

CHEMIE

ACHTES SCHULJAHR

CHEMIE

EIN LEHRBUCH

FÜR DAS ACHTE SCHULJAHR

Ausgabe 1959

VOLK UND WISSEN VOLKSEIGENER VERLAG BERLIN

1959

Die Manuskripte für dieses Lehrbuch verfaßten

Gerhard Meyendorf, Dr. Horst Möhle und
Prof. Dr. Werner Renneberg

Das Lehrbuch wurde im Schuljahr 1957/58 in 40 Schulen erprobt und nach Vorschlägen von zahlreichen Lehrern, Fachkommissionen der Pädagogischen Kreiskabinette und Werktätigen aus volkseigenen Betrieben bearbeitet von

Wolfgang Eisenhuth und Hans Thomassen

Dieses Lehrbuch entspricht nicht in allen Teilen dem gültigen Lehrplan und erscheint nur im Schuljahr 1959/60

Redaktionsschluß: 1. März 1959

ES 11 H · Bestell-Nr. 03803-1 · 2,75 DM · Lizenz Nr. 203 · 1000/59(E)

Für Karten: Lizenz Nr. K 1 · Gen. MdI der DDR Nr. 4742

Satz: Leipziger Volkszeitung III 18 138

Druck: Karl-Marx-Werk Pößneck V/15/30

Inhalt

1. Kapitel: **Der Kohlenstoff und seine wichtigsten Verbindungen**

Der elementare Kohlenstoff 5
Kohlendioxyd 12
Kohlenmonoxyd 16
Die Vorgänge im Kohlenofen 19
Kohlensäure 21
Carbonate 22
Natriumhydrogencarbonat 23
Kalkstein 27
Wichtige Baustoffe 31
Die Baustoffindustrie der Deutschen Demokratischen Republik 37

2. Kapitel: **Die Kohlen – feste und gasförmige Brennstoffe**

Entstehung der Kohlen 43
Vorkommen und Gewinnung der Kohlen 45
Die Entgasung der Kohle 55
Die Vergasung der Kohle 64
Die Bedeutung der Kohle für unsere Volkswirtschaft 68

3. Kapitel: **Silicium und seine wichtigsten Verbindungen**

Silicium 73
Siliciumdioxyd 74
Kieselsäure 75
Silicate 75
Glas 77
Die Glasindustrie der Deutschen Demokratischen Republik 88

4. Kapitel: **Eisen und Stahl**

Eisenerze 90
Roheisen 95
Stahl 107
Die Roheisen- und Stahlerzeugung der Deutschen Demokratischen Republik 114

5. Kapitel: **Nichteisenmetalle und Legierungen**

Nichteisenmetalle 120
Legierungen 130

6. Kapitel: **Halogene**

Chlor 134
Chlorwasserstoff — Salzsäure 137
Chloride 139
Chloride in den Salzlagerstätten 143

Die Kaliindustrie der Deutschen Demokratischen Republik 153
Brom und Jod 156
Die Gruppe der Halogene 159
Chemische Vorgänge bei der Fotografie 160

Zusammenfassung des Jahresstoffes 164
Schülerversuche 173
Einige wichtige Elemente 176



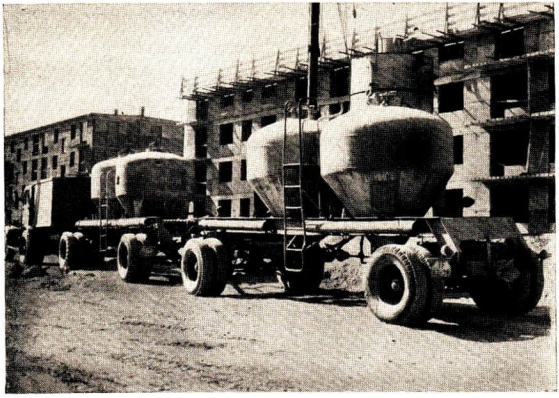
Versuche, die mit diesem Gefahrenhinweis gekennzeichnet sind, müssen mit besonderer Vorsicht durchgeführt werden!

Abbildungen

VEB Berlin-Chemie, Berlin-Adlershof (6); Bergakademie Freiberg/Sachsen, Mineralogisches Institut (81); Foto Brüggemann, Leipzig (83, 94); DEFA, Berlin (160); Der Kinderbuchverlag Berlin (50); Otto Donath, Berlin-Treptow (3. Kapitelbild, 146); Wolfgang Eisenbuth, Berlin (1. Kapitelbild, 3, 15, 23, 27, 40, 45, 71, 162, 163); VEB Eisenhüttenkombinat J. W. Stalin (105, 119); VEB Gasversorgung Berlin (62, 63); Louis Held, Weimar (98); Herbert Hensky, Berlin-Rahnsdorf (86, 88, 89); Max Ittenbach, Berlin (2. Kapitelbild); Dr. Richard Kindler, Berlin-Wilhelmsruh (12); Werner Kraschewski, Güstrow (24); Heinz Krüger, Falkensee bei Berlin (33); Paul Lappeneit, Hennigsdorf bei Berlin (126); VEB Maxhütte Unterwellenborn (121); MBD (5); Heinz Meusel, Halle/Saale (144); Neues Deutschland, Bildarchiv (56, 72); Horst E. Schulze, Berlin (6. Kapitelbild); VEB Schwermaschinenbau Lauchhammerwerk, Lauchhammer (48); Staatliche Fotothek Dresden (23); VEB Steinkohlenwerk „Karl Liebknecht", Oelsnitz (59); VEB (K) Technischer Dienst, Erfurt (158, 159); VEB Verlag Technik, Berlin (4); Volk und Wissen, volkseigener Verlag Berlin, Bildstelle (29, 128, 149, 147); Zentralbild Berlin (25, 26, 28, 35, 36, 38, 41, 42, 43, 44, 47, 52, 53, 54, 57, 58, 64, 69, 70, 90, 99, 4. Kapitelbild, 102, 103, 108, 114, 115, 116, 117, 129, 5. Kapitelbild); Zentralinstitut für Film und Bild, Berlin (76).

