die Wasserverdunstung, wie in der Ostsee und im Schwarzen Meer,



Schema der Salzbildung im deutschen Zechsteinbecken nach Fulda

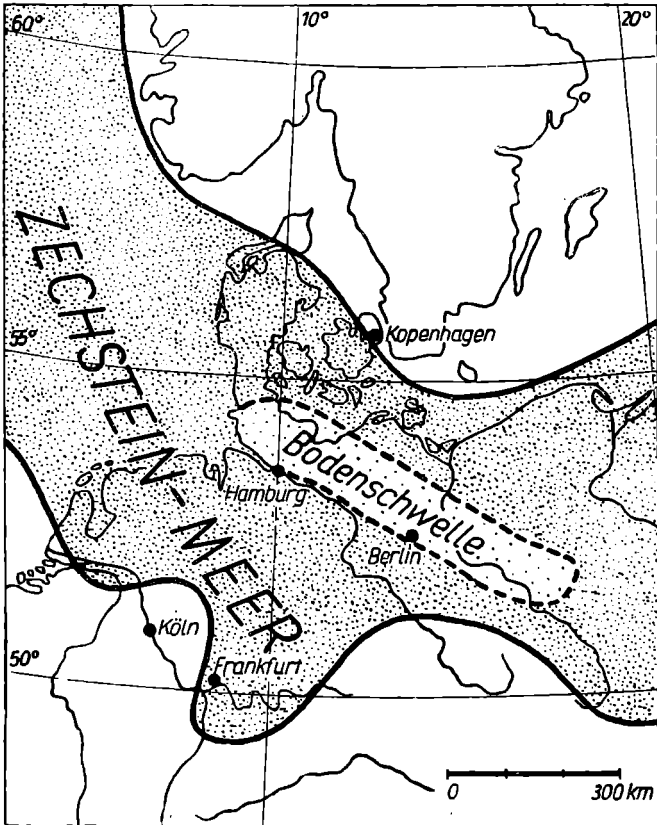
so ergibt sich eine starke

Oberflächenströmung vom Nebenmeer in den Ozean, und das salzreichere schwerere Meereswasser kann nur am Grunde der Meeresstraße in das Nebenbecken einströmen, soweit es nicht von Bodenschwellen zurückgehalten wird. Überwiegt hingegen die Verdunstung, wie im

Mittelmeer oder im Persischen Golf, so dringt das Salzwasser des Ozeans als Oberflächenströmung in das Nebenbecken ein, und die konzentriertere Salzlösung des letzteren fließt in der Tiefe zum Ozean ab, sofern das Abströmen nicht durch eine Schwelle am Boden des Meeres behindert wird. Die Summe der Klimafaktoren bestimmt also, welche Meeresströmungen mengenmäßig überwiegen. Nur bei sehr starker Verdunstung und einer flachen Schwelle kann aus dem Austausch ein fast einseitiges Einströmen von Meereswasser in das Nebenmeer werden, wie es praktisch im Adji-Darja-Haff am Kaspischen Meer zu beobachten ist.

In wärmeren Meeren scheidet sich der im Wasser gelöste Kalk bereits bei normalen marinen Bedingungen ab. Durch geringfügige Abschnürung eines Seebeckens, das eine starke Wasserverdunstung aufweist, wird die Kalkabscheidung erhöht. Dann

ist sogar der Fall denkbar, daß sich das leicht abgeschnürte Becken allmählich mit Kalk zusetzt. Dieser entstammt dann nicht nur dem Wasser des Beckens, sondern dem unerschöpflichen Reservoir des Meerwassers im freien Ozean. Denn das einströmende Meerwasser bringt immer von neuem kleine Kalkmengen mit, die dann zum Absatz kommen. So ist aus der Mächtigkeit der Kalkablagerungen keinerlei Schluß auf die Wassermenge oder Wassertiefe des Nebenbeckens möglich.



Die Meeresbedeckung Mitteleuropas und die mutmaßliche Lage der unterseeischen Schwelle des Zechsteinmeeres

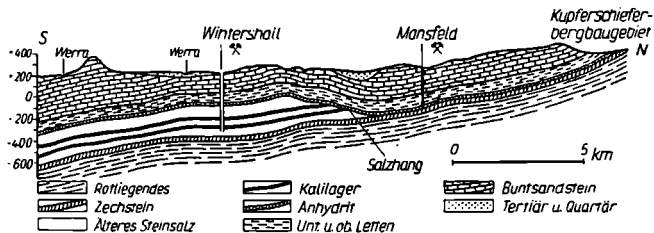
Bei gesteigerter Wasserverdunstung kann die Konzentration der Salzlösung im Nebenbecken bis zur Sättigung mit Gips ansteigen. Dann besteht der größte Teil der Ablagerungen aus Gips. Schließlich kann bei starker Abschnürung und noch höherer Wasserverdunstung sogar die Sättigungsgrenze des Kochsalzes erreicht werden, obwohl noch immer offene Verbindung mit dem Meere besteht.

Die Profile in unsern Salzlagerstätten zeigen eine fortschreitende und lückenlose Folge der Ablagerungen vom Kalk über Gips oder Anhydrit und Steinsalz zu den Mutterlaugensalzen. Aus ihnen müssen wir den Schluß ziehen, daß das deutsche Zechsteinmeer in offener Verbindung mit dem Ozean stand. Es war nur der unvollkommene Austausch der Salzkonzentrationen über eine unterseeische Barre in einer mehr oder weniger breiten Meeresstraße zwischen Haupt- und Nebenbecken, der zur Salzanhäufung im Nebenbecken führte. Nicht durch katastrophenartige gelegentliche Großfluten, sondern durch ständige, wenn auch behinderte Verbindung mit dem Ozean wurde der Salzgehalt erhöht, weil ein ständiger Nachstrom von Meerwasser die Verdunstung im Nebenbecken ausglich. Neue Überflutungen sind also nur dort anzunehmen, wo sich die gesamte Ablagerungsfolge übereinander wiederholt.

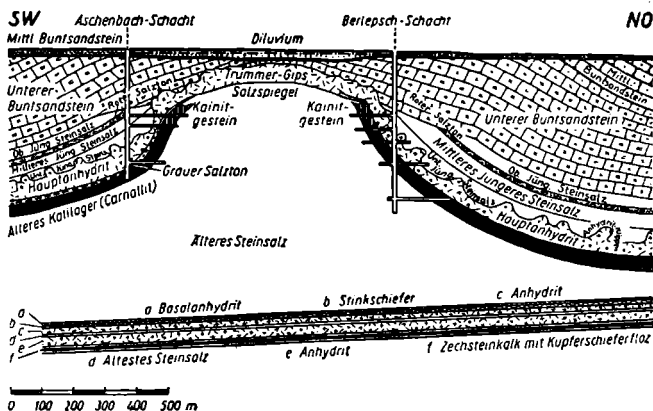
Von Salzsätteln und Salzstöcken

Nicht allzu häufig ist die ursprüngliche Schichtung unverändert erhalten geblieben. Durch seitlichen Druck und Pressung im Laufe der Erdgeschichte sind große Teile ursprünglich horizontal gelagerter Gesteinsfolgen zu Falten aufgepreßt worden, die sich im Landschaftsbild als Gebirgszüge markieren. Das Beispiel eines solchen Faltengebirges sind die Alpen. Nun hat das Salzgestein nicht die gleiche Festigkeit wie andere Gesteine. Gerät es unter starken Gebirgsdruck, so weicht es diesem durch eine Art Fließbewegung aus. Es verhält sich plastisch und ist weitgehend verformbar. In den Salzlagern des Werra-Gebiets südwestlich von Eisenach liegen die Gesteinsschichten noch heute nahezu waagrecht. Auch

die Salzschichten verlaufen an ihrer ursprünglichen Stelle zwischen dem Untergrund, dem Liegenden, und dem Deckgebirge, dem Hangenden, und nahezu horizontal. Sobald aber die Gesteinsschichten auch nur eine Neigung von 3 bis 5 Grad haben, zeigen



Schnitt durch ein Salzlager des Werra-Kaligebiets (Kaliwerk Wintershall)

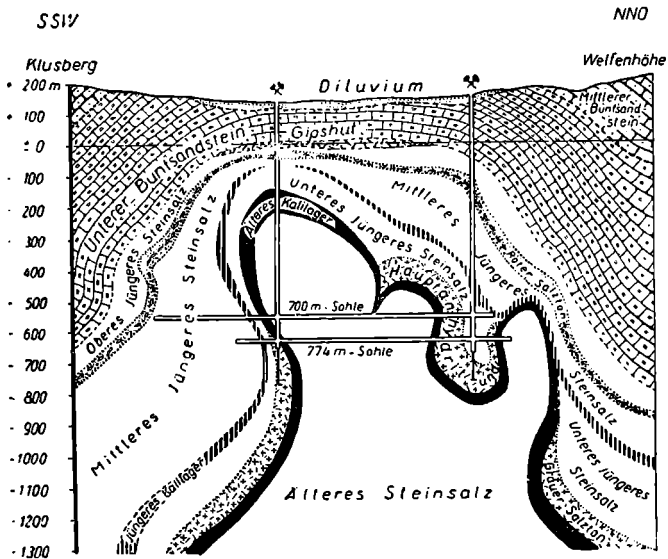


Schnitt durch den Staßfurter Salzsattel

sich beim Einwirken von Gebirgsdruck schon Veränderungen im Salzlager. Die Salze weichen dem Druck aus. Das Ältere Steinsalz wird aus den Muldengebieten in die Sättel emporgedrückt und staut sich dort zu beachtlichen Höhen auf. So entstanden die unterirdischen Salzsättel, wie zum Beispiel in Staßfurt. Wir kennen

Lagerstätten, in denen das Ältere Steinsalz in den Sätteln eine Schichtdicke von 1000 Metern überschreitet. Das Steinsalz, das sich im Sattel staut, preßt die überliegenden Gesteine mit in die Höhe. Im Laufe der Zeit ebnet die Verwitterung die Gesteinssättel wieder ein.

An den Flanken vieler Sättel steigen die überlagernden Schichten, die Kalisalze und das Jüngere Steinsalz, steil an; die Schichten



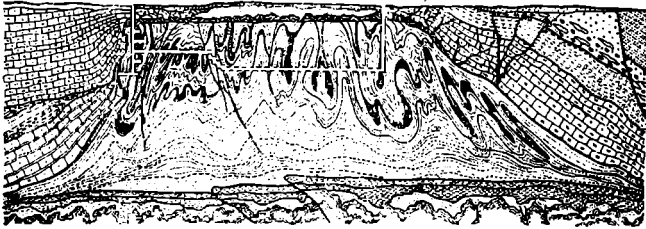
Schnitt durch den Salzsattel von Salzdetfurth

haben einen Einfallswinkel von 30 bis 85 Grad. Auch das Profil von Salzdetfurth zeigt einen solchen Salzsattel, der in das Hangende emporgepreßt ist und die Deckschichten mit nach oben gedrückt hat.

Die horizontale Lage der Schichten ist zwar in den Salzsätteln verlorengegangen, aber trotzdem ist die ursprüngliche Lagerung noch klar erkennbar. Nur das Ältere Steinsalz ist aus der Tiefe emporgequetscht worden und bildet nun einen mehr oder weniger hohen Sattel, der alle oberen Schichten, die überlagernden Salz-

schichten ebensowohl wie die Deckgesteine, mit emporgehoben hat.

Wenn ein Salzlager unter stark seitlichen Gebirgsdruck gerät, so kommt schließlich die gesamte Salzmasse ins Fließen. Weite Gebiete sind dann im Untergrunde salzfrei, weil das gesamte Salz ausgequetscht und an einzelnen Stellen zu umfangreichen Salzstöcken zusammengepreßt worden ist. Von der ursprüng-



Schnitt durch einen Salzstock

lichen Lagerung der Schichten ist nicht mehr viel zu erkennen. Am regellosesten ist das Ältere Steinsalz verteilt, da der Druck die tiefstgelegenen Schichten am stärksten erfaßt hat. Man findet es daher sowohl im Innern des Stockes als auch an den Flanken. Die aufwärtsdrängenden Salzmassen haben dabei die Gesteinsschichten des Hangenden durchstoßen, die am Durchbruch steil aufgerichtet sind. Diese Gesteine werden beim Emporpressen des Salzes zerrieben, und ihre Trümmer mischen sich mit ihm. Vielfach werden die Salzsichten auch gefaltet, und die Bewegung kann so intensiv sein, daß die Falten überkippen. Dann durchstoßen wir beim Abteufen eines Schachtes zunächst das Ältere Steinsalz und gelangen erst in größeren Tiefen zum Jüngeren Steinsalz, das darunter liegt. Sobald Reibung und Pressung am Hangenden dem Druck von unten das Gleichgewicht halten, erstarrt das Salz in der neu angenommenen Lagerung. Während also die Salzsättel aus einem festen Kern von Älterem Steinsalz bestehen, zeichnen sich die Salzstöcke durch verworrene und unregelmäßige Lagerung aus, die häufig nicht mehr die ursprüngliche Reihenfolge der einzelnen Schichten erkennen läßt.

Ein typisches Beispiel aus der Tiefe emporgepreßter Salzmassen haben wir im Salzgebiet der Nördlichen Kalkalpen. Man nimmt an, daß diese Salzlager ebenfalls der Dyas entstammen, also der gleichen Erdzeit wie die Zechsteinlager Mitteldeutschlands. Darüber finden sich grün und rot gefärbte Schiefer, die Werfener Schichten, die dem Buntsandstein angehören. Sie werden vom Dachsteinkalk überlagert, aus dem die scharf gegliederten Bergformen der Nördlichen Kalkalpen aufgebaut sind. Nach der Auffaltung drückten die emporgepreßten Felsmassen auf ihre Unterlage. Die Salzlager im Untergrund waren diesem Druck nicht gewachsen und kamen in Bewegung. Pilzartig wurden die plastisch gewordenen Salzmassen in den Talungen emporgepreßt. Sie durchbrachen die untersten Lagen der Werfener Schiefer und drückten weiter nach oben. Das im Zentrum der aufsteigenden Salzmassen gelegene sogenannte Kernsalz nahm dabei relativ wenig Fremdmaterial auf. In den Randgebieten des Salzstocks aber kam das Salz bei seiner Aufwärtsbewegung eng mit dem Gestein in Berührung, von dem ganze Partien losgerissen und mit emporgepreßt wurden. Beide, Salz und Nebengestein, wurden dabei zermahlen und innig miteinander gemischt. Die Salze werden häufig durch das Fremdmaterial angefärbt, so durch Eisenoxyd rot, durch Tone grau und durch Gips weiß. Das Salz ist schließlich in Linsenform in ein Gemisch von Tonen, Gips, Kalk und Mergel eingebettet, das der Bergmann Haselgebirge nennt. So finden sich in den Nördlichen Kalkalpen einzelne mächtige Salzstöcke aus Haselgebirge und Kernsalz, und in den dazwischen gelegenen Gebieten ist der Untergrund salzfrei.

Von der Gewinnung des Salzes

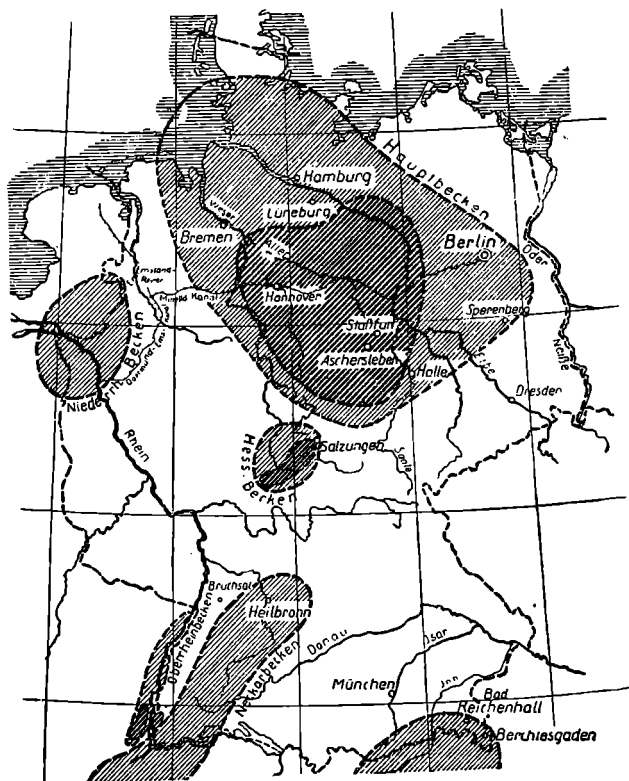
Überall Salz

Auf den Landkarten finden wir in vielen Gebieten Mitteleuropas das Wort „Salz“ und seine Abwandlung „Sulz“. Häufig treffen wir daneben auch den Wortstamm „hal“, der sich von der griechischen Bezeichnung für Salz, „hals“, ableitet.

Wir finden Landschaften, die nach dem Salze benannt sind, wie das Salzkammergut und die Salzburger Kalkalpen in Österreich, den Salzgitter-Bezirk im Vorland des Harzes. Wir entdecken unter den Berggipfeln den Salzberg, die Sulzfluh und den Sulzkopf, unter den Flüssen die Salzach, einen rechten Nebenfluß des Inns, ferner Sülz, Sulzbach, Salza und Sülze. Salzstraßen führen nach Reichenhall und nach Halle an der Saale. Die Namen von Ortschaften könnten lange Spalten füllen. Erinnerung sei nur an Salz, Salza, Salzbergen, Salzburg, Salzburghofen, Salzdehlm, Salzderhalden, Salzdetfurth, Salzelm, Salzgitter, Salzhaff, Salzhausen, Salzhemmendorf, Salzig, Salzkotten, Salzschlirf, Sulzflen, Salzungen und Salzwedel, an Sulz, Sulza, Sulzbach, Sulzberg, Sulzburg, Sulzbürg, Sulzdorf, Sulzfeld, Sulzheim und Sülze, an Hall, Reichenhall, Halle, Hallberg, Halldorf, Hallerndorf, Hallstatt. Durch die Lage dieser Orte und Flüsse, Berge und Landschaften, wie sie sich auf der Karte zeigt, werden bereits die großen Salzlagerstätten kenntlich. Schon in früher Zeit machten sie sich durch salzhaltige Quellwässer, Solen, bemerkbar. Diese waren früher von großer Bedeutung. An den Solequellen begann man mit der Salzgewinnung zu einer Zeit, als man noch nicht in der Lage war, die oft tief im Untergrund verborgenen Salzlager direkt bergmännisch zu erschließen. Der Besitz solcher Salzquellen bedeutete einen großen Reichtum und gab oft Anlaß zu erbitterten Kämpfen.

Heute tragen die Orte, die über Solequellen verfügen, meist die Bezeichnung „Bad“. Aus Sulza wurde Bad Sulza, aus Salzungen

Bad Salzungen, aus Reichenhall Bad Reichenhall, aus Wimpfen Bad Wimpfen, um nur einige Namen zu nennen. Diese Namensgebung zeigt, daß sich der Schwerpunkt ihrer Verwendung ver-



Deutsche Salzlagerstätten

schohen hat. Ursprünglich dienen die Solequellen zur Salzgewinnung, heute wendet man sie vorwiegend als Kurmittel an, um bestimmte Krankheiten zu heilen und vorbeugend die Volksgesundheit zu erhalten.

Nehmen wir unsere Zusammenstellung der Orte, deren Namen auf das Vorkommen von Salzlagern hinweisen, zur Hand, und vergleichen sie mit der Karte der Salzlagerstätten! Ein großes Hauptbecken zeichnet sich in Norddeutschland ab. Es umfaßt das Gebiet zwischen Weser, Aller, Elbe und Saale und reicht im Nordwesten bis weit unter die Nordsee. Das große Steinsalzlager umschließt ein sehr reiches, aber kleineres Kalisalzlager, das sich besonders im Harzvorland ausdehnt, und umschließt zugleich auch die deutschen Erdölvorkommen.

Dann folgt an Größe das Neckarbecken im Südwesten Deutschlands, das die Orte Heilbronn und Hall umfaßt. Wirtschaftlich ist es weniger wichtig als das Hauptbecken, weil ihm die Kalisalze fehlen. Dagegen enthält das kleinere Hessische Becken wieder Steinsalz und auch Kalisalze. Es liegt im Gebiet zwischen Werra und Fulda mit den Orten Salzungen und Salzschlirf.

Randgebiete, die weit über die deutschen Grenzen hinausreichen, sind das Niederrheinbecken, das sich am Unterlauf des Rheins ausbreitet, und das alpine Vorkommen des Salzkammerguts, das in Berchtesgaden auf deutsches Gebiet herüberreicht.

Von den reichen Salzlagern Deutschlands werden nur wenige industriell ausgewertet. Sie decken unsern Bedarf an Speise-, Industrie- und Düngesalz und stellen darüber hinaus die Mengen zur Verfügung, die nach dem Auslande ausgeführt werden und einen wichtigen Aktivposten unserer Außenhandelsbilanz bilden.

Unterschiedlich in den einzelnen Gebieten ist die Art der Salzgewinnung. Sie richtet sich nach dem Aufbau der Lagerstätten. An den Meeresküsten gewinnt man das Salz, wenn es die Klimaverhältnisse erlauben, direkt aus dem Meerwasser, im Binnenlande im einfachsten Falle durch Eindampfen von Solewässern. Sind die Solen zu schwach, so kann man sie vor dem Eindampfen durch Auslaugen unterirdischer Salzlager konzentrieren. Die Herstellung künstlicher Sole kann auch direkt zum Abbau ganzer Salzlager dienen. Sie hat sich als besonders wertvoll für die Fälle herausgestellt, in denen die Salzlager stark mit Fremdbestandteilen durchsetzt sind, wie zum Beispiel das Haselgebirge der Nördlichen Kalkalpen. Dagegen baut man sehr reines Salz bergmännisch als Steinsalz ab.

Zwischen den weißen Pyramiden der Meersalinen

Fahren wir von der Südküste Siziliens nach Catania am Fuße des Ätna, so gelangen wir etwa 30 Kilometer nördlich von Syrakus in eine eigenartige Landschaft. Auf dem flachen Ufer-saum zwischen Meer und Bergland breiten sich unzählige quadratische oder rechteckige Wasserbecken in schachbrettartiger Anordnung aus. Zwischen ihnen ziehen sich schnurgerade Wassergräben entlang. An den Ufern der Wasserbecken glitzern im Sonnenschein zahlreiche weiße Pyramiden. Das sind Salzgärten, wie sie überall an warmen Meeren angelegt werden. Wir begegnen ihnen ebenso in Italien und Sizilien, in Dalmatien, Frankreich und Spanien, auf der Halbinsel Krim und am Roten Meer, an der japanischen und chinesischen Küste und an den Küsten Kaliforniens.

Durch Windmotore wird Meerwasser in ein großes Auffangbecken gehoben, oder das Wasser dringt während der Flut selbsttätig bei geöffnetem Damm in das Becken ein. Die Schwebeteilchen im Wasser, besonders Sande und Tone, setzen sich ab. Und während ein Teil des Wassers verdunstet, schlagen sich auch die schwerlöslichen Salze, vor allem Kalk und Gips, nieder. Dann wird das Wasser durch kleine Kanäle den Salzbeeten zugeleitet, in deren aufeinanderfolgenden Becken immer mehr Wasser verdunstet und die Salzlösung entsprechend konzentriert wird. Schließlich kommen die konzentrierten Wässer in die Abscheidebecken; dort kristallisiert das Kochsalz aus. Es setzt sich ziemlich reines Salz mit 94 bis 95 Prozent NaCl ab.

Die Abscheidung wird ständig überwacht. Denn es darf nicht das gesamte Wasser verdunsten. In der Restlauge sind die leichtlöslichen Kalium- und Magnesiumsalze enthalten. Entweder verarbeitet man sie getrennt auf diese Salze, oder man leitet sie wieder ins Meer. Nach dem Abfließen der Mutterlauge trocknet das Beet vollkommen aus. Das Salz wird zusammengekratzt und auf Haufen geschüttet. Das sind die weißglitzernden Pyramiden, die uns zuerst auffielen. In der Sonne trocknet das Salz weiter und verliert die letzten Reste anhaftenden Wassers. Gelegentliche kleinere Regenfälle stören nicht. Sie lösen aus den Salzhaufen die

geringen Mengen leichtlöslicher Magnesiumsalze heraus, die noch mit dem Kochsalz auskristallisiert waren. Aber vor Beginn der Regenperiode werden die Salzpyramiden abgebaut. Das Salz wird gemahlen und als Speise- und Industriesalz versandt. Es hat nicht die Reinheit des Siedesalzes unserer Salinen.

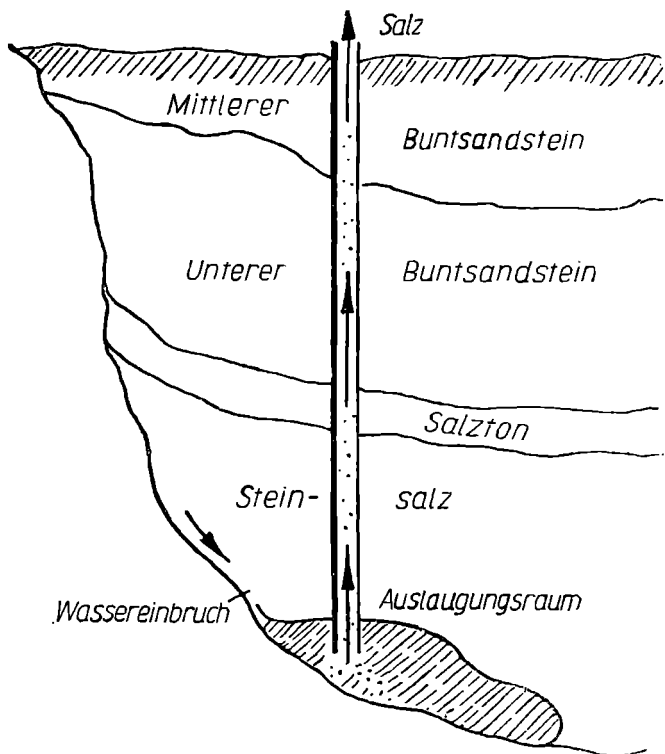
Der Betrieb von Meersalinen im warmen Süden ist uns verständlich. Was aber zunächst sehr überrascht, ist die Tatsache, daß es auch Meersalinen im hohen Norden gibt, zum Beispiel an der Küste des Weißen Meers. Auch dort wird Meerwasser in Auffangbecken geleitet und auf Salz verarbeitet. Wie soll aber dort die wärmende Sonne ersetzt werden? Grimmige Kälte herrscht viele Monate lang an diesen Küsten des Nordens, und der Name „Weißes Meer“ besteht zu vollem Recht. Wie scheidet man hier das Wasser vom Salz?

Beim Destillieren salzhaltigen Wassers verdampft nur das Wasser, nicht das Salz. Ebenso gefriert bei Frost nur das Wasser, und eine konzentrierte Salzlösung bleibt zurück. In den Salzgärten des Nordens bilden sich auf dem Meerwasser Eisschichten, die nur wenig Salz enthalten und im übrigen aus reinem Wasser bestehen. Wiederholt entfernt man die immer von neuem entstehende Eisdecke und erhält schließlich eine sudwürdige Sole, das heißt eine Salzlösung, die wirtschaftlich durch Erhitzen in Pfannen auf Salz verarbeitet werden kann. So ist es erklärlich, daß wir Meersalinen ausgerechnet an den sehr warmen und an den sehr kalten Meeresküsten antreffen.

Von Sole und Dornstein

Schon früh wurden die Menschen auf Orte aufmerksam, in denen salzhaltige Quellwässer, die Solewässer, zutage treten. Dort errichtete man Salzsudwerke, die Salinen. Durch Erhitzen der Sole verdunstet das Lösungswasser, und zurück bleibt das Salz. Wichtig für die Salzgewinnung ist dabei die Konzentration der Sole, das heißt der Prozentgehalt an gelösten Salzen. Je weniger Salz im Wasser gelöst enthalten ist, desto mehr Feuerung und menschliche Arbeit müssen aufgewendet werden, um eine be-

stimmte Menge Salz zu erhalten. Das direkte Eindampfen von Sole ist daher nur angebracht, wenn sie von Natur aus hochkonzentriert ist. Man gewinnt zum Beispiel in Halle eine zwanzigprozentige, in Lüneburg eine fünfundzwanzigprozentige Sole.

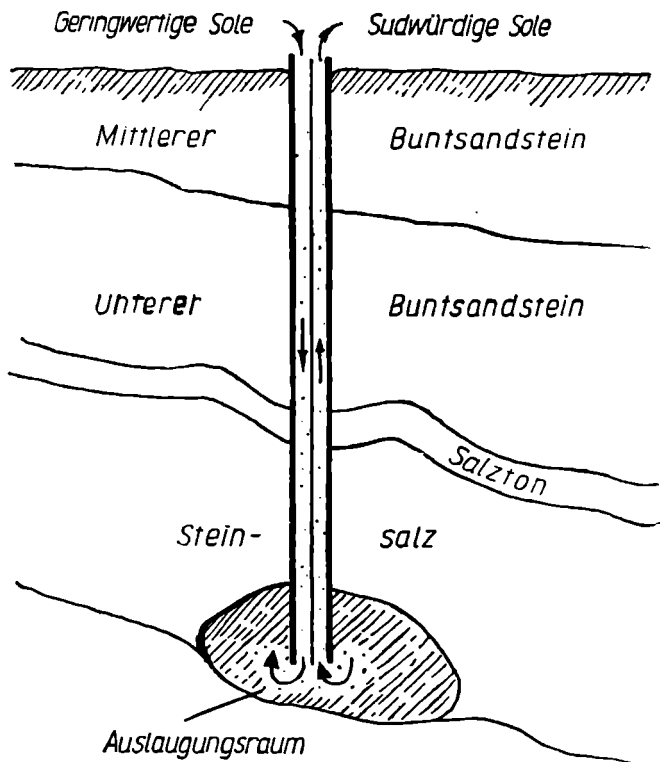


Auslaugung eines Salzlagers durch Bodenwasser

Diese können direkt versotten werden. Solche hochprozentige Sole findet man aber selten. Solen unter neunzehn Prozent Salzgehalt sind nicht sudwürdig.

Auch Bad Sulza hatte früher eine selbsttätig ausströmende Sole, die in einem Sudwerk auf Salz verarbeitet wurde. Die Quelle versiegte allmählich. Man wollte die Saline nicht aufgeben. Also

war man gezwungen, Bohrlöcher niederzutreiben, um das Salzlager des Untergrundes anzuzapfen. In einer Tiefe von 326 Metern wurde ein erstes Lager im Buntsandstein erbohrt. Doch ist die Sole dieses Lagers wenig ergiebig. Sie wird heute fast aus-



Konzentrierung geringwertiger Sole durch Laugung

schließlich für Heilkuren verwendet. Erst um die Jahrhundertwende wurde in 900 Metern Tiefe das große Zechsteinsalzlager erbohrt, das seitdem eine hochwertige Sole liefert. Solche Tiefbohrungen erfordern eine besondere Bohrtechnik; sie mußte hier erst entwickelt werden. Das Bohrloch, das bei Darnstedt niedergetrieben wurde, hat eine obere Weite von 50 Zenti-

metern und verjüngt sich nach unten immer mehr. Von 830 Metern Tiefe ab ist der Durchmesser nur noch 16,5 Zentimeter. Auf seiner ganzen Länge ist das Bohrloch auszementiert.

Bodenwasser sickert durch Gesteinsklüfte bis zum Salzlager. Dort sättigt es sich nahezu mit Salz und kommt aus dem Bohrloch Darnstedt mit etwa 27 Prozent Kochsalz zutage. Es ist eine hochwertige Sole geworden, die nur geringe Mengen Verunreinigungen enthält und zur Gewinnung von Siedesalz besonders geeignet ist. Zunächst wird sie in einer Enthärtungs- und Enteisungsanlage gereinigt. Es setzen sich Kalk und Eisenverbindungen ab. Nach einer Klärung in Sammelbehältern werden die schwefelhaltigen Bestandteile, vor allem Gips, durch Gradieren entfernt. Zu diesem Zwecke wurde in Sulza bereits im achtzehnten Jahrhundert die Dorngradierung entwickelt, die sich später allgemein zur Konzentrierung geringwertiger Solen durchsetzte. Während die Sole nämlich sehr viele Stoffe zerfrißt, wird das Holz der Dornstrauchwände vom Salz konserviert, und so haben die Gradierwände eine lange Lebensdauer. Heute allerdings ist die Dorngradierung für die Salinen wirtschaftlich überholt und nicht mehr tragbar. Man ist allgemein dazu übergegangen, die Sole durch künstliches Auslaugen unterirdischer Salzlager zu konzentrieren. Wenn nötig, wird die höchstmögliche Salzkonzentration dadurch erzielt, daß man der konzentrierten Sole noch bergmännisch gewonnenes Steinsalz zum Lösen zusetzt. Durch die Konzentrierung spart man beim Eindampfen der Sole viel Kohle. Das zusätzliche Lösen von Steinsalz rechtfertigt sich durch die Veredlung des bergmännisch gewonnenen Salzes, denn durch Auflösen und Wiederauskrystallisieren wird es gleichzeitig gereinigt. Der Chemiker nennt diese Aufarbeitung Umkrystallisation.

Besuchen wir nun eine der bekanntesten Salinen Mitteldeutschlands, Bad Dürrenberg! Schon vom Zuge aus sehen wir die Wasser der Saale über das alte steinerne Wehr schäumen. Darüber sehen wir auf einer Flußterrasse den charakteristisch geformten Borlachturm, eine Schachanlage, in der die Sole emporsteigt. Er ist nach dem Bergrat und Salinenfachmann Borlach benannt, der die Bohrung im Jahre 1744 begann und 1763 erfolg-

reich beendete. Die Häuser der Stadt werden von langen, düsteren Gradierwänden überragt. Borlachturm, Gradierwände und die Schlote und Halden der Saline ergeben zusammen das charakteristische Bild der Salinenstadt.

Der Name Dürrenberg deutet auf die geologische Beschaffenheit des Bodens. Der Ort liegt am Ostrand der Thüringer Mulde. Die ungestörten Schichtenfolgen sind an dem Rande des Beckens schüsselförmig aufgewölbt. Die zu oberst liegenden fruchtbaren Schichten der Keuperzeit keilen hier aus und werden durch die unfruchtbaren Höhenzüge des Muschelkalks und die weiß und grün gefärbten Schieferletten und Sandsteine der Buntsandsteinformation abgelöst. Sie entstanden als Meerstrandbildungen der unteren Triaszeit.

Hier am Rande der Beckenlandschaft dringen in Schichtenfugen und Spalten die Bodenwässer in die Tiefe und laugen Steinsalzlagerstätten der Zechsteinzeit aus. In Klüften sammelt sich die Sole. Erbohrt man sie im Becken zwischen zwei undurchlässigen Tonschichten an einem Ort, wo der Zufluß höher liegt als die Anzapfstelle, so steigt die Sole nach Art der artesischen Brunnen selbsttätig empor. Dann spart man die Pumparbeit ein.

Schon in alten Zeiten wurden Solequellen am Rande der Beckenlandschaft bekannt. Aber erst durch das Niedertreiben des Borlachschatzes im Jahre 1763 wurde ein genügend starker Solezufluß für die Verarbeitung auf Salz erreicht. In 223 Metern Tiefe durchbricht der Schacht die schwache Gipsdecke eines Salzlagers, und nun steigt stetig eine sechs- bis siebenprozentige Sole im Schacht bis etwa drei Meter unter die Erdoberfläche empor.

Man untersuchte die Sole des Borlachschatzes. Sie enthält im Liter

94,451 g Natriumchlorid = Kochsalz

6,545 g Kalziumsulfat = Anhydrit

1,717 g Magnesiumchlorid

0,751 g Kaliumchlorid

0,115 g Natriumsulfat

0,115 g Magnesiumkarbonat

0,071 g Natriumbromid und

0,0005 g Jod

Das sind zusammen 103,7655 g Salze in einem Liter Sole.

Diese Sole ist nicht sudwürdig. Sie zu reinigen und zu konzentrieren war früher die Aufgabe des Gradierwerkes. Es besteht aus langen Wandfluchten auf der Terrasse über dem Fluß. Die Gradierwände von Dürrenberg sind 1821 Meter lang und werden nur noch vom Werk Salzelmen übertroffen, das mit 1837 Metern die längste überhaupt bekannte Gradieranlage besitzt; davon sind noch heute 1000 Meter in Betrieb. Die Gradierwand ist ein Balkenwerk nach Art des Fachwerkbaus. Die einzelnen Fächer sind mit dichten Packungen von Dornreisern, vor allem Schwarzdorn, ausgefüllt. In der einen Abteilung ragt das leere Balkenwerk auf, das zum Teil erneuert wurde. Eben sind Arbeiter damit beschäftigt, die langen Reiser in die Gefache zu packen. Dort sehen wir eine der neueingesetzten Wände, die schon von weitem durch ihre dunkle Farbe auffällt. Die weiter zurückliegenden Wände sind mit hellem Stein überkrustet, und erst die ältesten Wände werden wieder dunkel, weil sich auf den klebrigen Krusten Schmutz und Rußpartikel festsetzen.

In Pumpwerken wird die Sole auf die Höhe der Wand gepumpt. Ihre Rohrleitungen sehen wir in größeren Abständen an der Wand emporziehen. Oben fließt die Sole in hölzerne Rinnen, die Solekandeln. Durch hölzerne Verteilerhähne gelangt sie in Verteilerrinnen und tropft schließlich in die Reisigwände. Hier verteilt sie sich an den unzähligen sparrigen Reisern und überzieht als dünner Film jedes einzelne Holz. Sie rinnt – sie tropft – von Reis zu Reis. An der Außenseite der Wände bilden sich leichte, sprühende Wasserschleier. So wird die Wasseroberfläche durch feinste Zerteilung sehr stark vergrößert. Unter dem Einfluß von Wind, Sonne und trockener Luft verdunstet viel Wasser, und die Salze reichern sich in der Lösung an. Schließlich wird der Sättigungspunkt der am schwersten löslichen Salze überschritten, und es setzen sich auf den Dornsträuchern Gips und Eisenverbindungen als kristalline Niederschläge an. Sie umhüllen jedes Reis mit gelblichen oder bräunlichen Lagen. Die kristallinen Krusten werden im Laufe der Zeit immer stärker. Konzentrisch setzen sich immer neue Lagen an. Schlagen wir ein Stück ab, so finden wir in der Mitte das ursprüngliche Reis als dunkle Achse. Allmählich berühren sich die immer kompakter

werdenden Reiser und wachsen zu unregelmäßig geformten steinartigen Massen zusammen, die einem vereisten Wasserfall ähnlich sehen. Dornstein werden sie genannt. Im Dornstein können sich die Wassermassen nicht ebenso fein zerteilen wie in den Dornstrauchwänden. Daher wird der Dornstein von Zeit zu Zeit entfernt und die Reisigpackung erneuert. Hier und da verwendet man ihn für Gartenmauern oder Felsengruppen in Steingärten. Manchmal sehen wir ihm kaum noch seine Herkunft an. Durch Anschlagen können wir aber leicht den Dornstein nachweisen, da sich im Innern immer Reiser oder zumindest Hohlräume erhalten haben, in denen die Reiser einst steckten.

In Bad Salzungen und an andern Orten lassen die Kurgäste bisweilen zu Beginn ihrer Kur Sträuße von Tannenreisern mit Tannenzapfen an die Gradierwände hängen. Sie werden so schnell von Dornstein überzogen, daß die Gäste am Ende der Kur die versteinerten Sträuße als Erinnerung mit nach Hause nehmen können. Genauso setzen sich in der Natur aus kalkhaltigen Wässern Kalkabscheidungen um Reiser und Gräser, um Schneckenschalen und andere Fremdkörper ab und verkitten dieses uneinheitliche und zufällige Beieinander verschiedener Bestandteile zu einem Gestein, dem Kalksinter. An den Gradierwänden aber ist es nicht Kalk, sondern vorwiegend Gips, der zur Versteinung der Wände, zur Dornsteinbildung, führt.

Am Fuß der Wände sammelt sich die eingedickte Sole in Kanälen. Man ließ sie früher drei- oder viermal an den Reisigwänden herabtropfen und erhielt eine sechzehn- bis neunzehnprozentige Sole. Man setzte also an die Stelle einer künstlichen Verdampfung des Wassers in den Siedepfannen die natürliche Wasserverdunstung an den Gradierwänden und sparte dabei Kohlen für die Befuerung der Pfannen. Die Konzentrierung ist aber nur die eine Aufgabe der Gradierwand. Die zweite Aufgabe ist die Reinigung der Sole von den schwerlöslichen Bestandteilen, den Karbonaten und Sulfaten. Diese sind es, die sich als Dornstein absetzen, nicht etwa, wie vielfach irrtümlich angenommen wird, das Kochsalz. Daß der frisch gebrochene Dornstein schwach salzig schmeckt, liegt nur daran, daß ständig Salzwasser an ihm herabrinnt.

Die Unterhaltung der Wände ist sehr kostspielig. Sie erfordert viel Handarbeit, und sie steht in keinem Verhältnis mehr zu dem Gewinn, den man mit Kochsalz erzielt. Aber man erhält die Gradierwerke als Kurmittel. Wandelgänge führen rings um die Wände, und die Gäste gehen dort in salzhaltiger Luft spazieren, da bei der Wasserzerstäubung auch viele Salzstäubchen in die Luft gelangen.

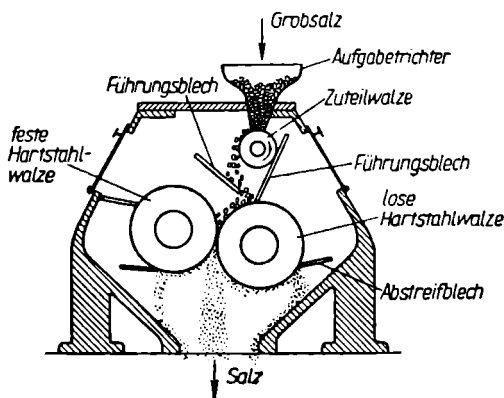
Da die Salzgewinnung jetzt zweitrangig ist, läßt man die Sole nur einmal an den Gradierwänden herabtropfen und erzielt dabei eine Reinigung und geringfügige Eindickung auf acht bis neun Prozent Salz. Damit gibt man sich zufrieden. Dann leitet man die Dürrenberger Sole einem Bohrloch im benachbarten Spargau zu und läßt sie in ein kleines unterirdisches Salzlager sickern. Die Sole löst Salz auf und konzentriert sich dabei auf dreiundzwanzig bis fünfundzwanzig Prozent. Die angereicherte Sole pumpt man wieder empor und leitet sie zurück zur Saline Dürrenberg. Dort wird ihr noch bergmännisch gewonnenes Steinsalz bis zur Sättigung zugesetzt.

Nun ist die Sole sudwürdig. In großen Behältern steht sie ab, und die Verunreinigungen setzen sich zu Boden. Nach dem Absetzen findet meist noch eine besondere Reinigung statt. Dazu können runde Störpfannen dienen, die mit einem Rührwerk ausgerüstet sind. Beim Rühren fallen die in der Sole gelösten Karbonate (Kalk), Sulfate (Gips und Natriumsulfat), Eisenhydroxyd und die organischen Stoffe aus.

In anderen Werken wird die Sole chemisch vorgereinigt. Man setzt Kalziumchlorid und Ätzkalk zu. Das Kalziumchlorid setzt sich mit den gelösten Sulfaten zu schwerlöslichem Gips um, und der Ätzkalk bildet mit den Magnesiumsalzen voluminöse Niederschläge von Magnesiumhydroxyd. Dieses zieht gleichzeitig die organischen Verunreinigungen an und schlägt sie mit nieder. Nach dem Absetzen der Niederschläge gelangt die vorgereinigte Sole ins Sudhaus.

Im Sudhaus sind zwei große Pfannen hintereinander untergebracht, die Siedepfanne und die Trockenpfanne. Die Rohbraunkohle aus der Grube Warnsdorf im Geiseltal wird in Muldenrosten verfeuert. Man leitet die heißen Feuergase durch

schlangenförmig unter den Pfannen angeordnete Feuerkanäle. Sie erhitzen zunächst die Siedepfanne und erwärmen dann, wenn sie schon etwas abgekühlt sind, noch die Trockenpfanne. Die Siedepfannen sind großflächige, mit Stahlblech ausgekleidete Behälter. Sie sind nur vierzig Zentimeter hoch, haben aber eine Bodenfläche von etwa 120 Quadratmetern. Wird die Feuerung voll ausgenutzt, so herrscht in den Feuerungskanälen eine Temperatur von 200 bis 300 Grad Celsius. Dann wird die



Mahlanlage für Salz

Sole in der Pfanne auf 115 Grad Celsius erhitzt. In der Siedehitze verdampft das Wasser sehr rasch. Der entstehende Wasserdampf wird von den Brüdenfängen aufgenommen und ins Freie geleitet. Schon nach einer bis einundeinhalber Stunde beginnt das Auskristallisieren des Salzes. Dabei entstehen an der Oberfläche der Sole zahllose kleinste Kristallwürfel, und wir erhalten als Endprodukt das Feinsalz. Beim Rühren mit hölzernen Krücken, dem „Stören“, fallen die Salzkristalle zu Boden und können nun nach den Seiten gekrückt und aus der Pfanne geschaufelt werden. Man wirft das Salz direkt auf das hölzerne Verdeck der Pfanne. Dort tropft die noch anhaftende Sole in die Pfanne zurück. Hängebahnen bringen das Salz dann in die Trockenpfanne, in der

es fein verteilt und öfter umgeschaufelt wird. Es trocknet zu dicken Schwarten, die schließlich in einer Brech- und Mahlanlage zerkleinert und auf die gewünschte Feinheit gemahlen werden.

In Bad Sulza hat man mehrere arbeitsparende Verbesserungen erreicht. Dort arbeitet man seit 1941 mit Dachpfannen, deren Böden eine dachähnliche Form haben und nach der Pfannenmitte zu erhöht sind. Dann rutschen die niederfallenden Salzkristalle bereits während des Siedeprozesses nach den Seiten der Pfanne ab, und die Arbeit des Austragens wird wesentlich erleichtert. Man schaufelt das Salz auch nicht mehr auf das hölzerne Verdeck, sondern in Salzkästen. Diese können nach dem Abtropfen der Sole direkt vom Laufkran aufgenommen und nach der Trockenpfanne gebracht werden, ohne daß das Salz noch einmal umgeschaufelt werden muß.

Zur Beschleunigung des Arbeitsvorgangs kann man auch das noch feuchte, eben ausgekrückte Salz in Zentrifugen schleudern und so von anhaftender Sole befreien. Dann fällt das Salz in stehende Zylinder, die von Querböden mehrfach unterteilt sind und in denen Warmluft aufsteigt. Das Salz wird in sehr kurzer Zeit getrocknet, in einer Mahlanlage auf eine Korngröße von etwa 0,5 Millimetern vermahlen, automatisch in Faltschachteln abgefüllt und verpackt.

Technisch schwieriger gestaltet sich die Herstellung von Grobsalz, das von der Industrie viel verlangt wird. Dann muß man die Feuerung schwächer halten und die Sole nur auf 60 bis 70 Grad Celsius erwärmen. Wieder bilden sich zunächst kleine Kochsalzkristalle. Aber damit ist das Kristallwachstum nicht abgeschlossen. Immer neue Lagen setzen sich rings um den einmal gebildeten Kristall, so daß dieser immer weiter wächst. Es ergeben sich schließlich regelmäßig gebaute Kristallwürfel von einem Zentimeter Kantenlänge und mehr.

Während des Wachstums berühren sich die einzelnen Würfel. Meist verwachsen sie untereinander und bilden bald zierliche Salztreppe, bald wirt durcheinanderliegende Haufwerke. Daneben finden wir hin und wieder auch „Salzschüsselchen“, die in der Sole schwimmen. Sie entstehen ebenfalls aus einem kleinen Kochsalzkristall. Dieser sinkt in die Sole ein. Nun bilden sich an

den vier Oberkanten kleine Kristallwürfel, die zu einer Leiste verwachsen. Tiefer sinkt das Gebilde ein, und das Kristallwachstum setzt sich in der gleichen Weise fort. So entstehen hohle Kristallpyramiden, die wir als schüsselförmige Bildungen in der Sole schwimmen sehen. Auch das Grobsalz wird aus der Sole gehoben und auf das Holzverdeck zum Abtropfen geschaufelt. Dann wird es, ebenso wie das Feinsalz, in der Trockenpfanne völlig getrocknet.

Nach etwa vierzehn Tagen läßt man das Feuer unter den Pfannen ausgehen. Es hat sich in der Siedepfanne Pfannenstein abgesetzt, der das Kesselblech überzieht. Er besteht aus dem schwerlöslichen Kalk und vor allem aus Gips. Als schlechte Wärmeleiter behindern sie die Wärmeübertragung vom Kesselblech auf die Sole und verursachen daher einen erhöhten Kohleverbrauch. Man muß daher die Kruste mit dem Hammer aus der Pfanne schlagen; sie wird als Leckstein zur Wild- und Viehfütterung verwendet. Im übrigen muß der Siedevorgang ständig überwacht werden. Wird das Salz beim Sieden nicht rechtzeitig ausgekrückt, so bäckt es zusammen mit den Fremdbestandteilen auf dem Pfannenboden fest, vermehrt den Pfannenstein und vermindert die Salzausbeute. Auch darf man die Sole nicht vollkommen eindampfen, weil der letzte Rest die leichtlöslichen Bestandteile enthält. Man läßt daher diese Mutterlauge aus der Pfanne ab und verwendet sie für Bäder oder in einzelnen Fällen auch zur Gewinnung von Jod- und Bromsalzen.

Die Saline Dürrenberg verfügt über zehn Sudhäuser, deren Pfannen wechselweise in Betrieb genommen werden. Heute werden sie nicht mehr in so großer Zahl gebraucht. Denn meist gibt man dem billigeren Steinsalz den Vorzug vor dem teureren Siedesalz, obwohl das Siedesalz wesentlich reiner ist als das Steinsalz und im Haushalt mancherlei Vorteile vor diesem hat.

Man kann die Sole auch kohlesparend im Vakuumverdampfer eindicken. Aus diesem wird die Luft abgesaugt. Es entsteht ein Unterdruck, der ein Absinken des Siedepunktes zur Folge hat. Während die Sole unter Normaldruck bei 108 Grad Celsius siedet, kommt sie im ersten Verdampfer bereits bei 85 Grad Celsius, im zweiten bei 65 Grad Celsius und im dritten sogar bei

35 Grad Celsius zum Sieden. Bei gleichem Kohleverbrauch gewinnt man im Vakuumverdampfer doppelt soviel Salz wie in der offenen Pfanne.

In fröhlicher Rutschenfahrt durchs Haselgebirge

Reich an Salzen im Boden ist das Salzkammergut. Bekannt sind die österreichischen Abbaugebiete von Hallein, Dürrnberg, Altaussee und Hallstatt. Die nördlichsten Ausläufer dieser Salzvorkommen werden in Berchtesgaden abgebaut. Dort finden wir interessante landschaftliche Großformen, die ihre Entstehung dem Salz verdanken. Nach der Ablagerung der Salze wurden diese in das Deckgebirge emporgepreßt. Sie mischten sich mit dem Abrieb vom Nachbargestein, mit Gips und Anhydrit, mit Tonen, Kalken und Mergeln. Schließlich war das Steinsalz nur noch in mehr oder weniger großen Linsen in diesem Haselgebirge eingebettet. Zähne Tonmäntel schlossen das Lager oben ab, und darüber breitete sich eine feste Kalkdecke. Aber noch während der Alpenauffaltung wurden die Deckschichten gesprengt. Sickerwässer hatten nun freien Zutritt zu den Salzlagern und laugten sie aus. Es bildeten sich weite unterirdische Dome und Hallen, die dem gewaltigen Druck des Deckgebirges nicht mehr standhalten konnten. Sie brachen unter der Last der Gebirgsketten zusammen. So entstanden große Einsturzkessel. Zu ihnen gehören die Talweite von Berchtesgaden, das Becken des Königsees, und auch Achensee, Walchensee und Schwansee, Traunsee und Hallstätter See liegen in solchen Senkungsgebieten, die schon oberflächlich auf die stark fortgeschrittene unterirdische Auslaugung des Salzgebirges hindeuten.

Der Salzbergbau in den Nördlichen Kalkalpen hat schon eine lange Entwicklung hinter sich. Vor mehr als 3000 Jahren wurde bereits Salz im Dürrnberg im Österreichischen gewonnen. Und mit dieser langen bodenständigen Entwicklung des Salzbergbaus hängt es auch zusammen, daß die Bergleute eine eigene Bergsprache gebildet haben. Sie weicht erheblich von der unseren ab und ist voll von originellen Ausdrücken, wie die nächsten Zeilen zeigen.

Wenn wir heute eines dieser Bergwerke betreten, so erhalten wir zunächst die zünftige Bergmannstracht. Dazu gehören der Lederschurz, der die Verlängerung unseres Rückens zielt, und der Lederhandschuh, der die Hand beim Befahren der Rutschen schützt. So gehen wir unter Tag. Meist führen waagerechte Stollen mit einem Höhenabstand von etwa 25 bis 30 Metern in den Berg. Wir laufen eine der Abbausohlen entlang, die als „Hauptschachtrichten“ zuerst „aufgefahren“, das heißt angelegt werden müssen. Der Anfangsteil ist fest ausgemauert. Die weiter zurückliegenden Strecken sind nur ausgezimmert, um sie gegen Hereinbrechen von Gebirgsmassen zu schützen. Zwischen der Zimmerung sehen wir das ausgelaugte Haselgebirge. Bald hier, bald dort blitzen größere Salzlinsen auf, oder es ziehen weiß, gelb, grau, bräunlich oder rot gefärbte Salzbänder durch tonige Lagen. Etwa 60 Prozent des Haselgebirges besteht aus Salz.

Rechtwinklig zum Streckenverlauf zweigen rechts und links die „Anlageschachtrichten“ ab. Sie haben eine Länge von etwa 105 Metern. Davon entfallen 27 Meter auf den Zugang, 8 Meter auf die „Wehranlage“ und 70 Meter auf das „Werk“. Gleichzeitig mit dem Auffahren der Anlageschachtricht wird von der nächsthöheren Abbausohle aus eine „Ankehrschachtricht“ aufgefahren, die etwa in einer Neigung von 30 bis 40 Grad in das geplante Werk führt und später zum Herableiten des Süßwassers in das Sinkwerk dient. Eben wird ein Werk gebaut. Bergmännisch muß zunächst ein Hohlraum im Haselgebirge ausgesprengt werden. Dann verschließt man das Werk mit einem zwei Meter tiefen Fehlrwehrdamm, durch den nur die Ableitungsrohre der gesättigten Sole führen. Zum wasserdichten Abschluß verwendet man „Laist“, einen Ton, der sich als wasserunlöslicher Bestandteil in den Sinkwerken allmählich zu Boden setzt. Ist der Fehlrwehrdamm vollendet, so strömt Süßwasser von oben durch die Ankehrschurf in den geschaffenen Hohlraum. Nach etwa zwei bis sechs Wochen hat sich das Wasser mit Salz gesättigt und wird abgelassen. Nun ist der Hohlraum auf etwa zwei Meter Höhe erweitert. Am Boden sehen wir den angehäuften Ton, den Laist. Der Raum wird davon gesäubert und dann der abschließende

Wehrdamm auf acht Meter Dicke verstärkt. Er muß fortan einem starken Wasserdruck standhalten, denn nun beginnt der kontinuierliche Laugeprozeß. Ständig fließt durch die Ankehrschurf so viel Süßwasser von oben zu, daß dieses ständig bis zur Decke reicht und „den Himmel beleckt“, obwohl sich der Hohlraum immer mehr vergrößert. Am Grunde des Sinkwerks wird ebenso kontinuierlich gesättigte Sole durch den Wehrdamm abgezogen. Immer größer wird der Hohlraum. Je salzreicher das Haselgebirge ist, desto rascher schreitet der Auflösungsprozeß voran. Immer von neuem werden der Himmel und auch die Seitenwände, die „Ulmen“, ausgelaugt und weggelöst. Wenn dann der Hohlraum eine Größe erreicht hat, die Einsturzgefahr in sich birgt, oder wenn die Gefahr einer Verschneidung mit benachbarten Werken eintritt, dann wird das Sinkwerk „totgesprochen“ und der Lösungsprozeß beendet.

Ein regelmäßig entwickeltes Sinkwerk stellt einen Hohlraum von etwa 25 Metern Höhe und 6000 Quadratmetern Himmelsfläche dar und hat einen Rauminhalt von 100000 Kubikmetern und mehr. Aus einem solchen Werk hat man durchschnittlich 300000 Kubikmeter gesättigte Sole gewonnen.