Die Zeichnungen wurden nach den Vorlagen der Autoren und der Redaktion von Heinz Grothmann, Berlin, Fritz Hampel, Hangelsberg/Spree und der Graphischen Abteilung des volkseigenen Verlages Volk und Wissen Berlin angefertigt; Abb. 19, 78, 100, 133, 137, 138, 155 und 156 von Robert Specht, Berlin-Staaken.

Die Textkarten (Abb. 46, 101, 136) wurden vom VEB Hermann Haack, Gotha, gezeichnet.



Transport von Zement in Silowagen

Unsere Republik ist ein großer sozialistischer Bauplatz. Wir erleben, wie zahlreiche Werkanlagen und landwirtschaftliche Gebäude, hohe Talsperren und ganze Stadtteile errichtet werden. Moderne Silowagen transportieren den Baustoff Zement zu den vielen großen und kleinen Baustellen. Zur Herstellung von Zement dient unter anderem die wichtige Kohlenstoffverbindung Kalkstein. Eine lange Reihe weiterer Verbindungen des Kohlenstoffs haben für unser tägliches Leben ebenfalls grundlegende Bedeutung.

1. KAPITEL

Der Kohlenstoff und seine wichtigsten Verbindungen

Der elementare Kohlenstoff

Das Element Kohlenstoff gehört zu den Nichtmetallen. Es ist vierwertig. Vom elementaren Kohlenstoff sind zwei verschiedene Formen erkannt worden, der **Diamant** und der **Graphit.**

1. Diamant. Diamanten kommen in der Natur nur selten vor. Sie sind meist in angeschwemmten Gesteinstrümmern, vereinzelt aber auch in vulkanischem Gestein enthalten. Die meisten Diamanten sind durch Verunreinigungen gefärbt und undurchsichtig.

Reine Diamanten sind dagegen farblose, durchsichtige, stark lichtbrechende und glänzende **Kristalle.** Unter Kristallen verstehen wir regelmäßig geformte Körper, die von ebenen Flächen begrenzt werden und ohne mechanische Bearbeitung entstanden sind.

Die Wichte des Diamanten beträgt 3,5 p/cm³. Der Diamant hat von allen in der Natur vorkommenden Stoffen die größte Härte. Dabei ist er aber ziemlich spröde. Mit Diamanten kann man die meisten Stoffe ritzen.

Der Diamant ist chemisch widerstandsfähig. Er wird im allgemeinen weder von Basen noch von Säuren angegriffen. In reinem Sauerstoff verbrennt der Diamant bei Temperaturen über 800° C zu Kohlendioxyd. Stelle die chemische Gleichung auf!

Reine Diamanten sind als Schmucksteine begehrt. Sie werden in besonderer Weise geschliffen, so daß sie hohen Glanz und ein lebhaftes Farbenspiel erhalten. Wegen ihrer großen Härte werden Diamanten in ihrem eigenen Pulver geschliffen. Zu Schmucksteinen verarbeitete Diamanten heißen **Brillanten.**

Der größte Teil der heute geförderten Diamanten wird für technische Zwecke verwendet. Für Tiefbohrungen und zum Bohren von Sprenglöchern in hartem Gestein werden Bohrer benutzt, deren Kronen mit Diamantsplittern oder auch mit größeren Kristallen besetzt sind. Diamanten dienen zum Schneiden von Glasscheiben. Aus Diamant sind ferner die Ziehsteine zur Herstellung dünner Drähte aus harten Metallen.

2. Graphit. Im Gegensatz zum Diamanten kommt der Graphit in der Natur in erheblichen Mengen vor. Der natürliche Graphit bildet undurchsichtige, graue, schuppige Massen, die sich fettig anfühlen. Er ist häufig stark verunreinigt. Gut ausgebildete Kristalle sind selten. Die Wichte des Graphits beträgt 2,1 bis 2,3 p/cm³. Vergleiche sie mit der Wichte des Diamanten! Im Gegensatz zum Diamanten hat Graphit geringe Härte. Er färbt ab und gibt auf Papier einen bleigrauen Strich. Graphit ist ein guter Leiter für Wärme und Elektrizität.