Das Berchtesgadener Salzbergwerk umfaßt etwa hundert solcher Sinkwerke. Die meisten von ihnen sind bereits totgesprochen. Etwa acht Werke sind in Betrieb, und vier weitere werden für die Laugung vorbereitet. Im benachbarten Dürrenberg in Österreich zählt man zweiundzwanzig betriebsfähige Werke mit einem Gesamtfassungsvermögen von mehr als einer Milliarde Hektolitern und einer Gesamthimmelsfläche von 64000 Quadratmetern.

Die älteren Stollen der Bergwerke verengen sich im Laufe der Zeit durch Anschwellen des Gebirgs und schließen sich zuletzt von selbst. Dieses natürliche Zuwachsen der Hohlräume wird sowohl durch den Gebirgsdruck, durch die Plastizität des Salzlagers als auch durch Aufnahme von Luftfeuchtigkeit und durch chemische Umsetzungen herbeigeführt. Es ist vor allem die Umwandlung des wasserfreien Anhydrits CaSO_4 in kristallwasserhaltigen Gips $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, die mit Volumenvergrößerung verbunden ist. Wir kennen diese Erscheinung auch von

verschiedenen Handgriffen des täglichen Lebens. Wollen wir einen Haken in einer Wand gut befestigen, so gipsen wir ihn ein. Dazu wird gebrannter Gips, der nur einen geringen Restbetrag von Wasser enthält, mit Wasser angerührt und damit der Hohlraum ausgestrichen. Unter Wasseraufnahme bilden sich Gipskristalle, die wegen ihres größeren Volumens den Hohlraum sehr dicht ausfüllen und den Haken in der Wand fest verankern. Die Volumenausdehnung macht man sich auch bei der Anfertigung von Gipsabgüssen zunutze. Es werden selbst feinste Einzelheiten des abzugießenden Gegenstandes von der Formmasse sehr genau nachgebildet.

Die einzelnen Abbausohlen des Bergwerks müssen natürlich auch untereinander verbunden sein. Dazu dienen zum Teil Schächte. Bequemer und praktischer aber sind die Rutschen. Sie führen in den meist dreißig bis vierzig Grad geneigten Ankehrschürfen ausgesolter Sinkwerke von Stockwerk zu Stockwerk und werden im Reitsitz befahren.

Beim Besuch des Dürrnbergs stehen wir plötzlich vor der jäh in die dunkle Tiefe führenden Buchstall-Rolle. Am oberen Ende setzt man sich auf sein Lederschürzchen auf den schräg abwärtsführenden runden und glatten Balken, legt seinem Vordermann die linke Hand auf die Schulter und faßt mit der handschuhbewehrten Rechten das Hanfseil, das man bei der Abfahrt durch die Hand gleiten läßt. Der erste ist natürlich immer der Steiger. Und nun – Beine hoch! Schon geht es in sausender Fahrt in die Tiefe! Jetzt wird uns klar, warum Bergleute ihr Lederschürzchen ausgerechnet hinten hängen haben und warum sie so vornehm Lederhandschuhe tragen! Die erste Rutsche befährt man mit gemischten Gefühlen. Denn man bewegt sich nicht gern auf schiefer Ebene im Dunkel der Erde, wo man das Ziel der Reise nicht sehen kann. Diese erste Rolle ist 35 Meter lang und führt mit einer Neigung von 34 Grad als direkte Verbindung zwischen Obersteinberg- und Untersteinbergsohle in die Tiefe. Der zweite und dritte Rutsch geht schon besser, und Gesellschaft macht Mut.

Toller ist die Fahrt auf der Johann-Jakobberg-Rolle! Die 60 Meter langen Stämme führen mit einer Neigung von 50 Grad

abwärts. Hei! Das gibt ein hübsches Abfahrtstempo! Nach kurzer Abfahrt im Johann-Jakobberg-Stollen erwartet uns eine weitere Überraschung. Unvermittelt stehen wir tief im Berge vor rotweißen und blauweißen Grenzpfählen, an der österreichisch-bayrischen Grenze. Wir betreten unter Tage bayrisches Gebiet, dessen Salze Österreich auf Grund einer im Jahre 1829 abgeschlossenen Salinenkonvention für alle Zeiten für gewisse Gegenleistungen abbauen kann.

Nun gelangen wir auch an die Stelle, an der im Jahre 1573 der Leichnam eines keltischen Bergmannes gefunden wurde, der hier zur Hallstattzeit – vor etwa dreitausend Jahren! – Salz gebrochen hat. Eine alte Chronik berichtet von dem Funde. Wir lesen, daß dieser „Mann im Salz“ von außergewöhnlich großem Körperbau und noch völlig unversehrt erhalten war. Der Fund gab Ludwig Ganghofer die Anregung zu seinem Roman „Der Mann im Salz“. Im Jahre 1616 fand man noch einmal einen prähistorischen Bergmann im St.-Georg-Anschlag und bewahrte ihn einige Jahre in einem Grabkammerlein auf, das man im Salzgebirge schlug.

Von Stock zu Stock gelangen wir tiefer und erreichen schließlich in einer sechsten und letzten Abfahrt auf einer 80 Meter langen Rolle den Wolf-Dietrich-Stollen. Wir haben uns so an die praktischen Rollen gewöhnt, daß wir bedauern, über Tage nicht ebenso sicher und bequem zu Tal gleiten zu können. Natürlich mit Lederschurz! Auch das Salzbergwerk von Berchtesgaden hat übrigens seine Rutschen und bietet den Besuchern außerdem eine Kahnfahrt unter Tage über einen großen See in einem alten Sinkwerk.

Was wir im Haselgebirge gewinnen, ist zunächst nicht Salz, sondern salzhaltiges Wasser, eine künstliche Sole, sogenannte Sinkwerksole. Sie wird in Salinen versotten. Nur größere Kernsalzgebirge werden bergmännisch abgebaut. Da aber auch das Kernsalz verunreinigt ist und meist färbende Bestandteile enthält, verwendet man es nur als Leckstein für Wild und Vieh. Im übrigen löst man es ebenfalls in Sole zu deren Konzentrierung auf. Die gesättigte Sole des Dürrnbergs hat eine Dichte von 1,2 Gramm pro Kubikzentimeter und enthält im Hektoliter

31,6 Kilogramm Salze. Eine genaue Stoffuntersuchung ergab in 100 Gramm Dürrenberger Sole

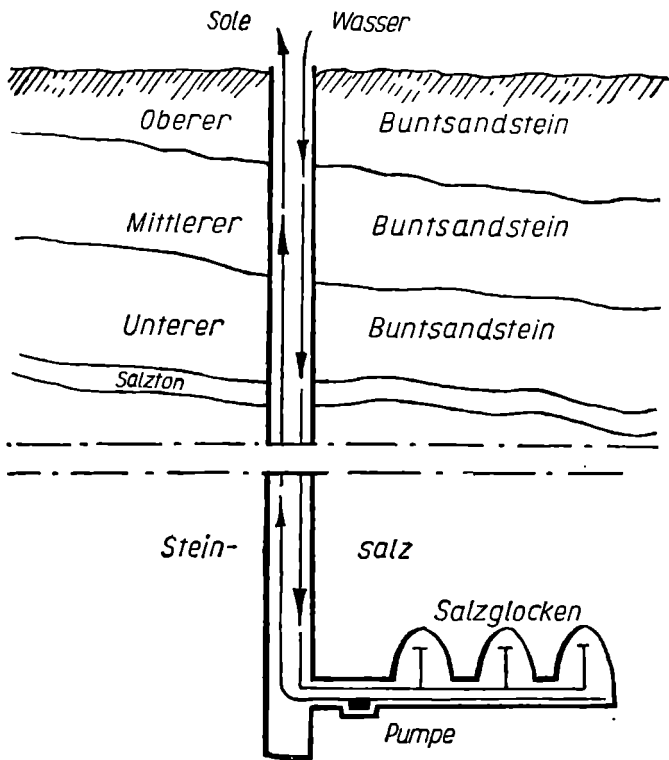
- 73,958 g Wasser H_2O
- 24,775 g Kochsalz = Natriumchlorid $NaCl$
- 0,758 g Natriumsulfat Na_2SO_4
- 0,727 g Magnesiumchlorid $MgCl_2$
- 0,546 g Kaliumsulfat K_2SO_4
- 0,024 g Kalziumsulfat oder Anhydrit $CaSO_4$
- 0,005 g Magnesiumbromid $MgBr_2$
- 0,004 g Magnesiumkarbonat $MgCO_3$
- 0,002 g Manganchlorid $MnCl_2$ und
- 0,221 g ausgeschiedene Salze

Neben dem Hauptbestandteil Kochsalz fallen also die relativ großen Mengen Sulfate, nämlich Natriumsulfat und Kaliumsulfat, sowie das Magnesiumchlorid auf.

Im Sprühregen der Salzglocken

In der Gegend von Schönebeck und Salzelmen südöstlich von Magdeburg sind zahlreiche natürliche Solequellen bekannt. Ihre Wasser wurden früher in Salinen verarbeitet. Als die erzielte Salzausbeute nicht mehr ausreichte, zapfte man die Salzlager durch Tiefbohrung an, um einen reicheren Solezufluß zu erhalten. Das Bodenwasser reichte nicht aus; man leitete Flußwasser in die Tiefe. Das Süßwasser löste aber außer dem Steinsalz auch die Kalisalze auf, und das erschwerte den Siedebetrieb. So wurde schließlich im Jahre 1873 ein Schacht direkt in das Steinsalzlager abgeteuft. Aber auch diese Maßnahme führte nicht zum erstrebten Ziel. Das Salzgebirge erwies sich als zu unrein, um direkt abgebaut, gemahlen und verbraucht zu werden. Man mußte das Salz weiterhin auflösen und aus der Sole das Reinsalz in der Saline gewinnen. So hat sich allmählich in Schönebeck eine bodenständige und eigentümliche Form der Solegewinnung herausgebildet.

Im Abstände von 16 Metern untereinander legte man drei Abbausohlen an. Durch Vorrichtungsstrecken in Abständen von 116 Metern und durch Teilstrecken im gleichen Abstand, aber



Aussolen von Glocken im Salzgebirge (Schönebeck a. d. Elbe)

senkrecht zu den ersteren, wird der Gesamtbereich einer Abbausohle in quadratische Solfelder aufgeteilt.

Wir besuchen eine der Abbausohlen. Rings umgibt uns funkeln- des, glitzerndes Salzgebirge. Nicht durch Bohrungen und Sprengungen werden die Strecken vorgetrieben, sondern nur

durch die lösende Kraft des Wassers. Mit Berieselungsanlagen wird das Wasser gegen die Wände gespritzt und löst das Gebirge. Da entsteht kaum Abraum; es entsteht nur Sole. Eben können wir beobachten, wie eine Strecke durch Laugung vorgetrieben wird. 30 Zentimeter unter der Streckenfirste hängt man ein Streckenspritzrohr in zwei verstellbare Stützen. An einer Seite trägt das Rohr in Abständen von je 20 Millimetern feinste Öffnungen, deren Durchmesser 1,5 Millimeter beträgt. Mit dieser von zahllosen Löchern durchbrochenen Seite wird es gegen die Berieselungsfläche gelehnt. Bald spritzt Wasser unter geringem Druck aus den Öffnungen gegen die Salzwand, tropft an ihr langsam herab und löst dabei das Salz. In Solegräben, den Gefudern, sammelt sich die Sole und wird abgeleitet. So entstehen die Strecken in den vorgesehenen Abmessungen.

Ist die Strecke ausgebaut, so legt man in Abständen von 18 Metern die einzelnen Abbauorte fest. Nach ihrer späteren Form bezeichnet man sie als Glocken. Ein Solfeld umfaßt 36 solcher Glocken. Jede von ihnen hat einen Durchmesser von 14 Metern und eine Abbauhöhe von 9 Metern. Da die Glocken einen nahezu parabelförmigen Durchschnitt aufweisen, hält das Gewölbe dem Gebirgsdruck sehr gut stand. Die Glockenform hat sich für den Abbau als sehr günstig erwiesen.

Eben wird eine neue Glocke angelegt. Kumpels stellen im Mittelpunkt des Abbauorts ein hölzernes Gerüst, den Spritzbock, auf. Er trägt das Spritzgestänge aus Eisenrohren in Meterlängen, die je nach Bedarf zusammengesetzt und verlängert werden können. Das Endrohr trägt einen Brausekopf, wie wir ihn von den Gießkannen kennen. Durch diese Brause wird das Lösewasser in zahllosen feinen Strahlen senkrecht gegen die Streckenfirste gespritzt. So wird die Decke über dem Rohr weggelöst. Meter um Meter verlängert man das Rohr und spritzt so lange Wasser nach oben, bis sich im Mittelpunkt der Glocke ein Schlot von 60 Zentimetern Durchmesser bis zur Höhe der Glocke, also bis zu 9 Metern Höhe gebildet hat. Nun erst beginnt man, den Durchmesser auszuweiten. Das Spritzgestänge erhält am Oberende einen waagerechten Arm von 25 Zentimetern Länge, der die Brause trägt und langsam um das Gestänge rotiert.

Er sprüht feine Wasserstrahlen gegen die Wand. Tropfen um Tropfen rinnt an ihr nieder und löst auf seinem Wege das Salz. So wird der Schlot auf einen Durchmesser von 4 Metern erweitert. Nun setzt man einen neuen Arm von 75 Zentimetern Länge an. Sein Sprengbereich ist entsprechend größer, und der Glockendurchmesser erweitert sich auf 8 Meter. Ein zweites Mal wird der Arm gewechselt und durch einen anderthalb Meter langen ersetzt. Und wieder erweitert sich der Hohlraum, bis die Glocke mit einem Durchmesser von 14 Metern ausgesolt ist. Ihre Wände bilden die tragenden Pfeiler des Gebirgs. Bei ununterbrochener Süßwasserspülung dauert die Aussolung einer Glocke zehn Monate.

Man laugt nicht ständig mit Süßwasser, sondern konzentriert auch die bereits gewonnene Sole. Auf der ersten Abbausohle unter Tage entsteht beim Lösen der Salzwände eine Sole mit der Dichte 1,165 g/ml; sie enthält im Kubikmeter 250 Kilogramm Salz. Durch Aussolung hat man von hier einen Blindschacht niedergetrieben, der in einem Sammelbecken endet. Dort läuft die Sole des ersten Stockwerks zusammen. Man läßt sie nun, je nach Bedarf, zum nächsten Stockwerk ab. Dort wird sie an Stelle von Frischwasser gegen die Wände gespritzt und konzentriert sich weiter auf eine Dichte von 1,184 g/ml. Das entspricht einem Gehalt von 280 Kilogramm Salz im Kubikmeter. Auf der dritten Sohle wiederholt sich die Konzentrierung bis auf 1,195 g/ml und einen Gehalt von 300 Kilogramm Salz im Kubikmeter.

Nun sammelt man die Sole in Lösekästen und gibt festes Steinsalz zu. Durch Auflösen dieses Salzes wird die Sole gesättigt und enthält nun 310 Kilogramm Salz im Kubikmeter. Man pumpt sie empor in den Solesammelbehälter der Saline, aus dem sie nach mehrmonatiger Klärung abgelassen und verarbeitet wird.

Unser Rundgang führt uns durch ein System bereits ausgesolter Glocken. Wie Perlen an einer Schnur, so reihen sich die Hohlräume aneinander. Auffällig ist ihre unterschiedliche Wandstruktur. Nur selten sind die Wände einigermaßen glatt. Meist besteht das Salzgebirge teils aus festeren, teils aus weniger

festen Teilen. Dann suchen sich die Wässer beim Lösevorgang den Weg des geringsten Widerstandes. Es bilden sich kleine Wasserrinnen, die sich allmählich vertiefen und die Wand zerfurchen. Schließlich graben sich die Wasserläufe immer tiefer ein, und dazwischen bleiben feste Salz„bretter“ stehen. So bildet sich ein eigenartiges Relief im kleinen, das gewissen Erosionsformen auf der Erdoberfläche entspricht. Im Lichte der Grubenbeleuchtung funkeln die Salzkristalle, und die Salz Bretter heben sich wirkungsvoll und plastisch gegen die Halbschatten ab, von denen die Wasserrinnen erfüllt sind. Von den Lichteffekten dieser zerschrotteten Wände in den Glocken kann sich keiner einen Begriff machen, der das Blitzen und Gleißeln nicht selbst gesehen hat.

Im Steinsalzbergwerk

Seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts ist man auch zur Gewinnung von Steinsalz in Bergwerksbetrieben übergegangen. Dabei zeigte sich, daß das Ältere Steinsalz meist durch andere Salze sehr stark verunreinigt ist. In vielen Fällen wird es von zahlreichen dünnen Anhydritschnüren durchzogen, die in mannigfaltiger Weise gefältelt sind und den Wänden ein abwechslungsreiches, farbenfrohes Bild geben. Meist verwendet man das Ältere Steinsalz daher nur zum Bergeversatz, um künstlich geschaffene Hohlräume wieder auszufüllen. Das Jüngere Steinsalz hingegen ist oft sehr rein und enthält bis zu 98 Prozent Natriumchlorid.

Durchschnittlich haben die Schächte der Steinsalzbergwerke eine Tiefe von 600 Metern. Über ihnen erheben sich die Fördergerüste. Drahtseile werden von elektrisch betriebenen Fördermaschinen auf- und abgewickelt. Sie laufen über die große Seilscheibe und tragen die eisernen Förderkörbe. Wenn der eine Korb eben in der Tiefe ankommt, hält der zweite über Tage auf der Hängebank. Auch wir stehen mit einem Steiger dort und beobachten, wie die Körbe auf und nieder bewegt werden. Beim Schichtwechsel, wenn die Kumpels gefahren werden, haben sie

„nur“ eine Geschwindigkeit von 10 Metern in der Sekunde; bei Materialtransport hingegen bewegen sie sich in der Sekunde 25 Meter hinauf oder hinab.

Eben kommen wieder mit Salz beladene Förderkörbe aus der Tiefe. Die Förderwagen werden abgezogen, und wir betreten den Förderkorb. Automatisch schließen sich die Türen. Eine Glocke schrillt auf, und im gleichen Augenblick sausen wir in die Tiefe. Nur eine halbe Minute währt die Fahrt, bei der die Erde unter unseren Füßen zu versinken scheint. Da nimmt uns eine hell erleuchtete weite Halle auf. Dort am Füllort erwartet uns bereits ein Zug mit elektrischer Lokomotive, der die Kumpels den kilometerlangen Weg zum Ort des Abbaus bringt und der rückwärts die Salze zum Füllort schafft.

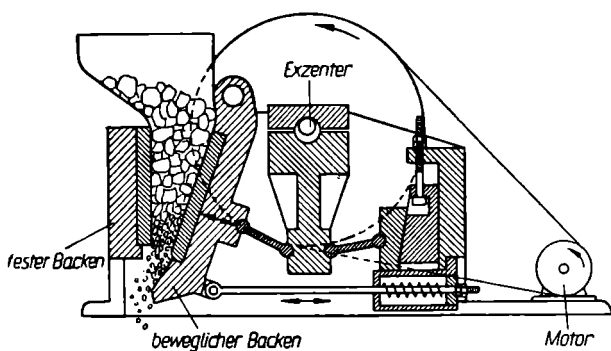
Die Kumpels sind eben dabei, mit elektrisch betriebenen Bohrmaschinen die Salzwand anzubohren. Uns überrascht die Länge der Bohrer. Der Steiger belehrt uns, daß die Bohrlöcher in dem relativ weichen Salzgestein eine Tiefe von mehreren Metern haben müssen. Zahlreiche Bohrlöcher werden im Ortsstoß angelegt, mit Sprengstoffen besetzt und mit Bohrmehl verdämmt. Nun sind sie zum Schießen vorbereitet. Zu Beginn der Frühstückspause oder am Ende der Schicht, wenn die Arbeiter die Ortsstöße verlassen haben, werden schlagartig in der Grube alle Sprengladungen durch elektrische Zündmaschinen gezündet. Das Salzgestein bricht los und liegt nach der Sprengung in hohen Bergen in den Strecken. Diese sind von Sprenggasen und Salzstaub erfüllt. Aber ehe die Arbeiter zurückkehren, sind die Gase abgezogen, und der Salzstaub vor Ort hat sich gelegt. Das losgesprengte Steinsalz wird in die bereitstehenden Loren verladen und zutage gefördert. Im mechanisierten Abbau wird das losgesprengte Salz vom Schrapperkasten selbsttätig aufgenommen und abgeräumt.

Das Salzgebirge zeichnet sich durch eine hohe Standfestigkeit aus. Es können große Abbauräume gesprengt werden, ohne daß stützende Ausbauten notwendig sind. So entstehen weite Hallen von 25 Metern Breite, 100 Metern Länge und 100 Metern Höhe. Bekannt sind der große Kuppelsaal im Salzbergwerk Kochendorf, die weiten Hallen in dem polnischen Bergwerk von

Wieliczka-Bochnia und die Festsäle unter Tage in Staßfurt und anderen Steinsalzbergwerken.

Die besten und reinsten Stücke des geförderterten Salzes werden zur Bereitung von Speisesalz ausgesondert; die Hauptmenge aber verarbeitet man für gewerbliche Zwecke. In Steinbrechern wird das Salz zerkleinert, dann in Glockenmühlen grob und in Walzmühlen fein gemahlen. Auf horizontalen Siebsätzen, den Sichern, wird es schließlich auf gleichmäßiges Korn abgesiebt.

Interessant ist die Entwicklung, die der Steinsalzbergbau in Deutschland genommen hat. 1820 wurde der erste Schacht für



Backenbrecher zum Zerkleinern von Steinsalz

Steinsalzförderung in Jagstfeld in Württemberg abgeteuft. 1851 folgte die Schachanlage Erfurt, 1859 das Salzbergwerk Staßfurt und 1860 die Schachanlage Friedrichshall am Kocher in Württemberg.

Beim Abteufen des Staßfurter Sattels stieß man, ehe das Steinsalzlager erreicht war, auf Salzschieben, die im wesentlichen Kalium- und Magnesiumsalze enthielten. Sie mußten abgeräumt und auf Halde verstäürzt werden, ehe man zu dem tiefer gelegenen Steinsalz vordringen konnte. Man nannte die Salze daher „Abraumsalze“. Fünf Jahre später hatten die Chemiker Frank und Grüneberg ein Verfahren ausgearbeitet, nach dem aus Abraumsalzen hochprozentige Kalisalze gewonnen werden konnten, und

ihre industrielle Auswertung begann. Denn eben diese Kalisalze waren von Liebig als lebensnotwendig für den Pflanzenwuchs erkannt worden. Sie konnten nunmehr der Landwirtschaft als künstliche Kalidüngemittel zur Verfügung gestellt werden.

Sehr bald erkannte man den außerordentlichen Wert dieses „Nebenprodukts“, und die Verhältnisse kehrten sich um. Die Kalisalze, die anfangs achtlos auf Halde gestürzt worden waren, wurden zum Hauptprodukt des Bergbaus, und das Steinsalz ist zum Nebenprodukt geworden. Man baut von ihm gerade noch so viel ab, wie industriell und in den Haushalten abgesetzt werden kann.

Der veränderte Bedarf an Salzen führte auch zu Änderungen bei der Anlage neuer Schächte. Teufte man sie anfangs möglichst durch den Salzsattel ab, um auf kürzestem Wege zum Steinsalz zu gelangen, so wurden die Schächte nunmehr seitlich von den Sätteln niedergetrieben. So war es möglich, die mehr oder weniger steil aufgerichteten Kalisalzschichten an den Flanken der Salzsättel in übereinander liegenden, kurzen Abbausohlen auf einfache Art zu gewinnen. Einzelne Sohlen treibt man dabei auch in die Schichten des Jüngeren Steinsalzes vor, um dieses als Nebenprodukt zu gewinnen. Heute gibt es nur noch wenige Bergwerke, in denen nur Steinsalz gefördert wird; eine solche Neuanlage würde überhaupt nicht mehr lohnen.

In der Deutschen Demokratischen Republik zählen wir heute dreizehn Bergbaubetriebe für Kalisalz; drei davon liegen im Werra-gebiet, acht im Harzvorland und zwei bei Merseburg. Ihnen stehen acht Steinsalzbergwerke gegenüber; vier von ihnen sind zugleich Kali-bergwerke und in der oben genannten Zahl von dreizehn enthalten, zwei sind ausschließlich Solbergwerke zum Auslaugen unterirdischer Salzlager. Das Salz natürlicher und künstlicher Solewässer wird in sechs Salinen gewonnen.

Salz im Haushalt des Menschen und im Haushalt der Natur

Salze im menschlichen Körper

Im Meere sind die einzelnen Salze in bestimmten Konzentrationen enthalten. Hier entwickelten sich die ersten Lebewesen der Erde, und hier hielten sie sich während langer geologischer Zeiträume ausschließlich auf. Der Salzgehalt des Meeres bot den lebenden Zellen die erforderlichen Nährstoffe und gleichbleibende Lebensbedingungen. Erst relativ spät in der Erdentwicklung siedelten Pflanzen und auch Tiere auf das Festland über. Die gleichbleibenden Lebensbedingungen, die das Salzwasser den niederen Lebewesen bot, suchten sich die höher entwickelten Lebewesen zu erhalten, indem sie das Salzwasser als Körperflüssigkeit in ihrem Innern mit aufs Land nahmen.

Flüssiges Wasser war die Grundbedingung, unter der allein Leben auf der Erde entstehen konnte. Wasser war aber nicht nur der Lebensraum, in dem sich Lebewesen entwickeln konnten. Es ist auch das Transportmittel für Nährstoffe und Abfallprodukte des Stoffwechsels. Vom Ort der Nahrungsaufnahme bringt es die Nährstoffe zu den einzelnen Zellen des Körpers oder in die Speicherorgane, und es schwemmt die Abfallprodukte des Stoffwechsels aus den Zellen hinweg. Die lebenden Zellen waren also von Anfang an von Wasser umgeben und von wäßrigen Lösungen erfüllt. Die Salzkonzentration in der Zelle mußte derjenigen des Meerwassers entsprechen. Denn Flüssigkeiten verschiedener Salzkonzentrationen tauschen einander aus. Es wandern die Salze von Orten höherer zu solchen niederer Konzentration, und umgekehrt wandert das Wasser als Lösungsmittel von Orten niederer zu solchen höherer Konzentration. Dieser physikalische Stoffaustausch durch Diffusion kommt erst zur Ruhe, wenn eine Flüssigkeit einheitlicher Konzentration entstanden ist. Durch eine entsprechende Salzkonzentration der Zelle wird deren

Wasseraufnahme geregelt und gleichzeitig ein bestimmter Spannungszustand in der Zelle gewährleistet, der die Zellwand strafft. Die Bedingung, daß die Salzkonzentration innerhalb der Zelle derjenigen des Meerwassers entsprechen muß, fällt weg, wenn das Lebewesen sich vom Meere gelöst hat und auf dem Festlande lebt. Nunmehr liegt ihre Bedeutung in der Anziehungskraft, die eine Salzlösung auf Wasser hat. Auf diese Weise wird die Aufnahme von Wasser oder wäßrigen Lösungen aus dem Erdboden für die Pflanze gewährleistet. Außerdem hat der Spannungszustand innerhalb der Zelle für Pflanzen und Tiere, die auf dem Lande leben, erhöhte Bedeutung zur Festigung des Körpers.

In physikalischer Hinsicht wäre es relativ gleichgültig, welche Salze in der Zelle gespeichert werden. Aber Versuche an der lebenden Zelle zeigen, daß den einzelnen Salzen spezielle Aufgaben zufallen. Da lebt vorwiegend im Brackwasser Nordamerikas die Fischgattung *Fundulus*, von der zahlreiche Zierfischarten in Aquarien gehalten werden. Loeb brachte befruchtete *Fundulus*-Eier einmal in Brackwasser und ein andermal in eine Kochsalzlösung entsprechender Konzentration. Im Brackwasser entwickelten sich die Eier ungehindert weiter, in der Kochsalzlösung gingen sie sehr bald zugrunde. Bei Wiederholung der Experimente setzte der Forscher der Kochsalzlösung geringe Mengen anderer Salze zu, und die Eier entwickelten sich dann ebenfalls weiter. Daraus folgt, daß die einzelnen Salze in der lebenden Zelle noch spezifische Aufgaben haben und sich nicht gegenseitig vertreten können. Die spezifische Wirkung der einzelnen Salze ist von außerordentlicher Bedeutung für die Entwicklung der Lebewesen und für die gesamten Lebensfunktionen.

Die Salzmoleküle zerfallen in wäßriger Lösung in elektrisch geladene Ionen. Dabei bilden sich, wie wir bereits feststellten, positiv geladene Teilchen, die Metall-Ionen, und negativ geladene Nichtmetall-Ionen. Die Art der sich bildenden Ionen hängt von der chemischen Zusammensetzung des Salzes ab. In der lebenden Zelle üben die verschiedenen Metall-Ionen unterschiedliche, oft sogar gegensätzliche Wirkungen aus. Im Stoffwechsel wirken zum Beispiel die Natrium-Ionen des Kochsalzes

quellungsfördernd auf leimartige Stoffe, die Kolloide, ein. Die Kalzium-Ionen der Kalziumsalze haben die entgegengesetzte Funktion; sie wirken entquellend. So läßt sich durch das Gegenpiel von Natrium- und Kalzium-Ionen der Stoffwechsel in der lebenden Zelle sehr genau regulieren. Diese Wirkung und Gegenwirkung wurde von anderen Forschern in anderen Versuchserien ebenfalls nachdrücklich festgestellt. Die Gegensätzlichkeit geht so weit, daß Natrium auf der einen und Kalium und Kalzium auf der anderen Seite einander entgiften können. Versuche, die Koranji an Meerschweinchen anstellte, haben ergeben, daß die Tiere tödliche Mengen von Kaliumchlorid und Kaliumsulfat ohne weiteres überstehen können, wenn ihnen zusätzlich genügend große Mengen Natriumchlorid gegeben werden. Die Natrium-Ionen entgiften in diesem Falle die im Körper zuviel vorhandenen und daher giftig wirkenden Kalium-Ionen.

Wenn auch noch längst nicht alle chemischen Vorgänge in der lebenden Zelle und im lebenden Körper geklärt sind, so wissen wir heute doch bereits um die große Bedeutung der Natrium-Ionen für die gesamten Lebensvorgänge. Ohne Natrium-Ionen wäre keine Muskelbewegung möglich. Legen wir einen Froschmuskel in sogenannte physiologische Kochsalzlösung, deren Salzkonzentration die besten Lebensbedingungen bietet, so beginnt der Muskel unter der Reizwirkung der Natrium-Ionen rhythmisch zu zucken, so etwa, wie das Herz in unserem Körper schlägt. Ohne Natrium gibt es keine Bewegung, mit Natrium ist der Körper ein ständig unruhiges, zuckendes Muskelbündel! Kalium und Kalzium als Gegenspieler legen den Muskel still. Ohne Natrium keine Bewegung, ohne Kalium kein Verharren, keine Ruhe. Eines ist so wichtig wie das andere; keines kann entbehrt werden.

Natrium-Ionen steigern allgemein die Erregbarkeit. Sie wirken erregend auf die Schleimhäute und regen die Drüsentätigkeit an. Damit steigert sich der Appetit und der gesamte Stoffwechsel. Sie wirken erregend und steigernd bei Zellbildung und Zellteilung. Ohne Natrium Wachstumsstillstand – ohne den Gegenspieler Kalium auch in dieser Hinsicht Maßlosigkeit. Wie genau die Ionenkonzentration auf die Erfordernisse des Stoffwechsels

eingestellt ist, ergibt sich schon daraus, daß in jugendlichen Geweben die Kochsalzkonzentration größer ist und mit zunehmendem Alter abnimmt. Die wasserreichen Nervenendigungen antworten auf eine Erhöhung der Natriumionenkonzentration mit erhöhter Reizbarkeit. Es werden sowohl die Bewegungs- als auch die Empfindungsnerven stärker erregt. Ohne Natrium Trägheit, Reaktionslosigkeit, Gleichgültigkeit; ohne den Gegenspieler Kalium Steigerung der Erregbarkeit ins Unerträgliche, krankhafte Nervosität. Besonders eine Natriumanreicherung führt zu allgemeiner Nervosität und vermehrter Reizbarkeit und hierdurch zu einem vorzeitigen Nachlassen der geistigen Spannkraft. Das macht sich besonders in Zeiten der Überlastung bemerkbar, in denen erhöhte Leistungen gefordert werden und eventuell noch physische Belastungen hinzukommen. Ein ausgeglichener Salzhaushalt allein ergibt gesunde Reaktionsfähigkeit, indem durch die Dämpfung der Übererregbarkeit wieder normale Reaktionsbereitschaft erzielt wird.

Die Natrium-Ionen bilden den großen Motor unserer Lebensvorgänge. Natrium ist das Reiz- und Erregungsmittel; Kalium und Kalzium als Gegenspieler sind die Moderatoren und Dämpfer zu starker Erregbarkeit; beide halten den erforderlichen Erregungs- und Reizzustand des Körpers in maßvollen Grenzen. Beide, Natrium und seine Gegenspieler, ergeben den gesunden Ausgleich, die Koordination der Lebensvorgänge.

Es ist erwiesen, daß die Zellen Wasser als Lebens„element“ brauchen. Aber in reinem Wasser würden sie zugrunde gehen. Sie brauchen eine Salzlösung bestimmter Konzentration. Eine reine Kochsalzlösung kann dies nicht sein; sie würde giftig auf die lebende Substanz wirken, da ihr die entgegengesetzt wirkenden Ionen fehlen, die ebenfalls lebensnotwendig sind. Trotzdem überrascht die Tatsache, daß sich in der Blutflüssigkeit von Tier und Mensch nahezu die gleiche mengenmäßige Verteilung dieser Ionen erhalten hat, die wir im Meerwasser antreffen.

Im Meerwasser kommen auf hundert Teile Natriumchlorid 2,2 Teile Kaliumchlorid und 2,3 Teile Kalziumchlorid, in der Blutflüssigkeit auf 100 Moleküle Natriumchlorid 2 Moleküle Kaliumchlorid und 1,5 Moleküle Kalziumchlorid.

Meerwasser enthält auf 100 Gramm Salze 80 Gramm Natriumchlorid, Blutflüssigkeit auf 100 Gramm Salze 78 Gramm Natriumchlorid.

Diese Übereinstimmung kann nicht zufällig sein. Es ist wahrscheinlich auch nicht ein Zustand, der aus der Entwicklungsgeschichte erklärbar ist und sich zufällig bis heute als „Ahnenerbe“ erhalten hat. Mit viel größerer Wahrscheinlichkeit ist die Salzkonzentration und die Verteilung der einzelnen Ionen im Meerwasser die einzig mögliche Ionengruppierung, die die besten Bedingungen für den Ablauf der Lebensprozesse ergibt. Ein mehr oder weniger großes Abweichen von diesen Bedingungen bedeutet noch heute einen allmählich sich vollziehenden Übergang zu ungünstigen Lebensbedingungen und schließlich zu Krankheit, Siechtum und Tod.

Denn längst noch nicht haben wir die Bedeutung des Kochsalzes für den lebenden Organismus erschöpfend dargestellt. Außer der Erregung zahlreicher Lebensfunktionen kommt dem Kochsalz unter anderem auch noch die wichtige Aufgabe zu, den Körper von zahlreichen giftigen Stoffen zu entsäuern, die im Stoffwechsel anfallen. Da werden die entstehende Harnsäure, Harnstoff, Schwefelsäure, Phosphorsäure, Kohlensäure chemisch gebunden und in Form anderer Verbindungen ausgeschieden.

In anderen Zellen wieder wird Kochsalz aufgespalten, und es entsteht die für Eiweißverdauung unerläßliche Salzsäure, die zum Beispiel zu 0,5 Prozent im Magensaft enthalten ist.

Änderungen in der Mengenverteilung der Salze innerhalb und außerhalb der Zellen regeln den Austausch mit den Körperflüssigkeiten, und gleichzeitig können hierdurch auch Abänderungen in der Tätigkeit der Einzelzellen oder der Gewebe ausgelöst werden.

Salz und Ernährung

Seit undenklichen Zeiten bekannte Eigentümlichkeiten in der Ernährungsweise werden erst unter dem Gesichtspunkt des Kochsalzhaushalts im Körper verständlich. Es wurde schon ge-

sagt, daß einzelne Völkerstämme bis heute noch kein Salz verzehren oder den Salzgenuß sogar verabscheuen. Ebenso gibt es zahlreiche Tiere, die Salz weder brauchen noch aufnehmen. Es gibt aber auch Menschen und Tiere, die einen erhöhten Bedarf an Kochsalz haben und gierig das ihnen gereichte Salz aufnehmen.

Wenn ein Mensch längere Zeit ohne Salz leben muß, so verspürt er ein immer größer werdendes Verlangen nach Milch und Fleisch. In diesen Tierprodukten sind zahlreiche Mineralsalze enthalten. Mit dieser Erscheinung stimmt überein, daß die Fleischfresser unter den Tieren keinen Kochsalzbedarf haben. Sie finden in der von ihnen bevorzugten Kost alle Salze vor, deren sie zum Aufbau ihres Körpers und zum chemischen Ablauf der Lebensvorgänge bedürfen. Anders liegen die Verhältnisse beim Pflanzenfresser.

Die Pflanzen beziehen ihre Nährsalze aus dem Erdboden. Wie wir eingangs feststellten, hat der Boden ein hohes Speichervermögen für Kaliumsalze, während die Natriumsalze nicht gespeichert, sondern von den Wasserläufen in gelöster Form fortgeschwemmt und ins Meer geleitet werden. Entsprechend sind im Pflanzenkörper mehr Kaliumsalze vertreten als im Tierkörper. Bei ausschließlicher Pflanzennahrung wird daher das Salzgleichgewicht beim Tier gestört. Die in erhöhtem Maße aufgenommenen Kaliumsalze ersetzen teilweise die Natriumsalze, so daß die antagonistischen Wirkungen der Kalium-Ionen nunmehr auch stärker in Erscheinung treten. Daher sind die Pflanzenfresser instinktiv gierig auf Kochsalz. Mit ihm kann der Förster das scheueste Wild aus seinen Verstecken herauslocken. Meist gibt man den Haustieren und dem Wild Lecksteine. Als solche dienen der Pfannenstein der Salinen oder auch stark verunreinigtes Kochsalz, wie zum Beispiel das Ältere Steinsalz.

So wird uns auch manche Lebensgewohnheit bestimmter Völker oder Volksteile leichter verständlich. Kaliumaufnahme führt immer instinktiv zu Kochsalzhunger, weil das gestörte Gleichgewicht der Ionen wiederhergestellt werden muß. Die kalireiche Kartoffel erfordert mehr Salz als die kaliarmen Teigwaren. Nudeln und Blumenkohl werden daher leichter versalzen, das heißt, sie

werden beim Essen als zu salzig empfunden. Der Deutsche, der viel kalireiche Kartoffeln ißt, hat durchschnittlich einen höheren Salzverbrauch als der Inder, der sich vorwiegend vom kalireicheren Reis nährt. München ist gekennzeichnet durch hohen Bierverbrauch. Bier ist ein kalireicher vergorener Pflanzenauszug. Der Münchener mit seinem hohen Bierverbrauch sucht instinktiv die Kalium-Ionen durch zusätzliche Natrium-Ionen zu entgiften und seinen Salzhaushalt wieder in Ordnung zu bringen. Er ißt daher zum Bier Salzbrezeln und scharf gesalzenen Rettich; außerdem hat er einen hohen Fleischverbrauch.

In der Praxis hat sich gezeigt, daß besonders die Natrium-, Kalium-, Kalzium- und Magnesium-Ionen die Lebensvorgänge beeinflussen. Sie bilden daher die Nährsalze des Körpers im engeren Sinne. Fehlt eines dieser Ionen, so ist irgendeine Funktion im Körper gestört; ist eines im Übergewicht, so ist irgendeine Funktion krankhaft übersteigert. Gegen eine solche Übersteigerung setzt sich der Körper zunächst selbst zur Wehr. Hieraus erklärt sich die instinktive Gier nach Salz bei erhöhter Kaliumaufnahme. Bei erhöhter Kochsalzzufuhr wird das überschüssige Salz zunächst in der Haut gespeichert, um das Ionen-gleichgewicht in der Blutflüssigkeit aufrechtzuerhalten. Damit kann aber nur eine vorübergehende Überschwemmung mit Salz ausgeglichen werden. Ist das Reservoir gefüllt, so zeigen sich krankhafte Erscheinungen, wie nässende und juckende Hautausschläge, die auch häufig mit Schuppen- und Krustenbildung verbunden sind. Andererseits trocken bei zu geringer Kochsalzzufuhr, die nur in den seltensten Fällen zu befürchten ist, die Gewebe aus; es kann zu wenig Wasser gespeichert werden. Das Bindegewebe verliert seine elastische Beschaffenheit und seine pralle Fülle; trockene, runzelige Haut ist die Folge.

Es muß also die menschliche Nahrung alle lebensnotwendigen Salze in ausreichender Menge enthalten, wenn der Körper gesund erhalten bleiben soll. Die aufgenommenen Salze dienen zum Aufbau der Körpersubstanz und zum Ersatz der Salz-mengen, die mit dem Harn, dem Schweiß, den Tränen und anderen Ausscheidungsprodukten abgeschieden werden. Die Gesundheit des Menschen steht und fällt mit dem richtigen Mengenverhältnis

besonders der Natrium-, Kalium-, Kalzium- und Magnesium-Ionen, die dem Körper in der biologisch notwendigen Konzentration zugeführt werden müssen. In der Homöopathie sucht man zum Beispiel bei gestörtem Salzhaushalt, auf den sehr viele Krankheitserscheinungen zurückzuführen sind, die meist kleinen Mengen der fehlenden Salze durch geringe Salzgaben zu ergänzen und damit das Ionengleichgewicht wieder herzustellen.

Bei gemischter Kost ist der Bedarf eines Erwachsenen etwa mit täglich 2 bis 5 Gramm Kochsalz anzusetzen. Diese Menge ist vollkommen ausreichend und auch als unschädlich anzusehen. Meist jedoch werden viel größere Salzmengen verbraucht. Wir sehen nur das Körnchen Salz, das wir ans Essen streuen. Wir sehen aber nicht das Salz, das der Bäcker zum Salzen des Brots, der Fleischer zum Salzen der Wurst, das die Hausfrau zum Salzen der Suppe bereits verbraucht hat, einmal ganz abgesehen vom Pökelsalz und der Salzlauge der Heringe. All dieses Salz wird zusätzlich von uns aufgenommen. Es wird daher des Guten sehr leicht zuviel getan, und der tägliche Salzverbrauch vieler Menschen liegt bei etwa 20 bis 40 Gramm! Anfangs hilft sich der Körper selbst gegen diese Salzflut. Auf die Dauer führt sie aber zu Schädigungen der Gewebe und Organe. Andere lebenswichtige Salze werden verdrängt und damit die Wirkung der Gegenspieler ausgeschaltet oder verringert. Da jedes Gramm Salz etwa 70 Gramm Wasser im Körper zurückhält, führt Kochsalzüberschuß zwangsweise zur Aufschwemmung der Gewebe und damit auch zu den Erscheinungen der Wassersucht. Der gesamte Wasserhaushalt des Körpers gerät in Unordnung.

Desinfizieren und Konservieren mit Salz

Die Rolle, die das Salz als Konservierungsmittel spielt, kennen wir alle aus dem Haushalt. Wollen wir Fleisch vor dem Verderben bewahren, so salzen wir es ein. Besonders leicht verderblich sind frische Fische. In Salzlauge hingegen sind sie sehr haltbar und können auch bei langen Transportwegen ins Binnenland gebracht werden. Salzheringe und Sardellen sind typische

Beispiele für die konservierenden Eigenschaften des Salzes, das Gärungs- und Fäulnisprozesse verhindert. Die Gärungs- und Fäulniserreger sind Einzeller; sie können nicht in der konzentrierten Salzlösung leben, in der allen Zellen das zum Leben notwendige Wasser entzogen wird.

Die fäulniswidrige Eigenschaft konzentrierter Salzlösungen wurde von den Ägyptern bei ihrer Totenbestattung praktisch ausgewertet. Man legte die Leichen zunächst in Salzlauge, um sie zu konservieren, ehe man die eigentliche Mumifizierung durchführte. Und die ärmeren Bevölkerungsschichten begnügten sich überhaupt mit der billigen Einsalzung. Inzwischen haben sich die Anschauungen gewandelt. Wir haben uns daran gewöhnt, in den Kleinstlebewesen, die die Prozesse der Fäulnis und Verwesung einleiten, ein wichtiges Glied im Kreislauf der Stoffe zu sehen. Sie beseitigen die Überreste von Pflanzen, Tieren und Menschen und schaffen Platz für neues Leben. Dabei vollenden sie den natürlichen Stoffkreislauf, der von den Mineralien zu den organischen Stoffen und von diesen zurück zum Mineralischen führt.

Von Bedeutung ist für uns das Salz also nur zur Konservierung von Nahrungsmitteln, die ohne das Einsalzen sehr schnell verderben würden. So kann man Nahrungsmittel, die im Überfluß anfallen, für Zeiten der Not speichern. Wir müssen uns aber dessen bewußt sein, daß das Einsalzen nur für bestimmte Nahrungsmittel zuträglich ist. Bei anderen, wie zum Beispiel beim Salzgemüse, werden beim Auslaugen des Salzes vor der Verwendung auch beachtliche Mengen der in den Pflanzen enthaltenen mineralischen Bestandteile herausgelöst und gehen für die Ernährung verloren.

Kalisalze fördern Pflanzenwuchs

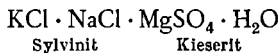
Dieselbe Bedeutung, die für Menschen und Tiere das Natriumchlorid hat, besitzt für die Pflanzen das Kaliumchlorid. Die Pflanze ist bodengebunden; sie kann ihren Standort nicht wechseln. Daher ist sie auf die Salze angewiesen, die der Acker-

boden zurückhält. Und das sind die Kalisalze. Denn die Natriumsalze werden in gelöster Form von dem Bodenwasser an die Flüsse weitergegeben und gelangen ins Meer. So muß sich die Pflanze zwangsläufig auf die Verarbeitung und Auswertung der Kalisalze beschränken.

Die intensive Bodennutzung führte im Laufe der Zeit zu einer Verarmung des Ackerbodens an wichtigen Grundnährstoffen für den Pflanzenwuchs. Besonders sind es vier Nährstoffe, ohne die eine Pflanze praktisch nicht leben kann: Kalium, Stickstoff, Phosphor und Kalzium. Nur das Kalzium ist in der Mehrzahl der Böden in ausreichender Menge vorhanden. Die übrigen drei Bestandteile sind Mangelstoffe des Ackerbodens. Sie begrenzen das Pflanzenwachstum. Wollen wir nicht ab und zu auf die Brache als eine Form der extensiven Bodennutzung zurückgreifen, so müssen die Mangelstoffe dem Boden durch künstliche Düngung zugeführt werden. Es ist das Verdienst Justus von Liebig's, die Zusammenhänge zwischen Mangelstoffen des Ackerbodens und den erzielten Ernten erkannt zu haben. Als Abhilfe gegen das Absinken der Ernten machte er die künstliche Düngung populär. Er ist der Begründer der Agrikulturchemie, der wissenschaftlichen Erforschung des Ackerbodens. Nun erfolgte die Neuorientierung der Landwirtschaft auf die künstliche Düngung. Sie hatte jene Umstellung vom Steinsalzbergbau auf den der „Edelsalze“ zur Folge, die man früher achtlos als „Abraumsalze“ auf Halde schüttete.

Bei der Gewinnung der Kalisalze ergeben sich technische Schwierigkeiten. Während das Natriumchlorid zum Beispiel im Jüngerer Steinsalz in großer Reinheit vorliegt und direkt bergmännisch gewonnen werden kann, bestehen die Abraumsalze aus einer großen Zahl verschiedener Mineralien. Es sind teils Chloride, teils Sulfate, teils gemischte Salze. Neben den einfachen Salzen gibt es auch Doppelsalze, deren Moleküle aus Molekülen einfacher Salze zusammengesetzt sind und außerdem meist auch noch Wassermoleküle als Kristallwasser chemisch gebunden enthalten. Die Chloride des Natriums (NaCl), des Kaliums (KCl) und des Magnesiums ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) bezeichnet man bergmännisch als Steinsalz, Sylvin und Bischofit, die Sul-

fate des Kalziums (CaSO_4 bzw. $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$) und des Magnesiums ($\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) als Anhydrit bzw. Gips und Kieserit. Kalium- und Natriumchlorid können sich zu dem Doppelsalz Sylvinit ($\text{KCl} \cdot \text{NaCl}$) vereinigen, Kalium- und Magnesiumchlorid zum Carnallit ($\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$). Kalium- und Magnesiumsulfat bilden das Doppelsalz Schönit $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$. Gemischte Chlorid-Sulfate endlich sind der Kainit $\text{KCl} \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$, der Polyhalit $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 2 \text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ und das Hartsalz, das ein Gemisch von Sylvinit und Kieserit ist:



Sylvin ist das wertvollste, Carnallit das häufigste Kalisalz.

Beim Aufarbeiten der Rohsalze müssen diese in ihre Einzelbestandteile getrennt werden. Das ist technisch oft nicht leicht. Denn die Zusammensetzung der Rohsalze wechselt häufig stark. Die besonders kalireichen Salze, vor allem Sylvinit und Hartsalz, kann man direkt in gemahlenem Zustand als Kalidüngemittel verwenden. Die meisten Salze jedoch werden erst in den Kalifabriken an Kali angereichert oder auch auf hochprozentiges Kaliumchlorid oder Kaliumsulfat verarbeitet. Dabei wertet man die unterschiedliche Löslichkeit der einzelnen Salze zu ihrer Trennung aus.

Den reinen Carnallit $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ zum Beispiel löst man auf. Die Lösung enthält dann Kalium-, Magnesium- und Chlor-Ionen. Beim Eindampfen muß das schwerer lösliche Salz zuerst auskristallisieren. Es vereinigen sich also Kalium- und Chlor-Ionen, und es scheidet sich Kaliumchlorid ab; Magnesiumchlorid bleibt in der Restlösung. Meist enthält der Rohcarnallit aber große Mengen Natriumchlorid und ist mit Sulfaten gemischt. Dann löst man das Rohsalz in heißer Löselauge. Dabei gehen nur die Chloride in Lösung; die Sulfate verbleiben als Rückstand ungelöst. Nun kühlt man die Löselauge ab. Dabei kristallisieren Kaliumchlorid und Natriumchlorid aus; das Magnesiumchlorid hingegen bleibt als leichtestlöslicher Bestandteil weiter in Lösung. Das Gemisch von Kaliumchlorid und Natriumchlorid wird mit kaltem Wasser zusammengebracht. In der Kälte löst

sich Natriumchlorid stärker als Kaliumchlorid. So kommt man allmählich durch eine größere Zahl verschiedenartiger Methoden zu einer weitgehenden Trennung der Einzelbestandteile.

Die Schwierigkeiten in der Verarbeitung des Carnallits haben diesen in der Fördermenge stark in den Hintergrund gedrängt. Er ist heute an der gesamten Rohsalzförderung nur noch mit wenigen Prozenten beteiligt. Der Schwerpunkt der Kaliförderung hat sich damit zugleich aus dem Staßfurter Bezirk ins Werragebiet verlagert. Dessen Hartsalze haben eine nahezu horizontale ungestörte Lagerung auf weite Strecken. Das Kaliwerk Kaiseroda bei Merkers an der Werra ist das größte Kalibergwerk der Welt und besitzt ausgefahrene Strecken in einer Gesamtlänge von 380 Kilometern. Etwa 1100 Kumpels arbeiten an 200 Abbauorten in einer Teufe von 300 bis 400 Metern. Sie werden in der großen Hauptförderstrecke in Kraftwagen zu den Abbauorten befördert. Da die Werrasalze einen bedeutenden Gehalt an Kieserit haben, werden sie vielfach auch auf Sulfatdüngemittel verarbeitet.

Das kleine Kalivorkommen bei Buggingen in der Nähe von Freiburg im Breisgau ist ebenso wie das französische Lager des Elsaß ein Sylvinit-Lager, das zur Tertiärzeit gebildet wurde. Es ist ein sogenanntes sekundäres Lager, das durch Auflösung eines primären Lagers und nachträgliche Wiederausscheidung der Salze aus der Lösung entstand. Daher fehlen in diesen Kalilagern des Oberrheins die schwerer löslichen Sulfate, so daß die Verarbeitung der Rohsalze einfacher ist als derjenigen des Zechsteinhauptlagers.

Von lokaler Bedeutung ist besonders der Schönit $K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 6H_2O$. Bei seiner Aufbereitung versetzt man das gelöste Rohsalz mit einer warmen Lösung von Kaliumchlorid. Das Kalium des zugesetzten Chlorids vereinigt sich mit dem Sulfat des Magnesiums ebenfalls zu Kaliumsulfat, und es scheidet sich daher reines Kaliumsulfat aus der Lösung ab, während das gleichzeitig gebildete Magnesiumchlorid in Lösung bleibt. So entsteht ein chlorfreier Kaliumsulfatdünger. Er hat besondere Bedeutung für den Anbau chlorempfindlicher Pflanzen, die bei Düngung mit Chloriden zugrunde gehen. Zu ihnen gehören vor allem die Weinrebe, der Tabak und das Zuckerrohr.

Mehr Kali für die Kulturgewächse bedeutet größere Ernten, vorausgesetzt allerdings, daß auch die übrigen Mangelstoffe (Stickstoff und Phosphor) in entsprechender Menge dem Boden zugefügt werden. Es können sich dann von einem bestimmten Raume mehr Menschen ernähren. Diese künstliche Düngung ist für die dicht besiedelten Industriestaaten, zu denen auch Deutschland gehört, unerläßlich. In Zukunft wird sie ebenso wichtig werden für die gesamten übrigen Menschen, deren Zahl sich ständig vergrößert.

Salz, das Mädchen für alles im Haushalt

Bei uns ist Salz im Haushalt unentbehrlich. Die findige Hausfrau weiß ihm immer neue Seiten abzugewinnen. Wir verwenden es nicht nur zum Würzen der Speisen, sondern oft auch für recht banale Anforderungen des Alltags.

Salz zur Fleckenreinigung, wer hat denn davon schon gehört? Ruß ist auf den Teppich gefallen. Beim Versuch, ihn abzubürsten, rieb sich die schwarze Masse nur fester in die Fasern des Teppichs, und guter Rat schien teuer. Aber schon kommt die Hausfrau, streut Salz in dicker Schicht auf den Fleck und bürstet diesen lange und kräftig mit dem Salze. Es nimmt den Ruß auf und reinigt den Teppich und ebenso auch Polstermöbel. Wird ein heißes Gefäß achtlos auf polierte Möbel gestellt, so entstehen häßliche Ringe, die sich durch Reiben mit einem Tuche nicht entfernen lassen. Wir belegen die Ringe mit einer Paste aus Leinöl und Salz und lassen diese über Nacht einwirken. Am Tage darauf nehmen wir sie mit einem weichen Leder auf, und der Schaden ist geheilt. Glanzflecke auf Anzügen werden mit lauwarmem Wasser gebürstet, dem etwas Salz und Salmiak zugesetzt wurden. Auch Stockflecke behandelt man wiederholt mit einer wäßrigen Lösung von Salz und Salmiak, bis die Flecke verschwinden. Saft- und Obstflecke auf Tischwäsche werden sofort mit Salz bestreut. Dann spannt man die befleckte Stelle straff über ein Gefäß und begießt sie so lange mit heißem Wasser, bis der Fleck verschwunden ist.

Auch als Putzmittel kann Salz verwendet werden. Mit lauwarmem Salzwasser werden Korbmöbel abgebürstet, wenn man sie auffrischen will, und Messing wird mit einem Brei aus Salz und Essig geputzt.

Verschiedentlich behandelt man auch Brenn- und Leuchtstoffe mit Salz. Stark rußende Kohle wird einige Stunden vor Gebrauch mit einer starken Salzlösung übergossen; sie rußt dann weniger. Ein Zusatz von Salz zum Petroleum erhöht die Leuchtkraft. Kerzen haben eine längere Brenndauer, wenn man Salz um den Docht streut.

Fensterleder bleiben weich, wenn man sie nach der Verwendung in Salzwasser auswäscht und in feuchtem Zustand zusammenrollt. Neue Besen stellt man vor ihrer ersten Verwendung einige Zeit in Salzwasser; sie bleiben dann länger widerstandsfähig. Setzt man flache, mit Salz gefüllte Schalen in feuchte Räume, so zieht das Salz die Feuchtigkeit an und trocknet die Luft. Kräftiger wirkt allerdings in dieser Beziehung noch das Magnesiumchlorid, das sehr feuchtigkeitsanziehend ist. Im Haushalt verursacht es das unangenehme Zusammenklumpen des Kochsalzes, das meist durch Spuren von Magnesiumchlorid verunreinigt ist.