Der Graphit ist chemisch widerstandsfähig, wird jedoch leichter angegriffen als der Diamant. In reinem Sauerstoff verbrennt er bei etwa 700° C zu Kohlendioxyd. Graphit wird auch künstlich hergestellt. Er entsteht zum Beispiel, wenn Koks mit anderen Ausgangsstoffen unter Luftabschluß auf sehr hohe Temperaturen erhitzt wird. Der künstliche Graphit besitzt bessere technisch wichtige Eigenschaften, da er nicht die im natürlichen Graphit enthaltenen Verunreinigungen aufweist. In unserer Republik gibt es keine Fundstätten für Graphit. Die Herstellung von Graphit hat deshalb für uns besondere Bedeutung. Graphit wird im VEB Elektrokohle Berlin und im VEB Elektrochemisches Kombinat Bitterfeld hergestellt.

Graphit ist ein vielseitig verwendbarer Stoff. Die Bleistiftminen bestehen aus einem Gemisch von Graphit und Ton, das durch Brennen gehärtet wurde.

> **Versuch 1:** *Pulverisierte Bleistiftminen werden in ein Porzellanschiffchen gefüllt und in der Gasflamme erhitzt.*
> *Was beobachtest du?*

In Pulverform wird Graphit als Schmiermittel verwendet, das auch höhere Temperaturen verträgt. Da der Graphit hitzebeständig ist, dient er als Ofenschwärze. Im Gemisch mit Leinöl ist Graphit ein Rostschutzmittel zum Anstrich von Eisenteilen.

Wegen der guten Wärmeleitfähigkeit und der Beständigkeit gegenüber höheren Temperaturen und Temperaturwechsel werden aus Graphit und Ton feuerfeste Schmelztiegel hergestellt. Diese verwendet man beispielsweise in der Metallindustrie. Die gute elektrische Leitfähigkeit des Graphits macht ihn zur Herstellung von Schleifkontakten, Bogenlampenkohlen und Elektroden besonders geeignet.

3. Modifikationen. Wie wir festgestellt haben, gibt es zwei Erscheinungsformen des Kohlenstoffs, Diamant und Graphit. Man sagt: Kohlenstoff tritt in zwei **Modifikationen** auf. Die Modifikationen des Kohlenstoffs unterscheiden sich vor allem in ihrer Kristallform. Wer den farblosen, durchsichtigen, äußerst harten Diamanten mit dem grauen, undurchsichtigen, weichen Graphit vergleicht, der wird nicht annehmen, daß beide Stoffe aus dem gleichen Grundstoff bestehen. Das Verbrennungsprodukt des Diamanten ist ebenso wie das des Graphits Kohlendioxyd. Damit ist bewiesen, daß beide Stoffe nichts anderes sind als Kohlenstoff.

Diamant und Graphit sind in der Natur unter ganz verschiedenen Bedingungen entstanden. Die Wichte des Diamanten (3,5 p/cm³) ist wesentlich größer als die des Graphits (etwa 2,2 p/cm³). Wir schließen daraus, daß der Diamant bei seiner Entstehung größeren Drücken ausgesetzt war als der Graphit. Unter Ausnutzung dieser Erkenntnis ist es in neuerer Zeit gelungen, kleine Diamanten künstlich herzustellen. Bei sehr hohem Druck und hoher Temperatur kann man Graphit in Diamant umwandeln.

Auch an diesem Beispiel erkennen wir, daß der Mensch in der Lage ist, in der Natur vorkommende Stoffe selbst herzustellen, wenn er die Kenntnisse von der Zusammensetzung der Stoffe und von den Bedingungen, unter denen sie entstehen, besitzt und die entsprechenden technischen Mittel zur Verfügung stehen.

4. Ruß. Verbrennen bestimmte Kohlenstoffverbindungen bei ungenügender Luftzufuhr und gleichzeitiger Abkühlung, so scheidet sich aus den Flammen Kohlenstoff als sogenannter **Ruß** ab.

> **Versuch 2:** *Über eine Kerzenflamme oder die leuchtende Flamme eines Bunsenbrenners halten wir eine Porzellanschale.*
> *Was beobachtest du?*

In der Kerzenflamme verbrennt gasförmiges Paraffin, das aus Kohlenstoffverbindungen besteht. Diese werden in der Flamme zum Teil zersetzt, so daß sich Kohlenstoff ausscheidet. Der Kohlenstoff verbrennt am Rande der Flamme, wo genügend Luft zuströmt. Die Porzellanschale ist für das Abströmen der Verbrennungsgase ein Hindernis. Dadurch tritt weniger Luft hinzu. Gleichzeitig wird die Flamme abgekühlt. Die Kohlenstoffteilchen können nicht mehr verbrennen, und es entsteht an der Porzellanschale Ruß.

Ruß besteht aus kleinen, im Mikroskop sichtbaren Flöckchen von Kohlenstoff. Genauere Untersuchungen haben ergeben, daß sich diese Flöckchen aus winzigen Graphitkriställchen schwammartig zusammensetzen. Der Ruß ist daher locker und porös.