Was sollten unsere Hausfrauen ohne das Salz in der Küche anfangen! Eben ist eine fetthaltige Speise übergelaufen. Schon steigen uns die bekannten, aber wenig beliebten brenzlichen Düfte in die Nase. Schnell Kochsalz auf den Überlauf gestreut, und schon ist der Schaden behoben! Wir brauchen keine Geruchsbelästigung mehr zu befürchten. So streut die Hausfrau auch Salz in die Pfanne, ehe sie darin Fett erhitzt; es spritzt dann nicht mehr breit. Ist die Suppe im Topf angebrannt, so gießt man sie aus, bestreut den Boden des Topfes mit Salz und läßt dieses eine oder auch zwei Stunden einwirken. Dann wird Wasser zugegeben und der Topf gut ausgescheuert.

Das Salz kennen wir als Konservierungsmittel vom Einsalzen des Fleisches und der Fische. Bettet man Eier in Salz, so verderben sie auch im Sommer nicht. Butter hält sich frisch, wenn sie von Salzwasser überdeckt ist. Kartoffeln vom Tage vorher werden kurze Zeit in kochendes Salzwasser gelegt, und schon sind sie wieder wie frisch. Öl wird nicht ranzig, wenn man ihm

eine Prise Salz zusetzt. Und gekochte Würste, die nicht sofort verbraucht werden, legt man in Salzwasser. Schließlich achte man darauf, daß sich Zitronen mit abgeriebener Schale noch wochenlang frisch halten, wenn man sie mit Salz bestreut.

Weniger bekannt ist Salz als Kühlmittel. Will man eine Speise in einer Schüssel kühlen, so setzt man die Schüssel in ein Gefäß mit Kaltwasser, dem eine Handvoll Kochsalz zugesetzt wird. Beim Lösen verbraucht das Salz Wärme und entzieht diese der Umgebung. Stärker wird die Wirkung, wenn man Kochsalz auf Eis streut. Löst man aber 100 Gramm Ammoniumnitrat in 100 Millilitern Wasser, so sinkt die Temperatur um 25 Grad!

Salz kann den Geschmack einer Speise verbessern, aber auch verschlechtern. Wir alle wissen, wie widerwärtig eine versalzene Blumenkohlsuppe schmeckt. Setzt man eine Prise Zucker zu, so mildert dieser die Unannehmlichkeit. Umgekehrt gibt eine Prise Salz, einer zu stark gesüßten Speise zugesetzt, wieder normalen Geschmack. Der Kaffee erhält einen besonders guten Geschmack und ein feines Aroma, wenn man eine Prise Salz über den gemahlene Kaffee streut, ehe man ihn mit kochendem Wasser übergießt.

Und nun zum Ei! Das Eiklar läßt sich schneller schlagen, wenn man etwas Salz zusetzt. Ein Kuchen wird auch mit wenigen Eiern schön gelb, wenn man den Eidotter vorher mit Salz vermischt. Gemüse wird stets vor dem Putzen mit lauwarmem Salzwasser gewaschen, um Raupen und andere Insekten abzutöten.

Schließlich noch einige Ratschläge aus der Salzkosmetik. Putzt man die Zähne wöchentlich einmal statt mit Zahnpasta mit Kochsalz, das man auf die Zahnbürste streut, so werden sie besonders schön und weißglänzend. Gesichtsröte wird durch Waschungen in kaltem Wasser beseitigt, dem etwas Franzbranntwein und Kochsalz zugesetzt sind.

Der unangenehme, lästige Schlucken vergeht, wenn wir eine Messerspitze Kochsalz auf der Zunge zergehen lassen.

Und nun die Körperfülle; einfachste und bequemste Schlankheitskur: Man trinkt jeden Morgen auf nüchternen Magen ein Glas abgestandenes Wasser, dem eine kräftige Prise Salz und

der Saft einer halben Zitrone zugesetzt sind! Die Wirkung wird nicht ausbleiben!

Hat eine Hausfrau Zwiebeln geschnitten, so haftet der Zwiebelgeruch an den Händen. Trockenes Salz, mit dem man die Hände reibt, nimmt den Geruch hinweg. – Lästigen Geruch in Zimmern, wie zum Beispiel den nach Ölfarbe, nimmt Salz ebenfalls auf, das man in flachen Schüsseln aufstellt.

Bekannt ist die Anwendung des Salzes bei alltäglichen Krankheiten. Halsschmerzen und Heiserkeit bekämpft man durch Gurgeln mit warmem Salzwasser; es wirkt als mildes Desinfektionsmittel. Bei starkem Schnupfen zieht man lauwarmes Salzwasser in die Nase. Leidet man an rheumatischen Zahnschmerzen, so füllt man ein Mullsäckchen mit Salz, erhitzt es auf einer heißen Topfstürze und legt es auf die schmerzende Wange; es lindert die Schmerzen.

Insektenstiche jucken weniger, wenn man Salzbrei auflegt; dann schwillt auch das Gewebe nicht an. Ist Salz nicht zur Stelle, so speichelt man den Stich kräftig ein. Und noch ein Hausmittel für frostige Leute! Wärmflaschen kühlen weniger schnell aus, wenn man dem heißen Wasser etwas Salz zusetzt.

Es ließen sich weitere Seiten damit füllen, wie das Salz als Hausmittel angewandt wird. Für heute mag es genug sein! Und vor allem natürlich – ohne Gewähr! Denn alle Ratschläge konnte ich nicht persönlich überprüfen. Ich will zum Beispiel nicht schlank werden. Wie soll ich dann das Schlankheitsrezept probieren?

Heilmittel Salz

Schon im Haushalt gebrauchen wir das Salz als ein natürliches Heilmittel. Auch in der ärztlichen Heilbehandlung spielt es eine große Rolle. Krankheiten der oberen Atemwege, also der Mund- und Nasenhöhle, des Kehlkopfes und der Bronchien, selbst chronische Bronchitis und Bronchialasthma, werden durch Salzinhalationen behandelt, das heißt durch Einatmen von Luft, in der Salzstäubchen enthalten sind. In den Kurbädern sind Inhala-

torien eingerichtet. Hier wird Sole in geschlossenen Räumen zerstäubt. Oder man zerstäubt die Sole in kleinen Inhalationsapparaten und atmet die Salzstäubchen durch Mund und Nase ein. Mit einem elektrischen Inhalator kann man eine ähnliche Heilwirkung auch zu Hause erzielen. Nichts anderes als solche Inhalationen sind die Spaziergänge an den Gradierwänden oder am Meeresstrand. Auf den Laufstegen rings um die Dornstrauchwände suchen und finden Kranke und Genesende Heilung und Kräftigung, ebenso wie in den Bädern am Meer. Die Gradierwerke Mitteldeutschlands bieten den Vorteil, daß sie von den Industriezentren leichter zu erreichen sind als die Meeresküste und zudem ein milderes Klima haben. Denn vielen Kranken ist das Meeresklima zu rauh, das den Gesunden so vortreffliche Erholung und Kräftigung bietet.

Die Inhalationen haben eine doppelte Heilwirkung. Die eingeatmeten Salzstäubchen erregen und kräftigen die Schleimhäute der oberen Atemwege und wirken zugleich als mildes Desinfektionsmittel, das zahlreiche Krankheitskeime vernichtet.

Neben den Inhalationen gebrauchen die Salinenbadeanstalten als wichtigstes Kurmittel die Solebäder, die etwa 3 Prozent Salz enthalten. Ihre Wirkung entspricht dem Baden in der See. Auch dieses kann wieder nicht jeder vertragen, weil die See häufig sehr kühl ist. Die Sole in der Badewanne dagegen läßt sich beliebig temperieren. Man kann ihr außerdem weitere Kurmittel zusetzen, wie zum Beispiel Latschenkieferextrakt oder Fichtennadelöl, oder man läßt zusätzlich Sauerstoff oder Kohlendioxyd unter einem Lattenrost ins Wasser strömen. Mit Vorliebe verwendet man die in den Salinen abfließenden Mutterlaugensalze für Bäder. Sie enthalten unter anderem Bromsalze und zum Teil auch Jodsalze in Mengen, die in natürlichen Heilwässern sonst kaum angetroffen werden. Besonders wirksam sind Jodsolebäder, bei denen Jod zusätzlich in Mutterlauge aufgelöst und vom Körper nachweislich aufgenommen wird.

Medizinisch werden Solebäder besonders bei zahlreichen Kinderkrankheiten, wie Skrofulose, bei Halsdrüsenerkrankungen und Englischer Krankheit angewendet. Auch gichtige und rheumatische Muskel- und Gelenkerkrankungen werden in Verbindung

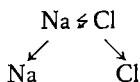
mit Massagen und Lichtbädern gebessert oder geheilt. Hinzu kommen alle Krankheiten, die durch Anregung des Stoffwechsels günstig beeinflußt werden können, wie Nervosität, Blutarmut, Erschöpfungszustände und auch die Arterienverkalkung.

So ist die Sole in den Bädern Mitteldeutschlands ein wichtiger Faktor zur Erhaltung der Volksgesundheit, und die Fürsorge geht dahin, seine heilende und stärkende Kraft allen zugänglich zu machen, sei es durch einen Kuraufenthalt in einem Badeort oder durch Solebäder, die jeder sich daheim selbst bereiten kann. Solche Bäder daheim können natürlich nicht so nachhaltig wirken wie das Zusammenspiel von Inhalation und Solebad, von frischer Luft und Freizeit, von Erholung und Ferienfreuden während einer regelmäßig durchgeführten Kur.

Salz als Rohstoff der chemischen Industrie

Rohstoff Salz

Die größte Bedeutung hat heute das Kochsalz als Rohstoff der chemischen Großindustrie. Kochsalz ist Natriumchlorid und hat die Formel NaCl . Es besteht also aus Natrium und Chlor. Die einfachste chemische Umwandlung ist die Zerlegung des Kochsalzmoleküls in seine beiden Bausteine. Diese Aufspaltung läßt sich mit Hilfe des elektrischen Stroms, durch Elektrolyse, durchführen.



Wir erhalten Natrium als eines der reaktionsfähigsten Leichtmetalle und Chlor als eines der reaktionsfähigsten Nichtmetalle. Entsprechende Zerlegungen auf elektrischem Wege lassen sich mit dem Kaliumchlorid und dem Magnesiumchlorid durchführen, die wir von den Abraumsalzen her kennen.

Sowohl Natrium als auch Kalium sind derart reaktionskräftig, daß sie als Metalle nur begrenzte Anwendung finden können. Aber im Laboratorium und in der Industrie werden sie zur Durchführung bestimmter chemischer Reaktionen viel verwendet. Anders verhält es sich mit dem Leichtmetall Magnesium. Zwar ist es für sich allein leicht angreifbar, aber man gewinnt aus ihm die Magnesiumlegierung Elektron, die heute als eine der leichtesten Legierungen eine wichtige Rolle im Automobil-, Flugzeug- und Schiffsbau spielt.

Das Nichtmetall Chlor und besonders seine Verbindungen verwenden wir als Bleich- und Desinfektionsmittel. Bekannte Chlorverbindungen sind die Bleichlaugen, wie zum Beispiel Eau de Javelle, KClO , und Eau de Labarraque, NaClO , die ihren Namen nach französischen Städten tragen. Als starkes Desinfektionsmittel wird Chlorkalk angewendet, dessen wirksamer Bestand-

teil CaOCl_2 ist. Wird das Natriumchlorid in wäßriger Lösung zerlegt, so ist auch das Wasser H-O-H an der Zerlegung beteiligt. Die OH -Gruppe des Wassers legt sich mit dem Natrium zu der Verbindung Natriumhydroxyd, NaOH , zusammen, die in wäßriger Lösung als Natronlauge und in festem Zustande als Ätznatron bezeichnet wird. Gehen wir vom Kaliumchlorid aus, so erhalten wir Kaliumhydroxyd oder Ätzkali, bzw. dessen wäßrige Lösung, die Kalilauge. Beide Laugen sind wichtige Halbfabrikate der chemischen Industrie. Sie werden unter anderem zur Herstellung von Seife, in der Farbstoffindustrie, zur Gewinnung von Zellulose aus Holz oder Stroh, zur Herstellung von Kunstseide und zum Reinigen von Fetten, Ölen und Erdöl gebraucht.

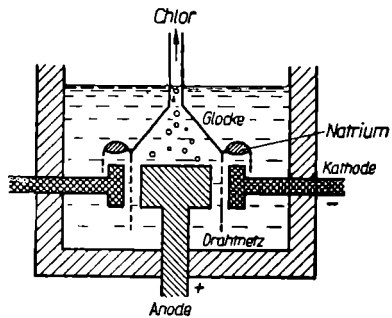
Bei der Zerlegung des Natriumchlorids durch elektrischen Strom entsteht als Nebenprodukt Wasserstoff; er entstammt den Wassermolekülen. Wir können ihn mit Chlor vereinigen und erhalten dann die Salzsäure HCl . Sie entsteht auch beim Umsetzen von Kochsalz mit Schwefelsäure. Die Salzsäure wird im Laboratorium und in der chemischen Industrie viel gebraucht. Beim Umsetzen mit Schwefelsäure entsteht außerdem Natriumsulfat, das in kristallisiertem Zustand unter dem Namen „Glaubersalz“ bekannt ist. Als wichtiges Halbfabrikat dient es zur Herstellung von Glas, Papier, Textilien und Farbstoffen.

Setzt man Kochsalz mit Ammoniak und Kohlendioxyd um, so erhält man das Halbfabrikat Soda, Na_2CO_3 ; geht man von Kaliumchlorid aus, so entsteht entsprechend Kaliumkarbonat, K_2CO_3 . Beide Verbindungen werden in großen Mengen zur Herstellung von Glas und Seifen verbraucht. Soda ist außerdem ein wichtiges Reinigungsmittel.

So gewinnen wir aus dem Kochsalz und den übrigen Salzen zahlreiche Halbfabrikate, die wieder Rohstoffe großer Industriezweige sind. Meistens denkt man bei ihrer Anwendung gar nicht mehr an das Ausgangsprodukt, aus dem sie entstanden sind, an das Kochsalz.

Leichtmetalle aus Salz

Wollen wir das Leichtmetall Natrium gewinnen, so gehen wir von einer wasserfreien Schmelze des Natriumchlorids aus. Die Schmelze befindet sich in einem mit feuerfesten Steinen ausgemauerten Kessel, der Downs-Zelle. Der positive Pol der Stromleitung, die Anode, ragt als runde Platte von unten in die Zelle. Die Anode ist von einer ringförmigen Eisenkathode als negativem Pol umgeben. Schließen wir den Stromkreis, so leitet die Schmelze den elektrischen Strom und wird durch diesen zersetzt. Von den Rändern der Glocke hängen Drahtnetze nach unten. Sie trennen den Kathodenraum vom Anodenraum. Das Chlor wandert zum positiven Pol, der Anode, wird dort entladen und entweicht gasförmig. Eine über die Anode gestülpte



Zerlegung von Natriumchlorid
in der Downs-Zelle

Stahlblechglocke leitet es ab. Am negativen Pol, der ringförmigen Kathode, wird das Natrium entladen und scheidet sich ab. Es ist leichter als die Schmelze und steigt empor. Unter dem Rande der Glocke, die zu einer Rinne umgebogen ist, sammelt sich das Natrium und wird durch ein Steigrohr abgezogen.

Das Natrium ist zu reaktionsfähig, als daß man es als Leichtmetall anwenden könnte. Es dient aber zur Herstellung von Natriumverbindungen, wie zum Beispiel Natriumzyanid und Natriumperoxyd. Außerdem wird es in großen Mengen bei der Indigoerzeugung verbraucht. Ferner dient es zur Herstellung von Natriumdampflampen, in denen etwa 80 Prozent der zugeleiteten elektrischen Energie in Licht umgewandelt wird, im Gegensatz zu den gewöhnlichen Glühlampen, bei denen die Lichtausbeute nur 10 Prozent beträgt. In ähnlicher Weise kann auch Kalium durch Elektrolyse einer wasserfreien Kalium-

hydroxydschmelze gewonnen werden. Es dient zum Bau von Alkalifotозellen für Tonfilm- und Fernsehtechnik, da Kalium bereits beim Bestrahlen mit dem langwelligeren ultravioletten Licht Elektronen abspaltet.

Magnesium entsteht bei der Elektrolyse einer wasserfreien Schmelze von Magnesiumchlorid oder Carnallit, einem Abraumsalz. Als Metallpulver ist es ein Bestandteil des Blitzlichtpulvers. Es strahlt beim Verbrennen ein sehr helles Licht aus, das zum Ausleuchten von Personen, Gruppen und Gegenständen dient, wenn man fotografische Aufnahmen bei Nacht durchführen will. Wir alle kennen noch die raucherfüllten Räume und den feinen mehrlartigen Staub, der nach Blitzlichtaufnahmen auf allen Möbeln liegt. Das ist das Verbrennungsprodukt des Magnesiums, das Magnesiumoxyd, MgO . Es wird auch fabrikmäßig hergestellt und beim Turnen verwendet. Heute ist das billige Blitzlicht bei fotografischen Aufnahmen bereits weitgehend durch Heimplampen und Elektronenblitzer verdrängt.

Wichtig ist Magnesium als Bestandteil von Legierungen. Magnesiumlegierungen mit Zusätzen von Zink, Kupfer oder Aluminium sind Elektron und Magnewin. In der Metallindustrie gewinnen sie wachsende Bedeutung. Denn bei ihrer Anwendung wird gegenüber Aluminiumlegierungen eine Gewichtsersparnis von 20 bis 40 Prozent, gegenüber der Verwendung von Stahl eine solche von 80 Prozent erzielt. Man verwendet sie bevorzugt für Fahrzeugteile und bewegte Teile in Maschinen, um die „tote Last“ zu verringern. Auch zahlreiche Aluminiumlegierungen enthalten Magnesium, so zum Beispiel Hydronalium und Magnalium. Durch die Ausweitung der modernen Leichtmetallindustrie hat das Verfahren zur elektrolytischen Gewinnung von Magnesium neuerdings eine große Bedeutung erlangt. Und Salze – dienen der Leichtmetallgewinnung.

Gift gegen Gift

Bei der Elektrolyse von Natriumchlorid und Kaliumchlorid fällt Chlor an. Chlor ist ein Giftgas; es hat einen stechenden Geruch und ätzt die Schleimhäute der Atemwege und die Lunge stark an. Es ist ein typisches Lungengift. Das anfallende Nebenprodukt Chlor behinderte den technischen Prozeß der Kochsalzelektrolyse, denn man hatte für das Chlor wenig Verwendung, und man wußte es nicht unschädlich zu machen. Also konnte nur so viel Kochsalz elektrolysiert werden, wie man von dem anfallenden Chlor technisch verwerten konnte. So war das Chlor eine starke Behinderung der Arbeit, nichts weiter.

Heute ist das Bild grundlegend gewandelt. In der chemischen Industrie ist die Nachfrage nach Chlor so groß geworden, daß die Salzelektrolyse schon deswegen einen bedeutenden Aufschwung genommen hat. Durch Abkühlung auf -50 Grad Celsius oder bei gewöhnlicher Temperatur unter einem Druck von 6 Atmosphären kann man das Chlor verflüssigen. Die Flüssigkeit füllt man für Kleinverbraucher in Stahlzylinder, für Großverbraucher in Kesselwagen aus Stahlblech. Es hat sich nämlich gezeigt, daß Stahl von wasserfreiem Chlor nicht angegriffen wird. So läßt sich Chlor in flüssigem Zustand bequem transportieren.

Die Giftwirkung des Chlors nutzt man praktisch bei der Anwendung als Desinfektionsmittel aus. Man setzt dem Trinkwasser der Großstädte geringe Chlormengen zu, etwa $0,1$ bis $0,3$ Gramm Chlor auf das Kubikmeter. Das Chlor tötet die Krankheitskeime im Wasser ab, ohne daß bei dieser geringen Menge das Wasser nach Chlor schmeckt. Das Wasser der Hallenbäder wird ebenfalls gechlort, und zwar in stärkerem Maße. Wir nehmen das manchmal durch ein leichtes Brennen in den Augen wahr, da diese vom Chlor zuerst gereizt werden. Das Chlor vernichtet in den Bädern nicht nur die Krankheitskeime, sondern auch Geruchs- und Fäulnisstoffe, mit denen es chemisch reagiert und sich in geruchlose und ungiftige Verbindungen umsetzt. Aus dem gleichen Grunde werden vielfach auch die Abwässer der Großstädte gechlort. Es entstehen ungiftige Verbindungen, und Gifte werden systematisch durch Gift vernichtet.

Chlor aus Salz

Chlor ist auch sonst ein wichtiger chemischer Rohstoff für die Industrie. Man behandelt Weißblechabfälle mit flüssigem Chlor. Es löst das Zinn von seiner Unterlage ab und verbindet sich mit ihm zu Zinn(IV)-chlorid SnCl_4 . Wir gewinnen aus Weißblechabfällen über das Zinnchlorid das kostbare Zinn zurück, das wir sonst gegen Devisen im Ausland kaufen müssen. So hilft Chlor und damit Salz, Devisen sparen und Altstoffe aufarbeiten.

In der chemischen Industrie dient Chlor ferner zum Chlorieren zahlreicher Verbindungen. Dabei werden Wasserstoffatome oder andere Atome durch Chlor ersetzt. Es wird also Chlor in bestimmte Verbindungen eingeführt, und es entstehen Chlorabkömmlinge. Aus Essigsäure erhält man durch Chlorieren die Monochloressigsäure, die für die Erzeugung von Indigo gebraucht wird. Aus Benzol entsteht das Chlorbenzol. Man kann das Chlorieren in Teilstufen durchführen oder mehrfach wiederholen. Aus Methan CH_4 erhält man durch Einführen von einem Chloratom das Monochlormethan CH_3Cl , durch Einführen von 2, 3 oder 4 Chloratomen das Dichlormethan CH_2Cl_2 , das Trichlormethan CHCl_3 und als Endstufe der Chlorierung das Tetrachlormethan CCl_4 . Das Trichlormethan CHCl_3 ist uns bekannt als Chloroform, ein wichtiges Betäubungsmittel zur Lähmung des Bewußtseins und der Schmerzempfindung bei Operationen. Damit ist es zu einem Wohltäter der Menschheit geworden. Die schweren Dämpfe des Tetrachlorkohlenstoffs dienen zum Löschen von Benzin- und Ölbränden; zu diesem Zwecke hat man spezielle Tetralöscher konstruiert.

Heute wird Chlor auch vielfach zur Herstellung von Kunststoffen gebraucht. Bekannt wurde ein ungesättigter Kohlenwasserstoff, das Butadien, als ein wichtiger Ausgangsstoff zur Herstellung von künstlichem Kautschuk. Ein Chlorabkömmling dieses Butadiens ist das Chloropren, von dem zahlreiche Einzelmoleküle zu den Großmolekülen des Duprene oder Neoprene zusammentreten. Das sind künstlich erzeugte Gummistoffe, die sehr widerstandsfähig gegen Sauerstoff und Mineralöle sowie

gegen Sonnenbestrahlung sind. Man verwendet sie deshalb für Ventilscheiben, Dichtungen, Ölschläuche und gummierte Gewebe, wie zum Beispiel Ballonhüllen und Zelte.

Auf dem Umwege über Salzsäure gewinnen wir durch Anlagerung von Salzsäure HCl an Azetylen $\text{HC}\equiv\text{CH}$ das Vinylchlorid $\text{CH}_2=\text{CHCl}$. Auch seine Moleküle, die eine Doppelbindung in der Kohlenstoffkette besitzen, vereinigen sich leicht zu Großmolekülen. Aus Vinylchlorid erhielt man den ersten vollsynthetisch gewonnenen Faserstoff, die PeCe-Faser. Sie ist vollkommen naßfest, unbrennbar, elastisch und beständig gegen Säuren und Laugen; sie wird auch von Fäulnisbakterien nicht angegriffen. Man verwendet die PeCe-Faser zur Herstellung von Filtertüchern und säure- und laugenbeständiger Arbeiterschutzbekleidung, von porösen Scheidewänden in Elektrolysegefäßen, die wir noch näher kennenlernen werden.

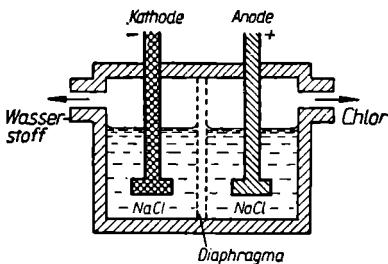
Laugen aus Salz

Was geschieht nun, wenn wir bei der Elektrolyse, der Spaltung der Salzmoleküle durch elektrischen Strom, nicht von einer Salzschnmelze, sondern von der wäßrigen Lösung des Salzes ausgehen? Dann schalten sich die Moleküle des Wassers $\text{H}\cdot\text{OH}$ in den Zersetzungsprozeß ein. Denn die wäßrige Salzlösung leitet ebenso wie die Salzschnmelze den elektrischen Strom und wird durch diesen zersetzt.

In einer wäßrigen Kochsalzlösung haben wir neben den Natrium-Ionen Na^+ und den Chlor-Ionen Cl^- des Salzes in geringen Mengen Wasserstoff-Ionen H^+ und Hydroxyl-Ionen OH^- des Wassers. Wiederum wandert beim Stromdurchgang das negativ geladene Chlor zum positiven Pol, wird dort entladen und als elektrisch neutrales Chloratom Cl abgeschieden. Je zwei Chloratome vereinigen sich zu einem Chlormolekül Cl_2 , das gasförmig entweicht. Am positiven Pol aber kommt es nicht mehr, wie in der Salzschnmelze, zur Abscheidung von Natrium, sondern dort werden Wasserstoff-Ionen des Wassers entladen, deren Abscheidungsspannung in geringerem Grade negativ ist als die der

Natrium-Ionen. Es bilden sich also am negativen Pol Wasserstoffatome in der gleichen Zahl wie Chloratome am positiven Pol, und es treten ebenfalls je zwei Atome zu einem zweiatomigen Gasmolekül H_2 zusammen.

In der Lösung bleiben die Natrium-Ionen des Salzes und die Hydroxyl-Ionen des Wassers zurück. Sie bilden zusammen Natriumhydroxyd $NaOH$, das in wäßriger Lösung unter dem Namen Natronlauge bekannt ist. Gehen wir von Kaliumchlorid



Zersetzungszelle für wäßrige Kochsalzlösung mit poröser Scheidewand (Diaphragma)

aus, so entsteht entsprechend Kalilauge. Beim Eindampfen der Restlösung nach der Elektrolyse erhalten wir die festen kristallinen Verbindungen Ätznatron oder Ätzkali. Sie ziehen aus der Luft Wasserdampf an und zerfließen zu einer konzentrierten, ätzenden Lauge. Außerdem binden sie das Kohlendioxyd der Luft und bilden mit ihm Karbonate. Man

kann beide Verbindungen daher im Laboratorium zum Trocknen von Luft und zum Binden von Kohlendioxyd anwenden.

Die Elektrolyse wäßriger Salzlösungen wird ebenso wie die der Salzschnmelzen in besonders konstruierten Zersetzungszellen durchgeführt. In die Salzlösung tauchen der positive und der negative Pol der Stromquelle. Wir müssen aber den Anodenraum vom Kathodenraum durch eine poröse Scheidewand, ein sogenanntes Diaphragma, trennen, damit die Endprodukte der Zersetzung nicht zusammenkommen und sich zu neuen chemischen Produkten umsetzen können. Die porösen Trennwände bilden für den Stromdurchgang selbstverständlich einen Widerstand und erhöhen den Stromverbrauch über das zur Zersetzung erforderliche Maß. Man ist daher in letzter Zeit mehr und mehr zu einem andern, dem Quecksilberverfahren, übergegangen. Bei diesem besteht die Kathode aus Quecksilber. Es ver-

einigt sich mit dem dort abgeschiedenen Leichtmetall zu einer Quecksilberlegierung, einem Amalgam. Bei der Kochsalzelektrolyse entsteht aus der Kathode Natriumamalgam. Dieses wird in einem besonderen Reaktionsraum mit Wasser zusammengebracht. Dabei entstehen Wasserstoff und Natronlauge. Das vom Natrium befreite Quecksilber fließt in die Zersetzungszelle zurück.

Beim Quecksilberverfahren ergibt sich noch ein besonderer Vorteil gegenüber dem Diaphragmaverfahren. In beiden Verfahren kann die elektrische Zerlegung des Salzes nicht bis zu Ende durchgeführt werden. Beim Eindampfen der Restlösung, die nach dem Diaphragmaverfahren gewonnen wird, enthält die Lauge stets noch mehr oder weniger große Mengen der Ausgangsverbindung, des Chlorids. Beim Quecksilberverfahren hingegen ist das gebildete Natriumhydroxyd vollkommen von der Restlauge isoliert; es ist chloridfrei. Da in der modernen chemischen Industrie in immer steigendem Maße chloridfreie Laugen verlangt werden, gewinnt das Quecksilberverfahren steigende Bedeutung für die Laugenproduktion. In den Kunstseidefabriken kann man zum Beispiel nur mit chloridfreien Laugen arbeiten.

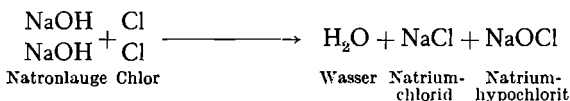
Hauptverbraucher der Ätzalkalien KOH und NaOH und ihrer Laugen sind in unserer chemischen Großindustrie die Zellulosewerke und Kunstseidefabriken, die Farbstoff- und Seifenindustrie. Die Laugen dienen außerdem zur Reinigung von Benzin, Leuchtöl und Paraffin. Darüber hinaus werden sie in zahlreichen anderen chemischen Industriezweigen verbraucht, und es ist kein Laboratorium ohne diese Laugen und Ätzalkalien denkbar.

Bleichmittel aus Salz

Noch einmal können wir die Elektrolyse wäßriger Salzlösungen abwandeln. Wir verzichten auf die Trennung des Anodenraums vom Kathodenraum durch die poröse Scheidewand. Anoden- und Kathodenflüssigkeit können sich mischen. Das einzige gasförmige Endprodukt ist dann der Wasserstoff am negativen Pol.

Er wird als Heizgas beim autogenen Schweißen und Schneiden und bei zahlreichen Hydrierprozessen in der chemischen Industrie verbraucht. „Hydrieren“ leitet sich von Hydrogenium, der wissenschaftlichen Bezeichnung für Wasserstoff, ab. Man versteht darunter ein Anlagern von Wasserstoff an Kohlenwasserstoffverbindungen, die hierdurch wasserstoffreicher werden. Durch Hydrieren von Ölen zum Beispiel erhalten wir feste Fette für die Margarineherstellung, durch Hydrieren von Kohle, Mittel- und Schwerölen den Motorentreibstoff Benzin.

Chlor und Natronlauge treten bereits im Augenblick ihrer Bildung in Wechselwirkung und setzen sich um; es entsteht rückläufig das Ausgangsprodukt Natriumchlorid und zusätzlich Natriumhypochlorit NaOCl:



Die wäßrigen Lösungen von Natriumhypochlorit und Kaliumhypochlorit sind als Bleichlaugen bekannt. Durch Reaktion mit dem Lösungswasser bildet sich in ihnen die unterchlorige Säure HClO. Sie zersetzt sich, besonders beim Einwirken von Licht, sehr rasch in Salzsäure HCl und Sauerstoff O. Dieser Sauerstoff liegt im Entstehungszustand noch in Einzelatomen vor, die sehr reaktionskräftig sind. Sie vereinigen sich mit sehr vielen Stoffen, die dabei oxydiert werden. So vereinigen sie sich zum Beispiel mit Farbstoffen, und es entstehen dann farblose Farbstoffoxyde. Die Erscheinung ist unter dem Namen „Chlorbleiche“ bekannt. Die meisten, die sich ihrer bedienen, irren sich in bezug auf die Wirkungsweise in doppelter Hinsicht. Denn erstens ist es nicht das Chlor selbst, das die bleichende Eigenschaft hat. Die Bleichwirkung kommt erst durch den eben entstehenden Sauerstoff zustande. Man müßte also eigentlich von einer Sauerstoffbleiche sprechen. Und zweitens werden die Farbstoffe bei der Reaktion nicht, wie vielfach angenommen wird, beseitigt. Sie bleiben in dem Gewebe, aber in stofflich veränderter Form, als farbloses Oxyd.

In der Bleichpraxis geht man meist nicht den Umweg über das isolierte Hypochlorit und wendet sofort die im Elektrolyseapparat erzeugte Bleichlauge an, um Baumwolle und andere pflanzliche Faserstoffe oder auch Zelluloid zu bleichen. Nur tierische Fasern kann man nicht mit Chlorverbindungen behandeln. Sie werden durch Chlor sehr intensiv gelb gefärbt.

Die Bleichlaugen zersetzen sich rasch. Sie lassen sich daher nicht lagern und transportieren. Kann die Lauge nicht am Ort des Verbrauchs hergestellt werden, so wendet man eine feste Verbindung an, nämlich Chlorkalk oder Bleichkalk. Man erhält ihn beim Einwirken von Chlor auf gelöschten Kalk. Sein wesentlicher und chemisch wirksamer Bestandteil ist das gemischte Kalziumsalz der Salzsäure und unterchlorigen Säure mit der

Formel $\text{Ca} \begin{matrix} \text{Cl} \\ \text{OCl} \end{matrix}$. Sein Handelswert richtet sich nach dem Gehalt an wirksamem Chlor. Der gewöhnliche Chlorkalk enthält davon 35 Prozent. Reines Kalziumhypochlorit, das unter dem Namen Losanthin oder Caporit in den Handel kommt, enthält 70 bis 80 Prozent wirksames Chlor. Beim Einwirken von Säure wird das Chlor frei. Es reagiert mit dem Lösungswasser. Dabei entstehen Salzsäure und unterchlorige Säure. Diese spaltet Sauerstoff ab, der, wie bereits geschildert, bleichend wirkt. Prüfen wir selbst seine Bleichwirkung!

Haben wir zum Beispiel einen Tintenklecks auf das Tischtuch gemacht, so kaufen wir in der Drogerie eine kleine Menge Chlorkalk. An seinem Geruch erkennen wir schon, daß bereits beim Einwirken der Kohlensäure, die sich in feuchter Luft bildet, Chlor frei wird. Wir feuchten das mit Tinte befleckte Gewebe leicht an, geben auf den Fleck wenig Chlorkalk und übergießen diesen mit einigen Tropfen Essig als Säure. Unter Aufbrausen entsteht Chlor. Um nicht unnütz dem Chlorgeruch ausgesetzt zu sein, führen wir die Reaktion im Freien oder am geöffneten Fenster durch. Bald wird die Farbe des Tintenflecks lichter, und schließlich verschwindet der Fleck ganz. Strenggenommen werden nur Farbflecke völlig unsichtbar, die aus natürlichen Pflanzenfarbstoffen bestehen, wie zum Beispiel Heidelbeersaft oder die Eisengallustinte. Die heute üblichen Tinten

enthalten aber meist künstlich hergestellte Farbstoffe, die nicht völlig ausbleichen. Dann bleibt eine leicht gelbe bis gelbbraunliche Färbung zurück.

Nach der Chlorbleiche muß das behandelte Gewebe gründlich nachgespült und gewässert werden. Denn während der Reaktion ist Salzsäure entstanden, die das Gewebe bei längerer Einwirkung schädigen würde. Sie muß durch Spülen und Wässern beseitigt werden. Wollen wir ganz sicher gehen, so vernichten wir überschüssiges Chlor und Salzsäure durch Zusatz von „Antichlor“. „Anti“ bedeutet „gegen“; es ist ein Gegenmittel gegen die schädlichen Stoffe, eine kristalline Substanz, die wir dem Spülwasser zusetzen. Chemisch ist es das Natriumthiosulfat $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, das der Fotograf als Fixierbad verwendet. Es verwandelt das überschüssige Chlor in Natriumchlorid und geht dabei selbst in Sulfat über. Nach der Behandlung mit Antichlor muß die Wäsche natürlich auch gründlich gewässert werden.

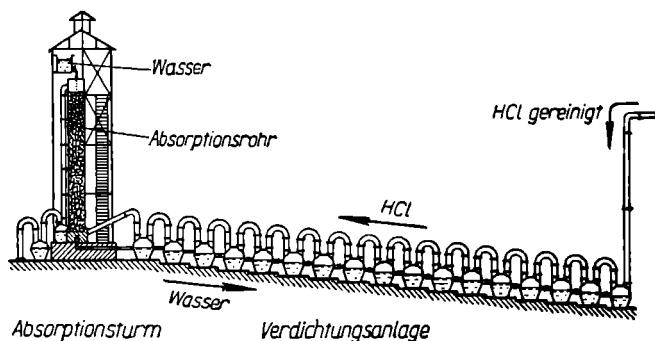
Kalziumhypochlorit ist das bevorzugte Bleichmittel der Zellstofffabriken. Es dient zum Bleichen des frisch gewonnenen Zellstoffs, und es dient auch zum Ausbleichen von Altpapier, das wieder zu Papier verarbeitet wird. Dabei lassen sich allerdings nur Farbstoffe bleichen. Bleistiftstriche und Druckerschwärze können nicht gebleicht werden; sie bestehen aus Kohlenstoff, Graphit, im einen, Ruß im anderen Falle; beide sind gegen chemische Einwirkungen sehr beständig. Sie bewirken eine leichte Grautönung des aus Altstoffen hergestellten Papiers, das darum meist nur für Packpapier und Pappen verwendet wird. Chlorkalk ist aber auch ein wichtiges Desinfektionsmittel der allgemeinen Gesundheitspflege. Man streut es in Abortgruben und Latrinen, um Geruchsstoffe zu beseitigen und Fäulnisstoffe und Krankheitskeime zu vernichten.

In der Salzsäurefabrik

Wollen wir Salzsäure aus Salz gewinnen, so muß das Ausgangsprodukt sehr rein sein, da auch das anfallende Nebenprodukt industriell verwertet werden soll. Wir bringen das Salz mit

Schwefelsäure im Sulfatautomaten zusammen. Das ist ein Ofen für ununterbrochenen Betrieb. Er ist aus feuerfesten Steinen erbaut. Der Behälter, in dem die chemische Reaktion abläuft, besteht aus Grauguß und wird rings von den Feuergasen umspült. Bei einer Hitze von 850 Grad Celsius setzt sich das Salz mit der Schwefelsäure zu Chlorwasserstoff HCl und Natriumsulfat Na_2SO_4 um.

Der gasförmige Chlorwasserstoff entweicht in ununterbrochenem Strom aus dem Ofen und kann unmittelbar zu sehr vielen

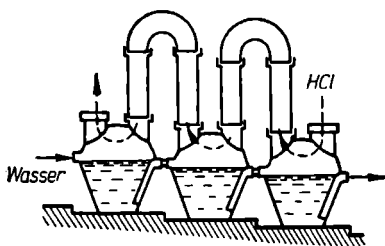


Chlorwasserstoff-Absorptionsanlage

chemischen Umsetzungen dienen, so zur Herstellung von Kampfer, Sacharin und vieler anderer Verbindungen. Wollen wir den Chlorwasserstoff zu Salzsäure verarbeiten, so müssen wir ihn in einer Absorptionsanlage auf Wasser einwirken lassen. Unter „Absorbieren“ verstehen wir das Aufsaugen von Gasen in Flüssigkeiten. Dann wird das Chlorwasserstoffgas im Wasser zu Salzsäure gelöst. Meist bedient man sich einer Serie von etwa fünfzig Tourills als Absorptionsanlage. Das sind Gefäße aus Steinzeug, die auf geneigtem Untergrund oder flachen Treppen angeordnet sind, damit ein natürliches Gefälle entsteht. In den Tourills strömt der Chlorwasserstoff dem Lösungswasser entgegen. Der Chlorwasserstoff muß dabei die Stufenleiter gewissermaßen emporsteigen, während das Wasser herabfließt. Es fließt in jeden Topf seitlich ein und wird von seinem Grund mit einem

Heber in den nächst tiefer stehenden Topf übertragen. Das Gas löst sich im Wasser unter starker Wärmeentwicklung. Durch Luftkühlung in den hohen Chlorwasserstoffrohren, die die einzelnen Tourills verbinden, wird diese Lösungswärme abgeleitet. Die letzten Reste Chlorwasserstoff werden am Ende der Anlage in einem Absorptionsturm abgefangen.

Aus dem Salz kann man aber auch Salzsäure gewinnen, ohne daß man als Zwischenprodukt Schwefelsäure einsetzen muß. Bei der



Drei Tourills einer Absorptionsanlage

Elektrolyse entstehen gleiche Mengen Wasserstoffgas und Chlorgas. Beide zusammen bezeichnet man als Chlorknallgas, da sie bei Belichten oder lokalem Erhitzen unter Knall explodieren. Man kann sie aber in einem Quarzschacht ruhig abbrennen, ebenso wie man das aus Wasserstoff und Sauerstoff bestehende und

noch gefährlichere Knallgas im Sauerstoffgebläse abbrennt und dabei die Stichflammen für autogenes Schweißen und Schneiden erhält.

Eine moderne Anlage zur Chlorwasserstoffsynthese bietet dem Besucher ein überraschend einfaches Bild. Zunächst queren wir zahlreiche Fabrikstraßen, die in verwirrender Fülle das große chemische Werk durchlaufen.

Rechts und links von den Werkstraßen ziehen die gewaltigen Rohrleitungen entlang, das Kennzeichen aller großen chemischen Werke. Oft sind die Werkstraßen auf lange Strecken von den Rohrleitungen derart überdacht, daß sie den Eindruck eines Tunnels erwecken. Nun stehen wir vor dem schlichten Bau, in dem die Synthese des Chlorwasserstoffs durchgeführt wird. In ihm finden wir nicht die Fülle von Rohrleitungen, Apparaten und Kesseln wie in anderen Teilen des Werkes. In drei blitzsauberen kleinen Räumen sehen wir nur wenige Apparate in kleinen Ausmaßen, aber mit erstaunlich hoher Leistung. Der Mittelraum

beherbergt die elektrischen Aggregate, damit sie nicht durch Säuredämpfe angegriffen oder, wie der Fachmann sagt, korrodiert werden. Im Eingangsraum stehen in Reihe an der Wand die Verbrennungsrohre. Dort wird im Quarzschaft Chlor in Wasserstoff zu Chlorwasserstoff verbrannt. Durch Schaugläser können wir in den Quarzschaft blicken und sehen dort beide Gase mit ruhiger Flamme bei 1100 Grad Celsius abbrennen. Die hohe Verbrennungswärme nutzbar zu machen und in elektrische Energie umzuwandeln, ist eine Zukunftsaufgabe der Fabrikation. Sollte einmal durch unregelmäßige Gaszufuhr die Flamme erlöschen, so wird das Gasgemisch sofort durch eine ständig brennende Zündflamme wieder entzündet, ehe es explodieren kann.

Durch Schwefelsäure, die Wasser stark anzieht und heftig aufnimmt, wird das entstehende Chlorwasserstoffgas getrocknet und dann bis zum Verflüssigungspunkt komprimiert. Man erhält sehr reinen, wasserfreien Chlorwasserstoff, der in flüssigem Zustande versandt wird.

Will man hingegen Salzsäure gewinnen, so wird der Chlorwasserstoff in Absorbertürme geleitet und dort vom entgegenströmenden Wasser gelöst. Die Wandung der Türme muß säurefest sein. Sie besteht aus zusammengekitteten Ringen des neuen Kunststoffs Bascodur, der Graphit oder Koks als Füllstoff in einem harzreichen Bindemittel enthält. Diese Preßmasse wird heute im chemischen Apparatebau viel verwendet. Man füllt den Absorber mit unzähligen fünf Zentimeter langen Pallringen, die ebenfalls aus Bascodur bestehen und Löcher in ihrer Wandung tragen. Sie zwingen als Hindernisse Wasser und Gas zu ununterbrochenem Richtungswechsel und mischen beide so gründlich, daß schließlich der gesamte Chlorwasserstoff im Wasser gelöst wird.

So sind wir überrascht von den einfachen und kleinen Apparaten dieser modernen Salzsäurefabrik und von ihrem geringen Raumbedarf, der in keinem Verhältnis zur Leistung zu stehen scheint. Denn in jedem ihrer Verbrennungsöfen werden täglich bis siebzehn Tonnen Chlor verbrannt, und jeder Absorberturm hat eine Tagesleistung von 50 Tonnen Salzsäure.

Die synthetisch aus Wasserstoff und Chlor hergestellte Salzsäure hat für die Industrie große Bedeutung. Sie ist erstens sehr rein und frei von Schwefelsäure, deren Dämpfe im erstgenannten Verfahren zum Teil mitgerissen werden. Außerdem kann man die Salzsäuregewinnung nach dem Sulfatverfahren nicht beliebig steigern und dem industriellen Bedarf anpassen. Das Verfahren hängt davon ab, daß das als Nebenprodukt anfallende Sulfat ebenfalls abgesetzt wird. Das Sulfat wird als Rohstoff vor allem in der Glasfabrikation, zur Herstellung von Sulfatzellstoff, Wasserglas und Natriumsulfid sowie zur Gewinnung von Ultramarin und Glaubersalz gebraucht.

Die Sulfataufnahme durch die chemische Industrie begrenzt zwangsläufig auch die Salzsäureherstellung nach dem Sulfatverfahren. In dem synthetischen Verfahren des Abbrennens von Chlorknallgas aber haben wir ein Mittel, unabhängig vom Anfall eines schwerer verkäuflichen Nebenprodukts Salzsäure in jeder Menge herzustellen.

Soda, Lehrmeisterin der chemischen Industrie

Es gibt nicht nur Salzseen auf der Erde, sondern vereinzelt auch Sodaseen. Aus ihnen kristallisiert in den Trockenzeiten Natriumkarbonat aus. Wir kennen Sodaablagerungen in den Steppen Ungarns und Sodaseen in Ägypten und Venezuela. Der bekannteste Sodasee aber ist der Owens Lake in Kalifornien. Sein Sodagehalt wird auf 100 Millionen Tonnen geschätzt. Bei der Wasserverdunstung scheidet sich ein sehr unreines Karbonat aus. Meist ist es eine Doppelverbindung von Natriumkarbonat mit Natriumhydrogenkarbonat $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3$, das man Trona nennt.

Mit zunehmender Entwicklung der chemischen Industrie hat sich der Sodaverbrauch sehr beträchtlich erhöht. Aber die Soda war noch sehr teuer und nur in begrenztem Umfange zu beschaffen. So wurde sie zu Beginn des neunzehnten Jahrhunderts zum Mangelrohstoff, dessen unzureichende Produktion andere Industrien in ihrer Entwicklung empfindlich hemmte. Vor allem

brauchte die aufstrebende junge Textilindustrie ständig wachsende Mengen an Soda. Außerdem stieg der Seifenverbrauch sowohl in den Haushalten als auch in der Industrie. Und das Glas war noch immer ein teurer Luxusartikel, denn die Rohstoffe, allen voran die Soda, bedingten hohe Produktionskosten. Die Befriedigung des erhöhten Glasbedarfs scheiterte an den Kosten. Was machte nun eigentlich die Soda, das Natriumkarbonat, und die ihr chemisch ähnliche Pottasche, das Kaliumkarbonat, so teuer? Der hohe Preis war eine Folge unzulänglicher Gewinnungsmethoden und der schwierigen Beschaffung aus fernen Ländern. Der Weg zu den Natronseen Ägyptens war weit und gefährvoll, und die Gewinnung des Salzes ließ sich dort nicht beliebig steigern. Also mußte man nach einer erhöhten Gewinnung aus heimischen Rohstoffen suchen.

Das Sammelbecken der natriumhaltigen Salze ist das Meer, das der kaliumhaltigen Salze das Festland. So enthalten die Pflanzen des Meeres, die Algen und Tange, vorwiegend Natriumsalze, die Pflanzen des Festlands vorwiegend Kaliumsalze. Man ging also an die Meeresküsten und sammelte die bei Sturmfluten ausgeworfenen Tangmassen. Sie wurden verbrannt oder, wie der Fachmann sagt, verascht, das heißt in Asche verwandelt. Die Asche laugte man in großen Bottichen mit Wasser aus und gewann aus der Brühe dann „al kali“; dies arabische Wort heißt „das Ausgelaugte“. Es war ein Stoff, dessen Zusatz dem Wasser bestimmte Eigenschaften verlieh, der es seifig, laugenhaft machte, und den man daher als „Alkali“ bezeichnete. So ist einst der Name der Alkalien entstanden, jener Stoffe, deren wäßrige Lösungen laugenhaft reagieren, wie Sodawasser, Pottaschelösung, Kalkwasser, Natronlauge und Kalilauge. In der gleichen Weise veraschte man die Landpflanzen, um durch Auslaugen der Asche die „Pottasche“ zu gewinnen.

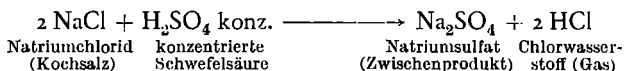
Wenn man Pflanzen verascht, so bleibt sehr wenig Aschesubstanz zurück, und nur ein kleiner Teil davon ist das gesuchte Alkali. Dem steigenden Alkalibedarf fielen große Waldgebiete Europas zum Opfer. Schon griff man auf die Waldgebiete Amerikas zurück, ohne jedoch den Bedarf an Soda und Pottasche auch nur annähernd befriedigen zu können. Da veranstaltete im

Jahre 1775 die Akademie der Wissenschaften zu Paris ein Preisausschreiben zur Gewinnung von Soda aus Kochsalz.

Beiden Verbindungen, der Soda und dem Kochsalz, ist das Leichtmetall Natrium gemeinsam. Im Kochsalz ist es an Chlor, den Säurerest der Salzsäure gebunden, in der Soda an Karbonat, den Säurerest der Kohlensäure. Die Aufgabe bestand nun darin, das Chlor durch Karbonat zu ersetzen. Die Lösung erwies sich als schwierig, denn man verfügte noch nicht über genügend theoretische Kenntnisse, um zu raschen experimentellen Ergebnissen zu kommen und diese dann ins Großtechnische zu übertragen. Langjährige Versuche waren erforderlich, bis es im Jahre 1791 dem französischen Arzt und Chemiker Leblanc gelang, ein geeignetes Verfahren zu entwickeln. Die langerstrebte Lösung schien gefunden.

Leblanc setzte Kochsalz mit konzentrierter Schwefelsäure um und erhielt Natriumsulfat. Wir lernten diesen Prozeß bereits als den Sulfatprozeß kennen. Das Natriumsulfat verwandelte er durch Glühen mit Kalk und Kohle in Natriumkarbonat. Auf den ersten Blick schien diese Lösung ebenso einfach wie die Aufgabe, die gegeben war. In der Praxis stellten sich aber zunächst unüberwindlich scheinende Schwierigkeiten ein in der Beschaffung der Rohstoffe und im Absatz und der Verwertung der Nebenprodukte. So führt uns dieser geschichtlich gewordene Prozeß in einzigartiger Weise in grundsätzliche Fragen chemisch-technologischer Gestaltung ein.

Die erste Umsetzung im Leblanc-Prozeß ist die Umwandlung von Kochsalz in Natriumsulfat:



Das ist eine doppelseitige chemische Umsetzung. Das Natrium des Kochsalzmoleküls wird gegen Wasserstoff der Schwefelsäure ausgetauscht. Schon diese Reaktion löste revolutionierende Umwälzungen in der chemischen Industrie aus. Es wird sehr viel konzentrierte Schwefelsäure gebraucht. Daher müssen die Sodawerke eigene Schwefelsäurefabriken errichten. Diese brauchen Schwefel als Rohstoff. Sizilianische Gruben liefern den

Schwefel. Das Ausfuhrland beantwortet aber den steigenden Schwefelbedarf mit hohen Schwefelausfuhrzöllen. Die Industrie mußte ausweichen. An Stelle des reinen Schwefels nahm sie als Rohstoff schwefelhaltige Erze.

Von der Metallindustrie wurden die schwefelhaltigen Erze bis zu dieser Zeit kaum beachtet. Man verhüttete die reinen Metalle oder ihre Sauerstoffverbindungen, die Metalloxyde. Diese fand man der Erdoberfläche am nächsten. Die Schwefelverbindungen lagen in tieferen Schichten der Erde. Mit ihnen wußte man wenig anzufangen. Jetzt gewannen mit einem Male diese Schwefelverbindungen große Bedeutung, und zwar vorwiegend die sulfidischen Erze der Buntmetalle.

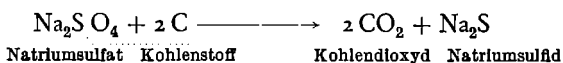
Man erhitzt die schwefelhaltigen Erze auf Rosten unter Luftzufuhr in Röstöfen. Ihre beiden Bestandteile, Metall und Schwefel, verbinden sich in der Hitze des Röstprozesses mit dem Sauerstoff der Luft, und es entstehen Sauerstoffverbindungen, Oxyde der Metalle und des Schwefels. Die Metalloxyde können in der gewohnten Weise auf Metall verhüttet werden. Damit bekamen die Metallhütten neuen Auftrieb, denn die leicht erreichbaren Metalloxydlager gingen ihrer Erschöpfung entgegen. Nun erhielten die Hütten von den Sodafabriken neue große Rohstoffmengen zur direkten Verarbeitung auf Metalle. Metallgewinnung und -verarbeitung konnten ausgeweitet werden. Das gleichzeitig entstehende Oxyd des Schwefels ist Schwefeldioxyd SO_2 . Dieses setzte man mit Sauerstoff zu Schwefeltrioxyd SO_3 um. Das Schwefeltrioxyd aber bildet mit Wasser die Schwefelsäure, den gesuchten Rohstoff der Sodafabrikation.

Damit war die erste Schwierigkeit, die Rohstoffklippe der Sodafabrikation, überwunden. Die ersten Nutznießer waren die Stätten der Metallgewinnung. Die anfallenden Nebenprodukte aber erwiesen sich als eine neue Klippe, die noch schwieriger zu überwinden war. Bei der Reaktion entsteht zugleich Chlorwasserstoff, ein giftiges, stickendes Gas. Was sollte man damit anfangen? In Wasser geleitet, ergab es Salzsäure. Aber davon wurden nur geringe Mengen in den Laboratorien und in den Apotheken verbraucht. Sonst kaufte sie niemand. Mit der vorwärtsdrängenden chemischen Entwicklung ergaben sich wohl

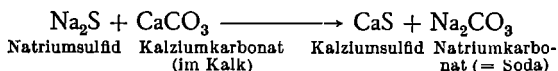
neue kleine Absatzmärkte, die aber die Schwierigkeit des Absatzes nicht beheben konnten. So baute man hohe Schornsteine und leitete das überschüssige Gas in die Luft. Das Gas bildete mit der Luftfeuchtigkeit feinste Nebeltröpfchen von Salzsäure. Sie sanken nieder auf Mensch und Tier, auf Gebäude und Ackerfluren. Die Sodafabriken waren in weithin sichtbare Wolken gehüllt. Chlorwasserstoff verpestete die Luft. Salzsäure regnete nieder, ätzte die Lungen der Menschen an und vernichtete den Pflanzenwuchs rings um die Fabriken. So mußten die Sodafabrikanten durch die Alkaliakte von 1863 in England dazu gezwungen werden, die Dämpfe zu Salzsäure zu verdichten, um die schädlichen Nebenwirkungen auf Menschen, Tiere und Pflanzenwuchs auf ein Mindestmaß einzuschränken.

Nun produzierten die Fabriken unter staatlichem Zwang Salzsäure, die sie nicht brauchten und auch nicht absetzen konnten. Endlich gingen findige Köpfe dazu über, eine Nebenindustrie anzugliedern. Man konnte aus Salzsäure Chlor gewinnen und dieses mit gelöschtem Kalk zu Chlorkalk umsetzen. Chlorkalk war der Stoff, den die sich ständig ausweitende Textilindustrie in großen Mengen zum Bleichen der Baumwollfasern brauchte. Denn längst reichten die Rasenflächen nicht mehr für eine ordnungsgemäße Rasenbleiche aus. Jetzt wurde aus dem lästigen Nebenprodukt ein vielbegehrtes Halbprodukt. Als Abfallprodukt kam es billig auf den Markt, und die Chlorkalkfabriken der damaligen Zeit mußten ihre Tore schließen. Das alte Verfahren seiner ausschließlichen Erzeugung war wirtschaftlich untragbar geworden. Neue Fabriken entstehen, alte vergehen. Die Entwicklung der chemischen Industrie ging unaufhaltsam weiter. Das Nebenprodukt Salzsäure war kein Problem mehr. Es wurde zum selbständigen, voll absatzfähigen Zwischenprodukt der Sodafabrikation.