Ähnlich wie bei Versuch 2 wird Ruß auch industriell hergestellt. Man verbrennt Öl, Teer oder andere kohlenstoffreiche Verbindungen bei ungenügendem Luftzutritt. Dabei setzt man die Temperatur der Flamme durch wassergekühlte Metallplatten herab.

Ruß wird als schwarzer Farbstoff verwendet. Er dient unter anderem zum Färben von Lackleder, Gummischuhen und Schallplatten. Ferner wird Ruß als Farbstoff bei der Herstellung von Druckerschwärze, Tuschen und Malerfarben eingesetzt. Ruß findet auch als Füllstoff bei der Herstellung von Reifen für Kraftfahrzeuge Verwendung.

Elementarer Kohlenstoff tritt in zwei Erscheinungsformen (Modifikationen) auf: als Diamant und als Graphit. Sie sind unter verschiedenen Bedingungen entstanden und haben unterschiedliche Eigenschaften. Graphit und Diamant können synthetisch hergestellt werden.

5. Poröse Kohlen. Der Kohlenstoff ist ein wichtiger Bestandteil aller organischen Stoffe, zu denen Zucker, Holz usw. gehören. Auch die Lebewesen bestehen zum großen Teil aus Kohlenstoffverbindungen. Kohlenstoff ist ferner in der Braunkohle und Steinkohle in größeren Mengen chemisch gebunden. Aus all diesen Stoffen lassen sich durch Erhitzen poröse Kohlearten herstellen, die zum größten Teil aus elementarem Kohlenstoff bestehen.

Eine solche Kohle haben wir bereits bei einem der ersten Versuche, die wir im Chemieunterricht durchführten, erhalten. Wir erhitzten Zucker im Reagenzglas. Es entstanden brennbare Dämpfe und ein schwarzer, lockerer Stoff. Dieser Stoff heißt **Zuckerkohle.** Die Zuckerkohle ist schwammartig porös. Auch die Holzkohle ist eine solche poröse Kohleart. Werden zum Beispiel Sägespäne im Reagenzglas unter Luftabschluß erhitzt, dann entweichen Gase, und die Späne verkohlen. Es entsteht **Holzkohle.** Warum muß das Holz unter Luftabschluß erhitzt werden?

Holzkohle wurde früher in Kohlenmeilern erzeugt. Heute stellt man sie fast ausschließlich durch Erhitzen von Holz in eisernen Retorten her. Dadurch können Nebenprodukte wie Gas, Teer, und andere Stoffe gewonnen werden. Die poröse Beschaffenheit der Holzkohle kann man mit bloßem Auge wahrnehmen.

Beim Erhitzen von Holz unter Luftabschluß entweichen etwa drei Viertel seiner Bestandteile. Zurück bleibt ein Kohlenstoffgerüst mit zahlreichen feinen Kanälen. Die Wandungen dieser Kanäle bilden die innere Oberfläche der Holzkohle. Diese ist wesentlich größer als die äußere Oberfläche.

Ähnlich wie Holz verhalten sich Steinkohle und Braunkohle beim Erhitzen unter Luftabschluß. Bei diesem Vorgang entsteht **Steinkohlenkoks** beziehungsweise **Braunkohlenkoks.**

Erhitzt man tierische Abfälle, wie Knochen oder geronnenes Blut, unter Luftabschluß, so entstehen Kohlearten, die je nach dem Ausgangsstoff als **Tierkohle, Knochenkohle** oder **Blutkohle** bezeichnet werden. Auch diese Kohlearten sind lockere, poröse Produkte.

Durch Erhitzen organischer Stoffe unter Luftabschluß entstehen poröse Kohlearten. Sie enthalten elementaren Kohlenstoff neben mehr oder weniger großen Mengen von Verunreinigungen.

Alle porösen Kohlearten haben die Eigenschaft, größere Mengen gasförmige oder gelöste Stoffe aufzunehmen. Die Stoffe werden von der Oberfläche dieser Kohlen aufgenommen, ohne sich chemisch zu verändern. Da derartige Kohlen eine ausgedehnte

Oberfläche haben, können sie beträchtliche Mengen von gasförmigen oder gelösten Stoffen aufnehmen.

Man sagt: die Kohle adsorbiert[1]) gasförmige und gelöste Stoffe. Die Erscheinung heißt **Adsorption.**

Kohle, die Gase und gelöste Stoffe gut und in großer Menge adsorbiert, heißt aktive[2]) Kohle oder **Aktivkohle** (A-Kohle).

> **Versuch 3:** *Wir lassen eine verdünnte Farbstofflösung langsam durch eine Schicht körniger A-Kohle sickern (Abb. 1).*
> *Betrachte das Filtrat!*

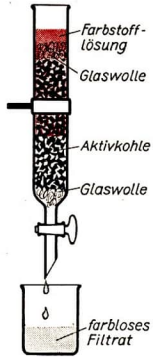


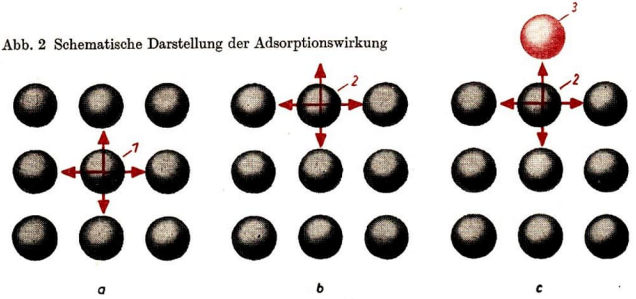
Abb .1 Adsorption eines Farbstoffes durch Aktivkohle