Aber Natriumsulfat ist noch keine Soda. Es wird mit Kohle und Kalk zusammengeschmolzen. Der Kohlenstoff zieht den Sauerstoff des Sulfats an sich, und es entstehen Kohlendioxyd und Natriumsulfid:



In wechselseitiger Umsetzung bilden sich aus Natriumsulfid und Kalk Kalziumsulfid und Natriumkarbonat:



Kalziumsulfid ist unlöslich. Beim Auslaugen der Schmelze mit Wasser geht das Natriumkarbonat in Lösung, und das Kalziumsulfid bleibt zurück.

In dem Restprodukt Kalziumsulfid steckt der Schwefel, chemisch an Kalzium gebunden, den man zur Herstellung der Schwefelsäure braucht. Zunächst gelang es nicht, diesen Schwefel zu gewinnen und in den Fabrikationsprozeß zurückzuführen. Man schüttete das Restprodukt, bestehend aus Kalziumsulfid und überschüssigem Kalk, auf Halde. Rings um die Sodafabriken wuchsen diese Halden empor. Denn die Gewichtsmenge des unverwertbaren Restprodukts übertraf diejenige der produzierten Soda. Die Sodafabriken hatten sich damit aber einen recht unschönen und außerdem äußerst unzweckmäßigen Fabrikberg zugelegt. Das Kohlendioxyd der Luft führt zur Zersetzung des Kalziumsulfids. Es verbreitet sich jener üble Geruch, den wir von faulen Eiern her kennen und der dem Schwefelwasserstoff eigen ist. Schwefelwasserstoff zeichnet sich aber nicht nur durch seinen Gestank aus; er ist auch ein sehr giftiges Gas. Es verpestete rings um die Fabriken die Luft. Jeder Regenschauer spülte stinkende Wassermassen von den Halden. Sie verseuchten das Wasser ringsum, das nicht mehr als Trinkwasser verwendet werden konnte. Sie vergifteten das Grundwasser des Bodens und das Wasser der Flußläufe. Pflanzen und Tiere in den Flüssen gingen zugrunde. Die biologische Selbstreinigung der Flüsse hörte auf. Die Fischzucht wurde zum Erliegen gebracht. Schließlich mußte man die stinkenden Massen auf Schiffe verladen und ins Wasser versenken, ein ebenso kostspieliges wie unsinniges Unternehmen!

Noch einmal drohte die Leblanc-Soda-Fabrikation zu scheitern, und zwar an dem lästigen Nebenprodukt Kalziumsulfid. Fieberhaft arbeitete man an Versuchen zur Verwertung des Kalziumsulfids. Durch Teillösungen wurden die stinkenden Halden nicht

beseitigt. Erst sehr spät wurde das Problem wirklich erfolgreich gelöst. Nach fünfzig Jahren gelang es, aus dem Kalziumsulfid durch Einwirkung kohlendioxidhaltiger Wässer Schwefelwasserstoff zu gewinnen. Aus diesem kann man durch chemische Umsetzungen entweder Schwefel freimachen oder den Schwefelwasserstoff in Schwefeldioxyd umwandeln. Damit verschwanden die stinkenden Halden. Durch unermüdliche Forschungsarbeit war der Weg freigemacht, aus dem Restprodukt gleichzeitig das Ausgangsprodukt Schwefelsäure zurückzugewinnen und damit die Sodaproduktion zu verbilligen.

Nunmehr arbeitete das Leblanc-Soda-Verfahren völlig ohne Abfallprodukt. Damit war dieser chemisch-technische Prozeß zu seiner höchsten Vollendung entwickelt worden. Mehrere Generationen von Chemikern hatten an seiner Vollendung gearbeitet, und zahllose Verfahren und technische Apparate waren hierzu neu entwickelt worden. Die Schwierigkeiten, die sich dem Prozeß in den Weg gestellt hatten, führten zu völlig neuartigen chemischen Arbeitsweisen und zu einer neuartigen Durchbildung chemisch-technischer Verfahren. Die billige Leblanc-Soda leitete den industriellen Aufschwung der Textilindustrie, der Glas- und Seifenherstellung ein. In dem Augenblick aber, in dem alle Schwierigkeiten überwunden waren und die ungehinderte Produktion aufgenommen werden konnte, wurden die Leblanc-Fabriken industriell durch ein neues Verfahren übertrumpft, nach dem Soda wiederum viel billiger hergestellt werden konnte; das war der Ammoniak-Soda-Prozeß von Solvay.

Dem Leblanc-Soda-Verfahren wurde plötzlich die wirtschaftliche Grundlage entzogen. Man konnte nun Chlor viel einfacher durch Elektrolyse gewinnen. Trotzdem hat das Verfahren eine bleibende Bedeutung für die Entwicklung der chemischen Industrie. Man hatte gelernt, in großtechnischem Ausmaß sulfidische Erze zu rösten, hatte Verfahren zum Auslaugen von Gemischen, zum Eindampfen von Lösungen und zum Kristallisieren von Salzen ausgearbeitet. Man hatte gelernt, lästige Abgase aufzufangen, zu reinigen und zu vernichten und vieles andere mehr. Für die Öfen brauchte man feuerfeste Steine, die den

chemischen Angriffen der Alkalien widerstanden. Die Forschungsergebnisse in dieser Richtung kamen wieder der Eisen- und Stahlindustrie zugute. Besonders griff das Zwischenprodukt Natriumsulfid die feuerfesten Steine an. Es entstanden farbige Zerstörungsprodukte. Gmelin untersuchte sie 1828, und seine Arbeiten führten in der Folgezeit zur synthetischen Gewinnung des Ultramarins, dessen Herstellung also eine Folgeindustrie der Sodagewinnung ist.

Das Schmelzgut im Ofen mußte dauernd bewegt und gerührt werden. Vernachlässigte man die Bewegung der eingebrachten Rohstoffe, so war die Sodaabbeute schlecht. Das Handrühren verteuerte den Prozeß. So wurde in der Sodaindustrie 1853 der Drehrohrofen entwickelt. Das ist ein auf Zahnradkränzen schräg gelagerter Stahlzylinder, der ständig um seine Längsachse rotiert. Durch die Drehbewegung rutscht das Brenngut im Innern des Ofens allmählich abwärts in immer heißere Zonen des Ofens. Diese Ofenkonstruktion erwies sich sehr bald von grundlegender Bedeutung für zahlreiche weitere chemische Industrien. Wir finden den Drehrohrofen heute wieder vor allem in der Zementindustrie und in der modernen Metallverhüttung, ferner in der Erzaufbereitung und in der Verschmelzung.

Der Ammoniak-Soda-Prozeß nach Solvay geht von konzentrierter Kochsalzlösung aus. Daher werden die Fabriken vorteilhaft an Orten angelegt, in denen durch Auslaugung unterirdischer Salzlager eine gesättigte Sole gewonnen werden kann. Bekannt sind die Sodafabriken von Staßfurt und Plömnitz (Friedenshall), von Bernburg-Solvayhall und Heilbronn. Vor ihrer Verwendung wird die Sole durch Zusatz von Kalkmilch, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, gereinigt. Die Kalkmilch setzt sich mit Magnesiumsalzen zu Magnesiumhydroxyd um, das als Niederschlag zu Boden sinkt. So werden aus der Solelösung die Magnesiumsalze entfernt.

Nun leitet man in die gesättigte und gereinigte Sole Ammoniak NH_3 und Kohlendioxyd CO_2 ein, das man durch Brennen von Kalk erhält. Ammoniak bildet zusammen mit dem Wasser und dem Kohlendioxyd die Verbindung Ammoniumhydrogencarbonat.

Salz, ein lebenswichtiger Stoff! In einer Salzlösung, dem Meere, entstand einst das Leben, und während langer geologischer Zeiträume waren Pflanzen und Tiere allein im Meere lebensfähig. Aber auch im Innern der Lebewesen kreisen Salzlösungen als Körpersäfte. Sie sind Transportmittel und regeln den Stoffwechsel, und sie regeln auch viele andere Lebensvorgänge. Ohne Salze können Lebewesen nicht existieren.

Ohne Salze aber auch keine Erde! Zahllose Minerale der Erdkruste sind Salze. Die karbonatischen und sulfidischen Erze sind Salze, und hohe Gebirgsketten sind aus Salzen, zum Beispiel dem Kalkstein, aufgebaut.

Ohne Salze auch keine chemische Industrie! Aus sulfidischen und karbonatischen Erzen werden Metalle gewonnen. Kalium-, phosphor-, stickstoff- und kalziumhaltige Salze sind wichtige und unentbehrliche Nährstoffe für das Pflanzenwachstum. Als künstliche Düngemittel werden sie dem Ackerboden zugeführt, um die Ernteerträge zu steigern und die Lebensmöglichkeiten für die Menschen zu erweitern.

Das Kochsalz endlich, der Grundtyp aller Salze, das „Salz“ schlechthin, würzt unsere Speisen und ist wichtiger industrieller Rohstoff. Auf dem Kochsalz baut die Sodaindustrie auf, in der Soda als wichtiges Halbprodukt erzeugt wird. Sodamangel erzwang den Aufbau dieser Industrie, noch ehe hinreichende theoretische Kenntnisse vorhanden und noch ehe die chemische Verfahrenstechnik genügend durchgebildet waren. Rohstoffschwierigkeiten und unabsetzbare giftige Nebenprodukte hemmten die Produktion. Sie zwangen zum Forschen und Experimentieren, zur Ausbildung neuer technischer Verfahren, neuer Öfen, neuer Apparate. Hierdurch wirkten sie befruchtend auf die gesamte chemische Industrie. Der Sodaprozeß wurde zu ihrem großen Lehrmeister, und unzählige Verfahren waren seine unmittelbaren Nutznießer. Die Nebenprodukte führten zum Ausbau neuer chemischer Industriezweige, die ältere Verfahren ablösten. Zufällige Beobachtungen führten zu bahnbrechenden Entdeckungen. Ein Rad griff in das andere. Die ungestüm vorwärts drängende chemisch-technische Entwicklung stellte der Wissenschaft neue Aufgaben, eilte ihr oft weit voraus und zwang

sie in ihren Dienst. Umgekehrt führten neue wissenschaftliche Erkenntnisse zu Fortschritten in der Verfahrenstechnik, und so entstand jene fruchtbare Wechselwirkung zwischen Theorie und Praxis, die beschleunigt zur Höherentwicklung unserer Kultur führte. Die Wissenschaft war nun nicht mehr Selbstzweck wie früher, und die Technik war nicht mehr ohne wissenschaftliche Forschung denkbar. Aus dem Zusammenwirken beider entstand die moderne chemische Großindustrie, die zusammen mit der Technik unserem Zeitalter das Gepräge gibt.

Stichwortverzeichnis

*Kursiv gesetzte Zahlen beziehen sich auf Textabbildungen:
B 1 bedeutet: Bild 1 des Tafelteils*

- Abraumsalze** 69
Absorptionsanlage 101, 102
Adji-Darja-Haff 21/22, 36
Agrikulturchemie 80
Alkali 105
Ammoniak-Soda-Verfahren 110ff.
Ammontempel, Salzlager 9
Ankehrschachtricht 59
Anlageschachtricht 59
Antichlor 100
Aralsee 14
Ätzalkalien 97
Ätzkali 90, 96
Ätznatron 90, 96
Auskristallisation (Salz) 55
Auslaugung v. Salzlagerern 48/49, 50, 54
Aussolen von Salzglocken 64 ff.
- Backenbrecher** 69
Barrentheorie 32, 33, 34, 35
Berchtesgaden 58, 60
Bleiche 99
Bleichkalk 99
Bleichlaugen 89, 98
Bleichmittel 89
Bodenschwelle 35, 37
Borlachsacht 50, 51
Brackwasser 14
Briquetage 12
Brüdenfang 55; B10
Buggingen 82
- Carnallit** 81
Chlorbleiche 98
Chlorfreier Kalidünger 82
Chlorgewinnung 93, 108
Chloride 27
Chlorieren 94
Chlorkalk 89, 99, 108
Chlorknallgas 102
Chloroform 94
- Chloropren** 94
Chlorung 93
Chlorwasserstoff 101, 102/103, 107/108
- Dachpfanne** 56
Darnstedt 49
Death Valley 19
Desinfektionsmittel 89
Destillieren 14/15
Diaphragmaverfahren 96
Doppelsalze 28, 80
Dorngradierung 50, 52
Dornstein 53
Downszelle 91
Düngemittelsilo B38, B39
Düngesalze B40
Düngung, künstliche 80
Dürrenberg 50 ff.; B18, B19, B20 B21
Dürrenberg, Salzbergwerk 58, 60 ff.
- Eau de Javelle** 89
Eau de Labarraque 89
Einsturzkessel 58
Elektrolyse (Salzlösung) 89
Eltonsee 14, 20
Endseen 13/14
Entzinnen von Weißblech 94
Erdölbildung 22
Erdzeitalter 30/31
Exportsalz B15, B16
- Fehlwehrramm** 59
Fleckenreinigung mit Salz 83
Förderbänder B29, B30
Förderkorb B32
Förderwagen B31
- Gesteinsbohrmaschine** B24
Giebichenstein 12

Gipsbildung 60
Glanzflecke, Beseitigung 83
Glaubersalz 90
Glockenlaugung 64 ff., B4, B5,
B6, B7, B8
Gradierung 53
Gradierwerk 52, 54, 87; B17,
B18, B19, B20
Grobsalz 56
Großfluttheorie 34/35

Hall 43

Hallstatt 9, 10
Hallstattzeit 11
Hartsalz 81, 82
Haselgebirge 42, 59
Häuer vor Ort B23
Hauptschachttricht 59
Heidengebirge 10
Heilmittel Salz 86 ff.
Hydrieren 98

Inhalationen 86/87

Kaiseroda 82
Kalilauge 90, 96
Kalisalze 69/70, 79 ff., 81
Kaliumgewinnung 91/92
Kaliumhydroxyd 90, 96
Kaliumhypochlorit 98, 100
Kalium-Ionen 73 ff.
Kaliumkarbonat 90
Kaliumsulfatdünger 82
Kalziumchlorid 112
Kalziumhypochlorit 99
Kalzium-Ionen 73 ff.
Kalziumsulfid 109
Kaspisches Meer 14, 20, 21
Kieserit 81, 82
Kochsalz 26
Kochsalzbedarf des Menschen 76
Kochsalzhaushalt im Körper 75 ff.
Konservieren mit Salz 78, 84
Kristallform des Kochsalzes 55,
Kristallwasser 28 [56/57]
Kühlmittel Salz 85
Kulturraum unter Tage B8
Kupferschiefer 31

Laist 59
Laténezeit 11

Laugen, chloridfreie 97 | B7
Laugung 49, 50, 54; B4, B5, B6,
Leblanc-Soda-Prozeß 106 ff.
Leckstein 57
Leichtmetalle aus Salz 91 ff.
Liebig 80
Lösehaus B35

Magnesiumgewinnung 92
Magnesiumlegierungen 92
Mahlanlage 55, 56; B33
Mangelstoffe d. Ackerbodens 80
Mann im Salz 62
Meere, Salzgehalt 26
Meersalinen 46/47
Meerwasser 25, 71
Mittelmeer 35

Natriumgewinnung 91
Natriumhydroxyd 90, 96
Natriumhypochlorit 98
Natrium-Ionen 72 ff.
Natriumkarbonat 90, 106
Natriumsulfat 90, 104, 106
Natronlauge 90, 96

Nchsenius, Barrentheorie 32/33,
Ostsee 14 [34]

Paketiermaschine B13, B14
Palaeoniscus freieslebeni 31, 32
PeCe-Faser 95
Pfannenstein 57
Pottasche 105
Prähistor. Salzbergbau 10, 62
Putzmittel Salz 84

Quecksilber-Verfahren 96/97

Regenwasser 15
Rohstoff Salz 89 ff.
Röstprozeß 107
Rückstandhalde 109; B37
Rutschen 61 ff.

Sacknämaschine B40
Saline 47
Salz, Begriff 26
Salz, Bildung 27
Salz im Haushalt 83 ff.
Salz im Volksbrauch 7/8
Salz in den Lebewesen 71 ff.

- Salz in der Kosmetik 85
 Salz, industrieller Rohstoff 89 ff.
 Salz, Konservierungsmittel 9, 78
 Salz und Ernährung 75 ff.
 Salz, Vorkommen 43
 Salzabscheidung aus Wasser 24
 Salzausbblühungen 16
 Salzbedarf des Menschen 78
 Salzbergbau, chinesischer 12
 Salzbergbau, prähistorischer 10
 Salzbergwerk B2
 Salzbergwerke (DDR) 70
 Salzdetfurth, Salzsattel 40
 Salzelektrolyse 89 ff.
 Salzelmen 52, 63; B17
 Salzgärten 46/47
 Salzgewinnung 45
 Salzgewinnung, prähistorisch 8 ff.
 Salzgleichgewicht im Körper 76
 Salzglocken 64 ff.; B4, B5, B6,
 B7, B8, B9
 Salzhaushalt, gestörter 78
 Salzkammergut 58
 Salzkästen 56, B10, B11
 Salzkette, ostindische 24
 Salzkonzentration im Blut 74
 Salzkonzentration in der Zelle 71
 Salzkristalle 55, 56/57
 Salzlager, Auslaugung 48, 49
 Salzlager, Entstehung 29 ff.
 Salzlagerstätten Deutschlands
 30/31, 44, 45
 Salzlagerstätten Europas 28
 Salzsattel 39, 40
 Salzsäure 90, 100 ff., 108
 Salzsüßelchen 56/57
 Salzseen 17
 Salzsee, Großer 14, 18, 19/20
 Salzstraßen 13
 Salzsudwerk 47
 Salzwasser 14
 Schleudern des Salzes 56, B12
 Schlitzmaschine B22
 Schmelzelektrolyse 91, 92
 Schönebeck 63, 64 ff.; B3 bis B15
 Schönit 81, 82
 Schott 17
 Schott el Dscherid 18
 Schrapperkasten 68, B28
 Schwefelsäurefabrikation 106 ff.
 Schwefelwasserstoff 109
 Schwelle, unterseeische 35, 37
 Seilletal 11
 Siedepfanne 54, 55; B9, B10
 Sinkwerk 59/60
 Soda 90, 104 ff, 106 ff.
 Sodaseen 104
 Sole 47, 48, 87
 Solvay-Soda-Prozess 110 ff.
 Speisesalz 26
 Spergau 54
 Sprengarbeit 68; B25, B27
 Staßfurter Salzsattel 39
 Steilfirstenbetrieb B26, B27
 Steinsalz 67 ff.
 Stören 55
 Störpfanne 54
 Streckenvortrieb d. Laugung 65
 Sudhaus 54, 57
 Sulfatdüngemittel 82
 Sulz 43
 Sulza 48 ff., 56
 Tal des Todes 19
 Tausalz 26
 Tetrachlorkohlenstoff 94
 Tiefbohrungen 12, 49
 Totes Meer 14, 23
 Tourills 101, 102
 Trockenboden B11, B21
 Trockenpfanne 54, 55
 Tropfsalzbildungen B3
 Umkristallisation 50
 Veraschen von Tangen 105
 Verpacken des Siedesalzes B13,
 B14, B15
 Vinylchlorid 95
 Wasser, destilliertes 15
 Wasserstoffgewinnung 97
 Wehranlage 59, 60
 Werk 59
 Werra-Salzlager 38, 39, 82
 Wilfahrt, Großfluttheorie 34
 Wintershall, Salzlager 39
 Zechsteinmeer 29, 36, 37
 Zentrifuge 56; B12 [96
 Zersetzungszelle mit Diaphragma

Bildererläuterungen

Wie sich ein Salzlager bildet

Bild

- 1 Weit dehnen sich die glitzernden Salzkrusten in den Senken am Nordrand der Sahara
- 2 In einem Salzbergwerk vierhundert Meter unter Tage

Solegewinnung im Steinsalzbergwerk Schönebeck

- 3 Natürliche Tropfsalzbildungen unter Tage in ausgelaugten Hohlräumen
- 4 Zur Vorbereitung einer Glocke wird die Strecke ausgeweitet. Aus dem Spritzrohr, das an die Wand gelehnt ist, springt Frischwasser heraus und laugt die Wand weg. Ein Häuer ist damit beschäftigt, die Löcher des Spritzrohrs zu reinigen, damit keine Salzbretter stehenbleiben
- 5 Schon wölbt sich die Glocke empor. Sie wird mit Wasser ausgespritzt
- 6 Noch einmal wird das Gestänge auf dem Spritzbock ausgewechselt und verlängert, um die Glocke zu erhöhen und auszuweiten
- 7 Zuletzt hat die Glocke einen Durchmesser von 14 Metern und eine Höhe von 9 Metern. Wir blicken von unten nach oben in eine der ersten Spritzglocken, die vor etwa 50 Jahren ausgelaugt ist. Im unteren Teile sehen wir zwischen den Salzwasserrinnen als trennende Grate die stehengebliebenen Salzbretter. Deutlich sind die drei Stufen der Auslaugung erkennbar
- 8 Kulturraum unter Tage. Durchbrüche verbinden die ausgesolten Glocken zu einem Kulturraum unter Tage. Salz bildet die Tischdecke

Siedesalzgewinnung in der Saline Schönebeck

- 9 Mechanisierte Siedepfanne
- 10 Auf dem Brüdenfang der Siedepfanne stehen Salzkästen, in die das auskristallisierte Salz geschaufelt wird. Die anhaftende konzentrierte Sole tropft in die Siedepfanne zurück
- 11 Die Salzkästen gelangen auf den Vortrocknenboden und verbleiben dort 6 bis 8 Stunden

- 12 **Trocknen des Feinsalzes** durch Abschleudern in Zentrifugen. Ausstoßen der Zentrifuge nach dem Trocknen des Salzes
- 13 **Vorgedruckte Kartons** werden in die Paketiermaschine gelegt. Vollautomatisch wird das Salz von der Maschine ausgewogen und verpackt
- 14 Die Packerinnen tragen weiße Mäntel und ein Kopftuch (Hygienevorschriften in Lebensmittelbetrieben). Fertig verpackt kommen die Pakete mit Siedesalz aus der Maschine und werden ab und zu einer Gewichtskontrolle unterzogen
- 15 Vom Sieb wird das Siedesalz in Leinensäcke abgezogen, die sorgfältig zugenäht und plombiert werden, ehe sie die Reise nach Übersee antreten
- 16 Speisesalz ist ein wichtiger Handelsartikel mit den Gebieten, die selbst über keine Salzlager verfügen. Hier wird deutsches Siedesalz auf dem **Wochenmarkt von Lome** in Liberia gehandelt. Rechts im Bild sehen wir die großen Exportsäcke liegen, im Vordergrund die winzigen Abfüllröten. Diese zeigen, wie wertvoll das Salz in **Westafrika** ist

Salz im Dienste der Volksgesundheit

Bilder aus den Gradierwerken Salzelmen und Dürrenberg

- 17 **Salzelmen**, mit den längsten Gradierwerken der Welt (1837 m lang, davon 1000 m in Betrieb)
- 18 Saline Bad Dürrenberg, Blick vom Gradierwerk
- 19 **Regulieren der Verteilerhöhe** für die Sole auf den Gradierwänden
- 20 Blick auf den **Wandelgang**. Inhalieren salzhaltiger Luft
- 21 Auf dem **Trockenboden der Saline**. Nach zwölfstündiger Lufttrocknung wird das Kochsalz gewendet und bricht dabei in Schollen

Der Staßfurter Kalisalzbergbau

- 22 **Schlitzmaschine im Streckenvortrieb** des Kalibergbaus
- 23 **Häuer vor Ort** mit charakteristischem Geleucht
- 24 **Häuer an der Gesteinsbohrmaschine** im Abbau beim Bohren von Sprenglöchern
- 25 **Besetzen des Sprenglochs** mit Sprengkapseln mit Hilfe des Ladestocks kurz vor der Sprengung
- 26 **Häuer bei der Arbeit** im Steilfirstenbetrieb des Kaliwerks Staßfurt

- 27 Vorbereitung der Sprenglöcher an der Steilfirste, die mehr als hundert Meter jäh in die Tiefe stürzt
- 28 Mit dem Schrapperkasten wird das Salz in der Abbaukammer aufgenommen
- 29 Förderbänder transportieren das Salz weiter
- 30 Sie lassen es an der Füllstelle direkt in die Förderwagen fallen. Eine Staubsaugeanlage nimmt die dichten Wolken feiner Salzstäubchen auf, eine Maßnahme zur Gesunderhaltung unserer Kumpel und zur Erleichterung ihrer Arbeit
- 31 Unablässig klappern die in Stahlketten gehängten Förderwagen die Strecke entlang
- 32 Nun werden die Wagen in den Förderkorb geschoben, der sie über Tage bringt

Verarbeitung der Kalisalze über Tage

- 33 Rohsalz-Mahlanlage
- 34 Hängeloren befördern das gemahlene Salz weiter
- 35 In großen Lösehäusern wird das Kalirohsalz gereinigt und konzentriert. Im Vordergrund sehen wir Laugenstapelbecken. Aus den Mutterlaugen gewinnt man unter anderem Brom, einen wichtigen Ausführartikel. Werk Kaiseroda
- 36 Inzwischen werden die gereinigten und konzentrierten hochwertigen Kalisalze an den Trommelfiltern getrocknet und zuletzt von diesen abgestreift
- 37 Unverwertbare Rückstände schüttet man auf die ausgedehnten Rückstandshalden. In ihrer Nähe stirbt die Vegetation ab. Regengüsse bilden auf ihnen Erosionsrinnen, zwischen denen scharf herausgemeißelte Grate stehenbleiben. So entsteht ein Gebirgsrelief im Kleinen. Werk Bismarckshall
- 38 In den riesigen Lagerhallen türmen sich die Kalisalze zu Bergen
- 39 Kratzer nehmen in einem Kalischuppen das Kalisalz auf
- 40 Nach dem Absacken der Düngesalze werden die Säcke mit Hilfe einer elektrischen Sacknämaschine zugenäht

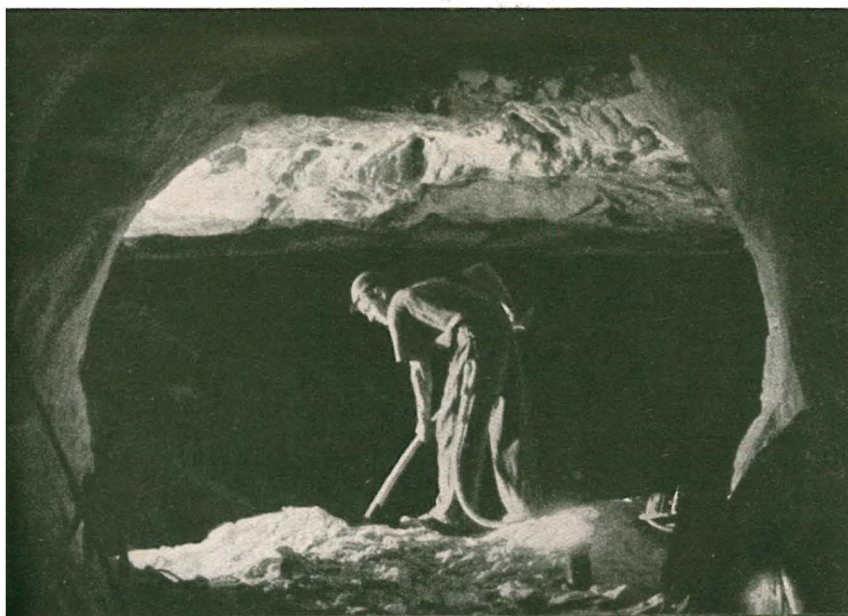
Die Fotos wurden von der Zentralen Abteilung Werbung und Messen des Kali- und Nitraterzbergbaus zur Verfügung gestellt
(Foto: Brieger, Halle).