Die Aktivkohle hat den Farbstoff aus der Lösung adsorbiert. Wenn wir jedoch eine größere Menge Farbstofflösung durch das Kohlefilter laufen lassen, bleibt nach einiger Zeit das Filtrat gefärbt. Die Kohle kann keinen Farbstoff mehr adsorbieren, da ihre Oberfläche vollständig mit Farbstoff beladen ist. Auf ähnliche Weise können von Aktivkohle auch gasförmige Stoffe adsorbiert werden. Die adsorbierten Stoffe lassen sich von der Aktivkohle wieder abtrennen.

Die Atome oder Moleküle, die einen festen Stoff aufbauen, üben aufeinander **Anziehungskräfte** aus. Diese Kräfte bewirken, daß der feste Körper zusammenhält.

Im Innern eines festen Körpers werden die Anziehungskräfte eines Teilchens 1 nach allen Seiten durch Nachbarteilchen beansprucht (Abb. 2a).

Abb. 2 Schematische Darstellung der Adsorptionswirkung



Bei einem Teilchen 2 in der Oberfläche des Körpers werden die Anziehungskräfte nur nach innen und in der Oberfläche durch Nachbarteilchen in Anspruch genommen (Abb. 2b). Nach außen bleiben sie dagegen frei wirksam.

[1]) sorbere (lateinisch)= in sich ziehen.
[2]) activus (lateinisch) = tätig.

Daher kann ein Teilchen in der Oberfläche eines festen Körpers ein Teilchen 3 eines anderen Stoffes festhalten (Abb. 2c).

Sickert zum Beispiel Farbstofflösung durch Aktivkohle, so werden die Farbstoffmoleküle von den Kohlenstoffatomen, die sich in der Oberfläche der Kohle befinden, angezogen und festgehalten. Das Adsorptionsvermögen der Kohle ist für die einzelnen Gase oder gelösten Stoffe verschieden.



Abb. 3 Aktivkohlepräparate unserer volkseigenen chemischen Industrie

Die Adsorption durch Kohle wird in der Praxis vielseitig angewandt. Aus Aktivkohle bestehen die Kohletabletten, die wir bei Verdauungsstörungen einnehmen (Abb. 3). Sie adsorbieren im Darm Gase und Giftstoffe, die dann mit der Kohle aus dem Körper ausgeschieden werden können. Die Adsorption wird bei vielen Verfahren der chemischen Industrie angewandt. Im VEB Leuna-Werke „Walter Ulbricht" werden Gase mit Hilfe von Aktivkohle entschwefelt (Abb. 4). In den Zuckerfabriken leitet man den gefärbten Zuckersaft durch Kohlefilter. Dadurch werden Farbstoffe und Verunreinigungen entfernt. Auch bei der Produktion von synthetischem Benzin findet Aktivkohle Verwendung. Aktivkohle ist ferner ein wichtiger Bestandteil der Trockenbatterien.

Die Adsorptionswirkung der Aktivkohle wird außerdem zum **Atemschutz** ausgenutzt. In verschiedenen Abteilungen chemischer Betriebe ist die Luft an den Arbeitsplätzen durch gesundheitsschädigende Gase verunreinigt. Dagegen können sich die arbeitenden Menschen schützen. Die Bestimmungen des Arbeitsschutzes sehen an solchen Arbeitsplätzen das Tragen einer **Atemschutzmaske** vor, damit die Gesundheit der Arbeiter

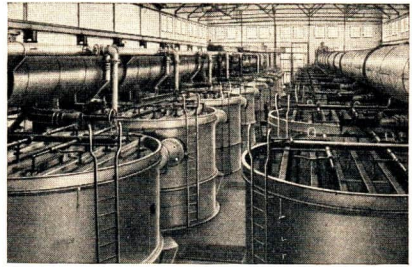


Abb. 4
Aktivkohleadsorber im VEB Leuna-Werke „Walter Ulbricht"

erhalten bleibt. Atemschutzmasken werden auch bei Katastrophenfällen zum Schutze gegen giftige Gase, wie Chlor und Schwefeldioxyd, verwendet. Die Soldaten unserer Nationalen Volksarmee sind ebenfalls mit Atemschutzgeräten ausgerüstet, um bei der Verteidigung unserer Republik auch gegen giftige Gase geschützt zu sein (Abb. 5).