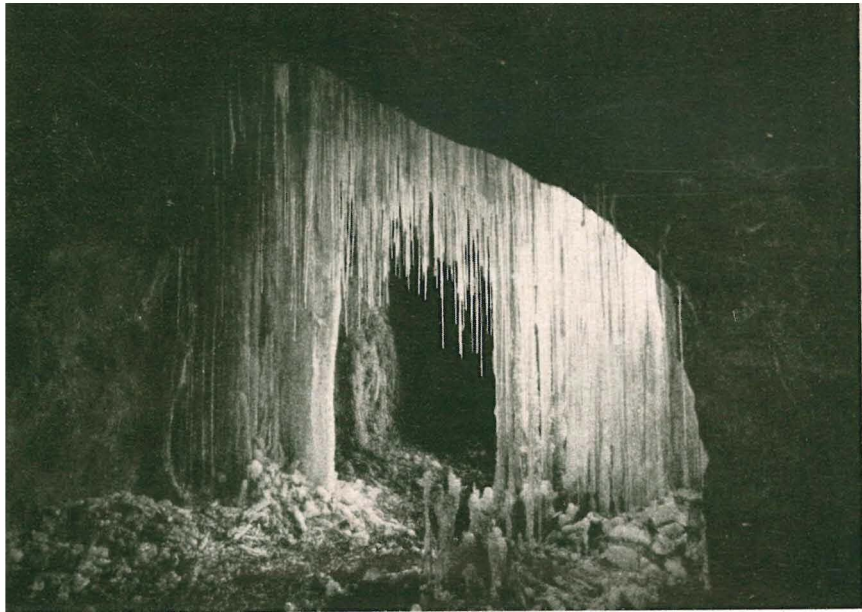
Bild 2 aus: Stapf, „Die fotografische Praxis“, Fachbuchverlag, Leipzig.



1

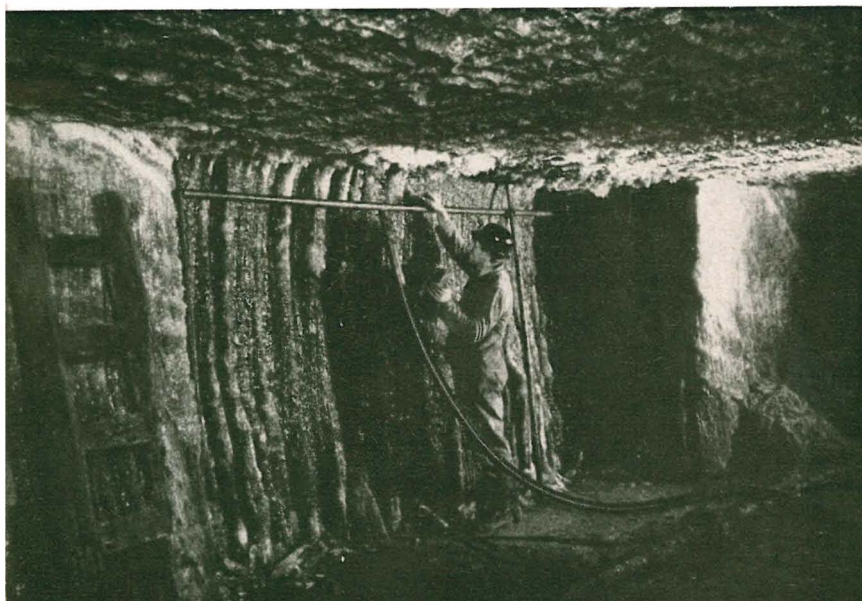
2

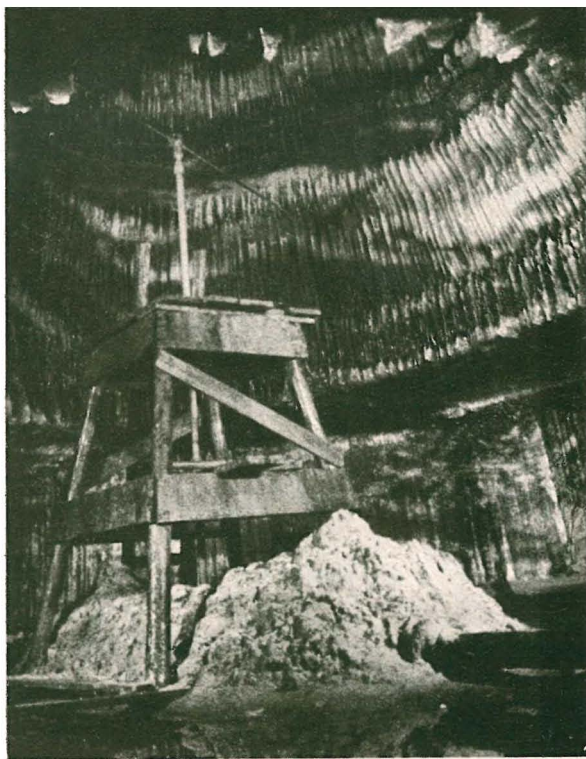




3

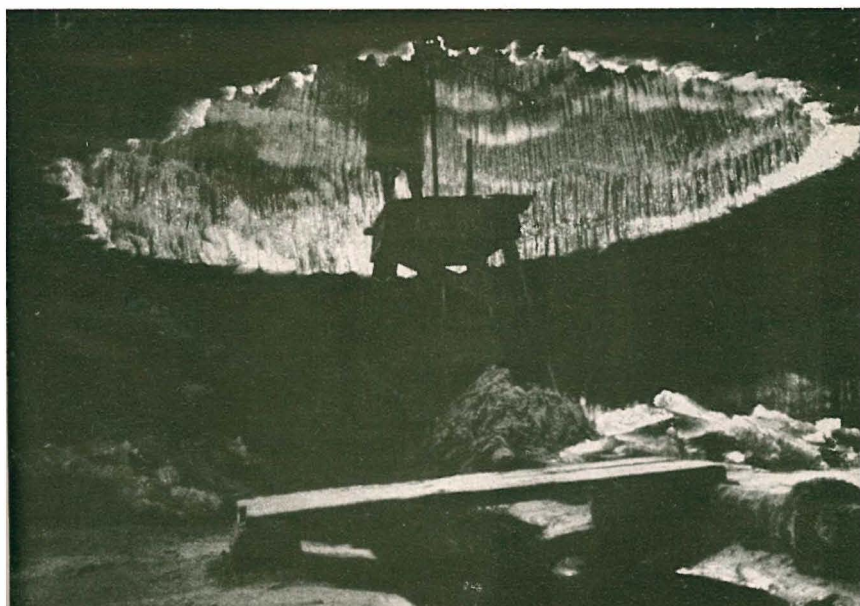
4

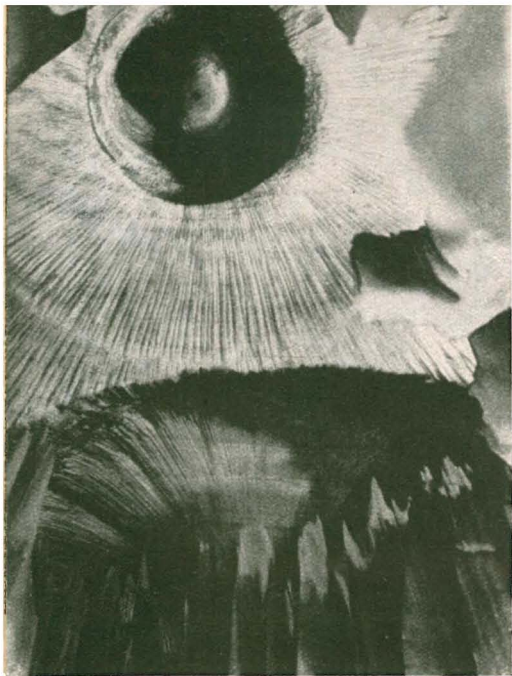




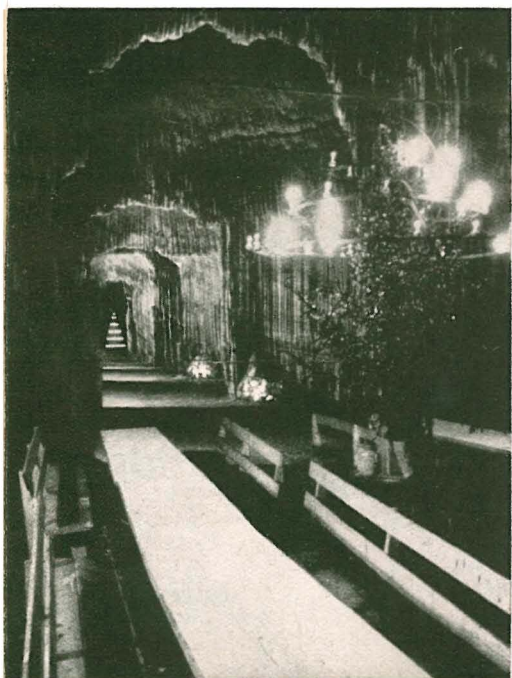
5

6





7

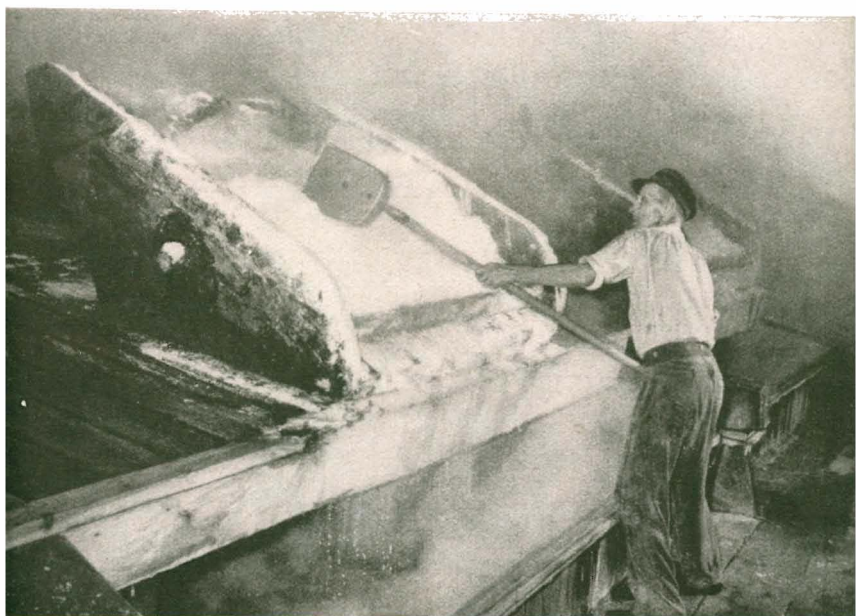


8



9

10





11



12



13



14



15

16

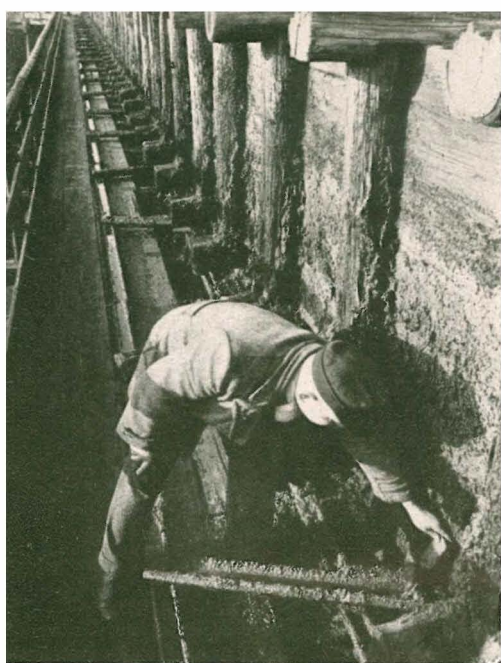


17



18





19

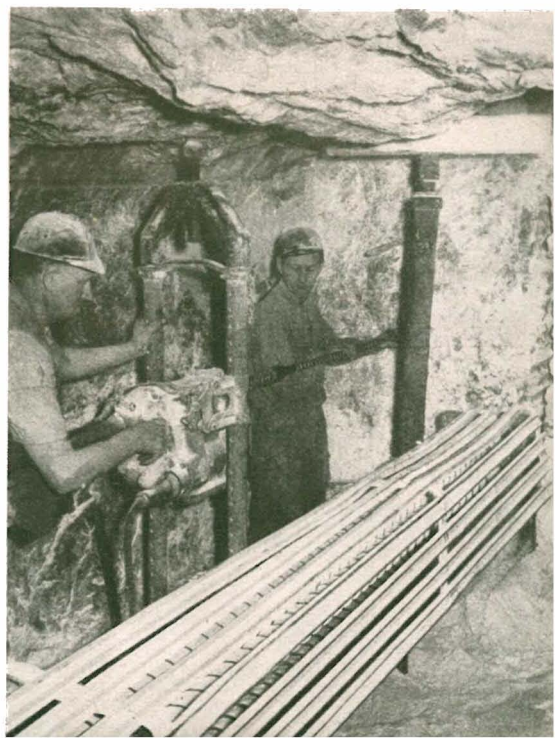


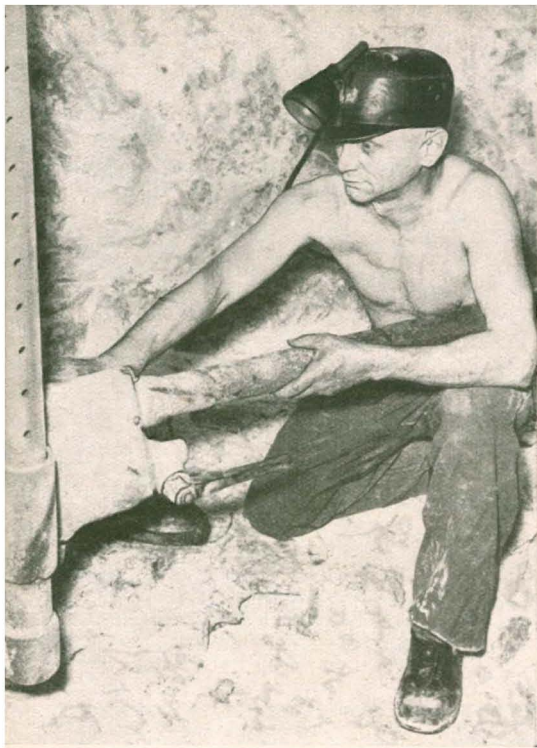
20



21

22



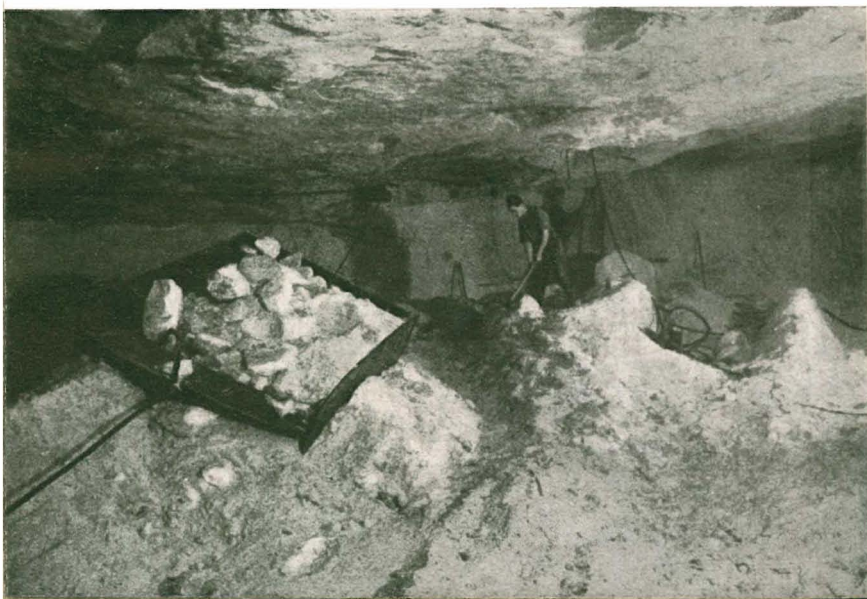
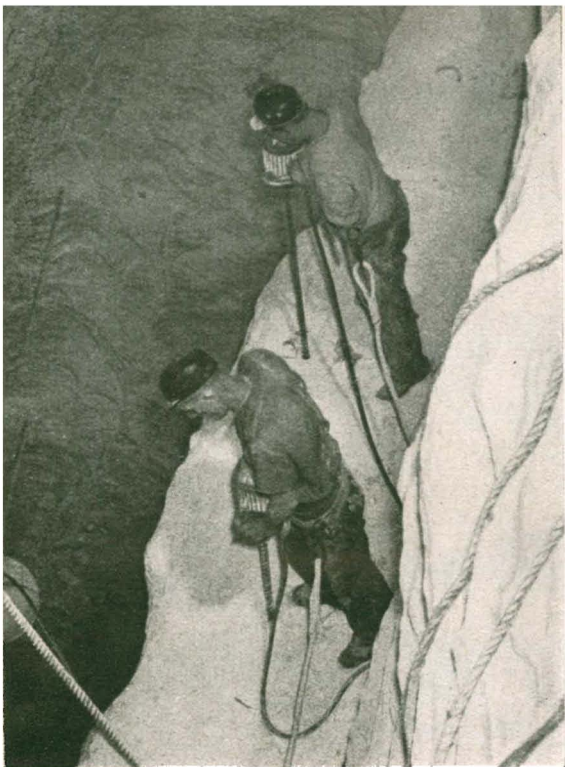




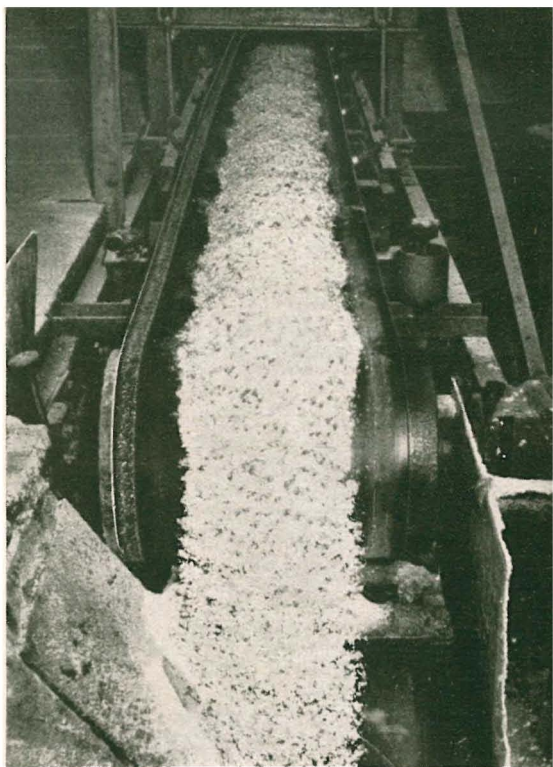
25

26

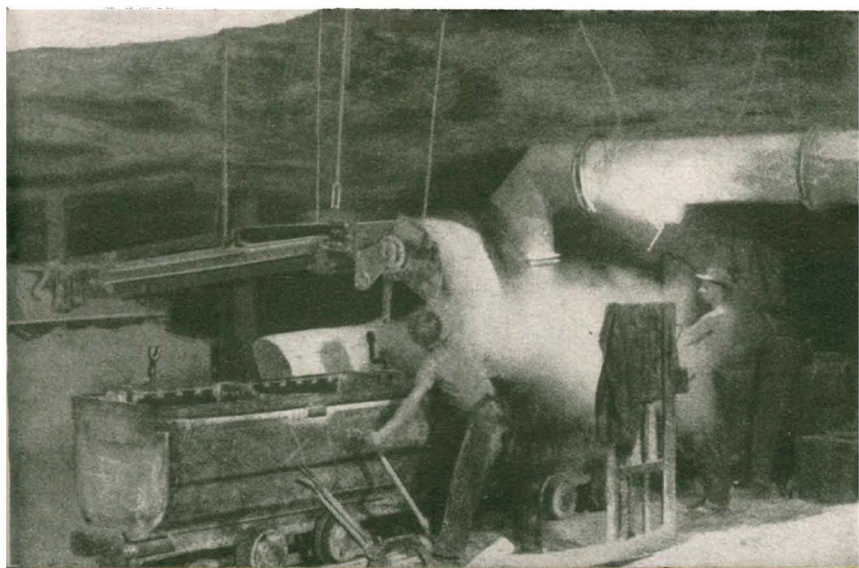


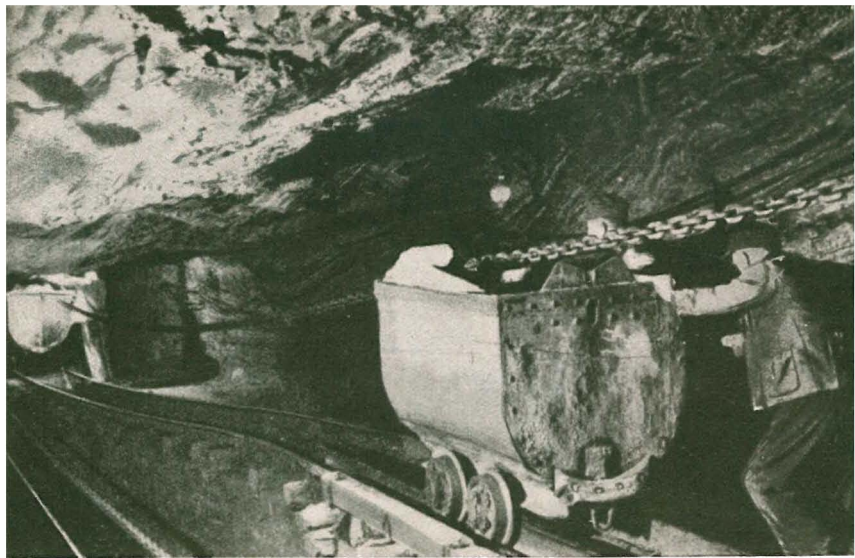


29



30

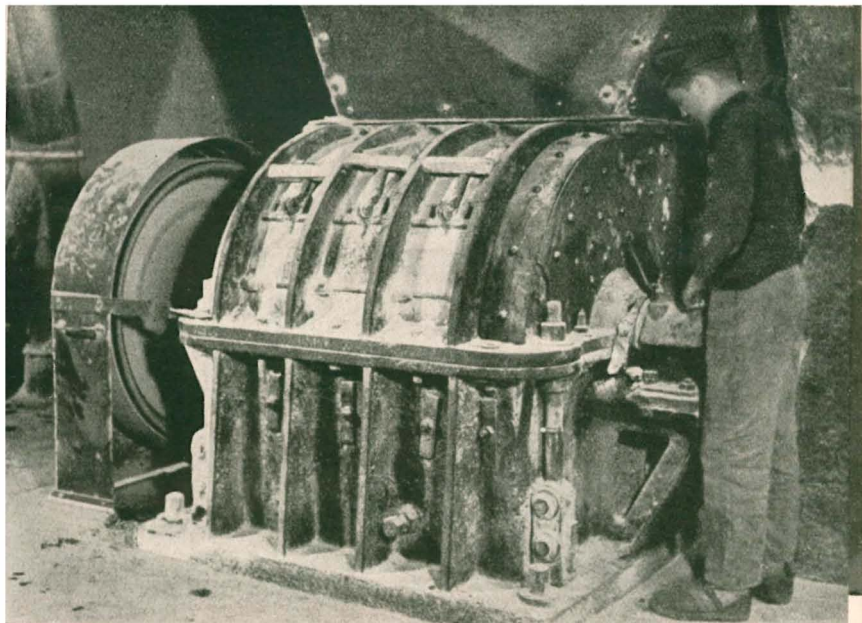




31



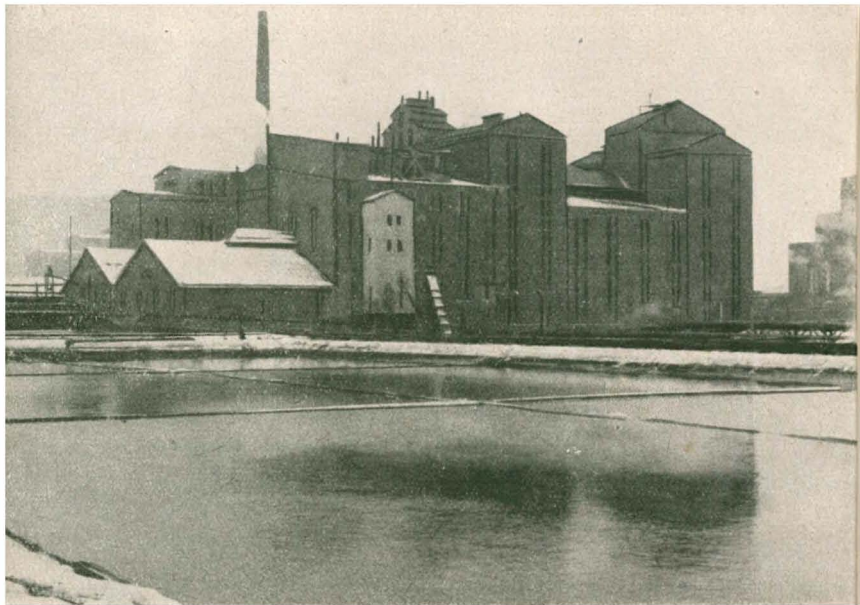
32



33



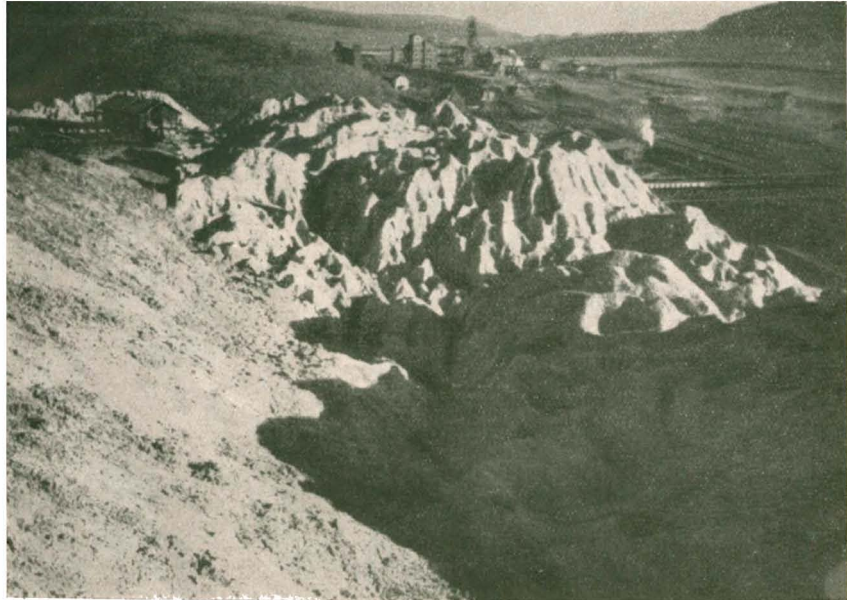
34



35



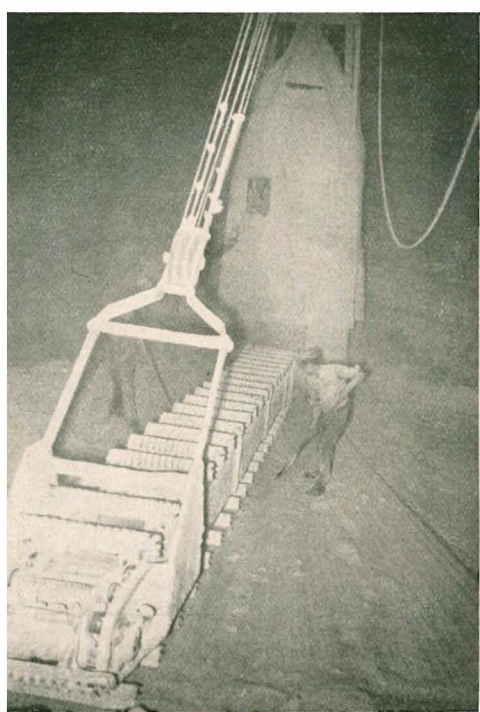
36



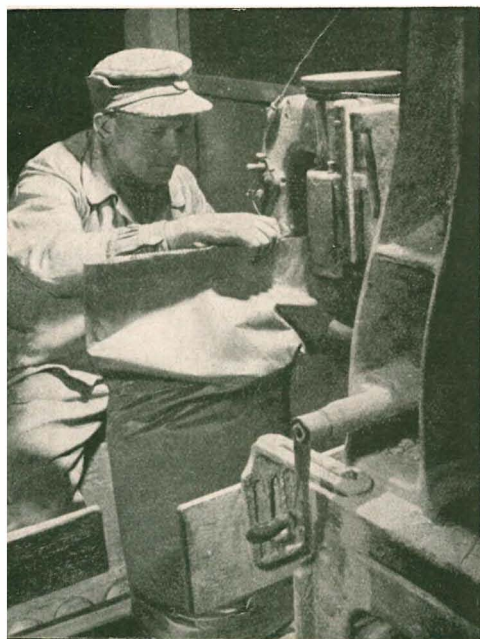
37



38



39



40