Abb. 5 Atemschutz bei den Soldaten unserer Nationalen Volksarmee



Abb. 6 Atemschutzmaske

Eine Atemschutzmaske besteht aus dem **Maskenkörper** mit den **Augenfenstern,** dem **Ausatemventil** sowie dem **Filter** (Abb. 6). Das Filter wird an die Maske angeschraubt oder mit ihr durch einen Schlauch verbunden. Es kann zum Beispiel eine Schicht Watte und mehrere Schichten Aktivkohle enthalten (Abb. 7). Die Watte hält Schwebstoffe (z. B. fein verteilte Staub- und Rauchteilchen) zurück. Von der Aktivkohle werden gesundheitsschädigende Gase adsorbiert. Der Träger der Atemschutzmaske atmet durch das Filter ein und durch das Ausatemventil aus. Nach längerem Gebrauch kann das Filter keine weiteren Stoffe aufnehmen und läßt die gesundheitsschädigenden Gase durch. Es muß dann ausgewechselt werden. Da die Aktivkohle nicht alle giftigen Gase adsorbiert, gibt es mehrere Sorten von Atemfiltern. Die verschiedenen Filter sind besonders gekennzeichnet, so daß man leicht feststellen kann, vor welchen Gasen das Filter schützt.



Abb. 7 Schnitt durch ein Atemschutzfilter

1. Darstellung und Nachweis. Wir verbrennen Kohlenstoff im Luftstrom. Dabei wollen wir gleichzeitig den Nachweis für Kohlendioxyd kennenlernen.

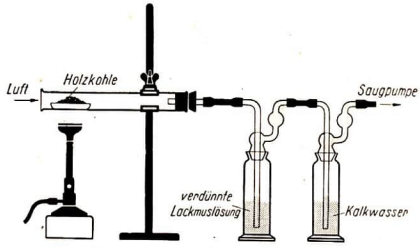


Abb. 8 Verbrennung von Holzkohle im Luftstrom

Versuch 4: *In einem Verbrennungsrohr wird unter Luftzufuhr Holzkohle erhitzt. An das Glasrohr ist eine mit Wasser gefüllte Waschflasche angeschlossen. Das Wasser wird mit violetter Lackmuslösung versetzt. In einer zweiten Waschflasche befindet sich klares Kalkwasser (Abb. 8).*
Beachte den Farbumschlag!
Was beobachtest du in der zweiten Waschflasche?

Kohlenstoff verbrennt im Luftstrom zu Kohlendioxyd:

$$C + 2\,O \rightarrow CO_2. \qquad (1)$$

Erkläre den Vorgang in der ersten Waschflasche!
In der zweiten Waschflasche hat sich das Kohlendioxyd mit Kalkwasser umgesetzt.

Kohlendioxyd bildet mit Kalkwasser **Calciumcarbonat.** Dieses ist schwer löslich, es trübt die Lösung. Eine solche Reaktion wird **Fällung** genannt. In größerer Menge bildet das ausgefällte Calciumcarbonat einen **Niederschlag.** In der Reaktionsgleichung deuten wir das durch einen senkrecht nach unten gerichteten Pfeil an:

$$Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 \downarrow + H_2O. \qquad (2)$$

Wir untersuchen die Einwirkung von Salzsäure auf Calciumcarbonat.

Versuch 5: *Wir filtrieren den Niederschlag von Calciumcarbonat (Versuch 4; zweite Waschflasche). Den Filterrückstand geben wir in ein Reagenzglas. Wir setzen etwas verdünnte Salzsäure hinzu und verschließen sofort mit einem durchbohrten Stopfen, der mit einem Gasableitungsrohr versehen ist. Das Ende des Ableitungsrohres tauchen wir in Kalkwasser (Abb. 9).*
Beobachte das Reaktionsgefäß und die Vorlage!

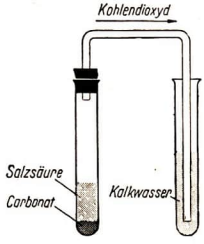


Abb. 9 Einwirkung von Salzsäure auf Calciumcarbonat und Nachweis von Kohlendioxyd

Salzsäure treibt aus Calciumcarbonat die Kohlensäure unter Aufbrausen aus:

$$CaCO_3 + 2\,HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2CO_3 \qquad (3)$$

$$H_2CO_3 \rightarrow CO_2 \uparrow + H_2O. \qquad (3a)$$

In der Vorlage spielt sich wiederum die Reaktion (2) ab, die wir bereits bei Versuch 4 in der zweiten Waschflasche beobachtet haben.

Die schwerer flüchtige Salzsäure verdrängt die leichter flüchtige Kohlensäure aus ihrem Salz. Dabei wird das Calciumchlorid gebildet.

Wie das Calciumcarbonat reagieren auch andere Carbonate mit Salzsäure.

Der Versuch 5 dient zum Nachweis sowohl von Kohlendioxyd als auch von Carbonaten. Er hat große praktische Bedeutung. Die Chemiker geben zu einer in ihrer Zusammensetzung unbekannten Substanz Salzsäure. Wenn sich dabei ein Gas entwickelt, das zum Beispiel nach Reaktion (2) als Kohlendioxyd nachgewiesen wird, so haben sie den Carbonatgehalt dieser Substanz erkannt. Das Kohlendioxyd konnte nur aus einem Carbonat stammen, da es in der Salzsäure nicht enthalten ist. Auf diese Weise prüfen auch die Geologen, ob eine Gesteinsprobe Carbonate enthält.

Versuch 6: *Der Versuch 5 wird mit einer Probe Kalkstein durchgeführt.*

Auch Bodenproben werden so auf Kalkstein und andere Carbonate geprüft.

Versuch 7: *In der Versuchsanordnung nach Abbildung 9 werden verschiedene Bodenproben geprüft. Beobachte, bei welchen Proben sich das Kalkwasser in der Vorlage trübt!*

Neben anderen Untersuchungen hat auch die Prüfung auf Carbonate für die Kenntnis von Nährstoffgehalt und Eigenschaften des Bodens große Bedeutung.

Die Reaktion (3) wird im Laboratorium benutzt, um Kohlendioxyd darzustellen. Man verwendet dazu meist **Marmor,** eine Erscheinungsform des Calciumcarbonats, die in der Natur vorkommt.

Aus Marmor und Salzsäure wird Kohlendioxyd im Kippschen Apparat oder in einem einfachen Gasentwickler dargestellt. Warum stellt man Kohlendioxyd im Laboratorium nicht durch Verbrennen von Kohlenstoff dar?

Kohlendioxyd wird mit Kalkwasser nachgewiesen. Das Kalkwasser trübt sich, weil sich schwerlösliches Calciumcarbonat bildet.

2. Eigenschaften. Wir wollen nun einige wichtige Eigenschaften des Kohlendioxyds kennenlernen.

Versuch 8: *Auf einer Waage wird ein großes Becherglas tariert. Danach leiten wir Kohlendioxyd ein (Abb. 10). Was stellst du fest?*

Versuch 9: *Einen mit Kohlendioxyd gefüllten Zylinder verschließen wir mit einem Stopfen und tauchen ihn da-*

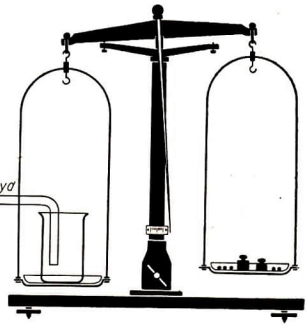


Abb. 10
Ein auf der Waage tariertes Becherglas wird mit Kohlendioxyd gefüllt

nach in kaltes Wasser. Wir lassen etwas Wasser in den Zylinder eintreten und verschließen ihn wieder unter Wasser. Der Zylinder wird geschüttelt. Den Vorgang wiederholen wir einige Male.
Was beobachtest du? Was schließt du aus deinen Beobachtungen?

Versuch 10: *Wir bringen eine brennende Kerze in einen Standzylinder mit Kohlendioxyd.*
Was stellst du fest?

Kohlendioxyd ist ein farbloses und geruchloses Gas. Es ist schwerer als Luft. Wir können daher Standzylinder durch Luftverdrängung mit Kohlendioxyd füllen. 1 Liter Wasser löst bei 15° C 1 Liter Kohlendioxyd.

Kohlendioxyd ist nicht brennbar und unterhält die Verbrennung nicht. Menschen und Tiere ersticken in Kohlendioxyd. Die gleichen Eigenschaften sind uns vom Stickstoff bekannt. Wie kann man Kohlendioxyd und Stickstoff unterscheiden?

Kohlendioxyd ist ein farbloses und geruchloses Gas, das schwerer ist als Luft. Es löst sich in Wasser. Kohlendioxyd ist nicht brennbar und unterhält die Verbrennung nicht.

3. Vorkommen. Wir untersuchen das Vorkommen von Kohlendioxyd in der Luft.

Versuch 11: *Wir lassen eine Schale mit Kalkwasser einige Zeit stehen.*
Was können wir feststellen?

Das Gehalt der Luft an Kohlendioxyd ist verhältnismäßig gering; er beträgt durchschnittlich nur 0,03 Volumenprozente. Trotzdem sind riesige Mengen Kohlenstoff als Kohlendioxyd in der Luft vorhanden, weil die Atmosphäre sehr mächtig ist. Man hat berechnet, daß die Lufthülle der Erde 600 Milliarden Tonnen Kohlenstoff enthält.

Die folgenden Versuche erklären uns, wie der Kohlendioxydgehalt der Luft entsteht.

Versuch 12: *Wir saugen die Verbrennungsgase einer Kerzenflamme oder der Stadtgasflamme durch Kalkwasser (Abb. 11).*
Was stellst du fest?

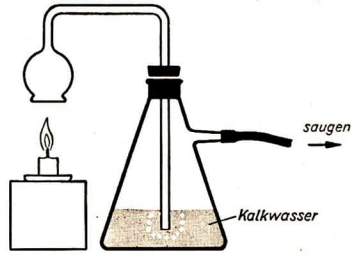


Abb. 11 Nachweis des Kohlendioxyds in den Verbrennungsgasen einer Kerze

Beim Saugen von Luft durch Kalkwasser tritt die Wirkung nicht so schnell auf.

Versuch 13: *Atme durch eine Gaswaschflasche, die mit Kalkwasser gefüllt ist, Luft ein!*
Was beobachtest du?

Versuch 14: *Atme tief ein, halte die Luft etwas an und blase die ausgeatmete Luft langsam in Kalkwasser!*
Was stellst du fest?
Vergleiche mit dem Ergebnis von Versuch 13!

Das Kohlendioxyd der Luft entsteht bei der Verbrennung von Brennstoffen und bei der Atmung.

Unsere Brenn- und Heizstoffe enthalten Kohlenstoff und Kohlenstoffverbindungen, aus denen bei der Verbrennung Kohlendioxyd entsteht.

In Räumen, in denen sich viele Menschen längere Zeit aufhalten (Schulzimmer, Vortragsräume oder Kinosäle), reichert sich die Luft allmählich mit Kohlendioxyd an. Deshalb muß für gute Lüftung gesorgt werden. Bei Neubauten werden die Räume, in denen viele Menschen zusammenkommen, mit modernen Lüftungsanlagen ausgestattet. In Stallungen muß durch eine ausreichende Lüftung für einen niedrigen Gehalt der Stalluft an Kohlendioxyd gesorgt werden.

Bei manchen chemisch-technischen Prozessen (Kalkbrennen, Bierbrauerei, Weinkelterei) entsteht Kohlendioxyd als Nebenprodukt. Sofern es nicht verwertet wird, gelangt es ebenfalls in die Atmosphäre.

Durch die Verbrennung und Atmung werden der Atmosphäre ständig große Mengen Kohlendioxyd zugeführt. Gleichzeitig verbrauchen aber die Pflanzen bei der Assimilation Kohlendioxyd, so daß der Kohlendioxydgehalt der Luft annähernd gleich bleibt.

In Brunnen- und Kanalschächten und Kohlenbunkern kann sich Kohlendioxyd ansammeln. Da beim Einsteigen in solche Räume Erstickungsgefahr besteht, ist es notwendig, vorher auf Kohlendioxyd zu prüfen. Das ist auch in der Landwirtschaft vor Arbeiten in Gärfutterbehältern erforderlich. Die Probe auf Kohlendioxyd erfolgt am einfachsten, indem an einer Leine eine Sicherheitslampe in die zu untersuchenden Räume herabgelassen wird (Lichtprobe, Abb. 12). Erlischt die Flamme, so darf der Raum nicht betreten werden. Durch Schwenken von Brettern oder durch Ausblasen wird das am Boden lagernde Kohlendioxyd ausgetrieben. Erst wenn bei erneuter Lichtprobe die Flamme weiterbrennt, kann mit der Arbeit begonnen werden.

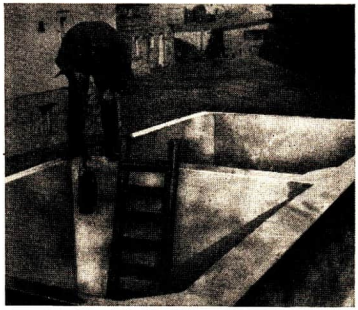


Abb. 12 Ein offener Gärfutterbehälter wird auf Kohlendioxyd geprüft

Vorsicht beim Arbeiten in Brunnenschächten, Kohlebunkern, Gärfutterbehältern usw.! Vor Beginn der Tätigkeit die Lichtprobe durchführen! Kohlendioxyd wirkt erstickend!

4. Verwendung. Kohlendioxyd wird in der Zuckerindustrie sowie bei der Produktion von Soda und Stickstoffdüngern verwendet. Große Mengen werden zur Fabrikation von Selterswasser benötigt. In Gaststätten dient Kohlendioxyd zum Betrieb der Bierdruckapparate. Das Gas drückt das Bier aus dem Faß heraus und erzeugt

den Schaum. Kohlendioxyd kommt in flüssiger Form unter Druck in Stahlflaschen in den Handel.

Durch starke Abkühlung kann flüssiges Kohlendioxyd in festes übergeführt werden. Festes Kohlendioxyd wird als **Trockeneis** bezeichnet. Das Trockeneis geht an der atmosphärischen Luft in gasförmiges Kohlendioxyd über. Dabei wird die Umgebung stark abgekühlt, ohne daß ein Rückstand verbleibt. Trockeneis wird zur Kühlung von Speiseeis und Feinfrosterzeugnissen verwendet. Auch in Kühlwagen wird es benutzt.

Kohlenmonoxyd

Der Kohlenstoff bildet außer dem Kohlendioxyd noch ein weiteres Oxyd. Die Moleküle dieses Oxyds bestehen jeweils aus einem Atom Kohlenstoff und einem Atom Sauerstoff. Die Verbindung hat demnach die Formel **CO**. Sie ist wie das Kohlendioxyd ein Gas und heißt **Kohlenmonoxyd.** Im Molekül des Kohlendioxyds bindet ein Kohlenstoffatom zwei Sauerstoffatome, im Molekül des Kohlenmonoxyds dagegen nur eins (Abb. 13).

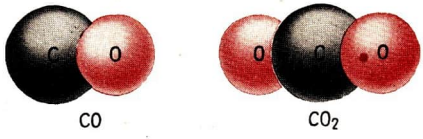


Abb. 13 Molekülmodelle von Kohlenmonoxyd und Kohlendioxyd

1. Darstellung. Aus Kohlendioxyd kann durch Reduktion Kohlenmonoxyd hergestellt werden. Ein kräftiges Reduktionsmittel, zum Beispiel Magnesium, entreißt dem Kohlenstoffatom beide Sauerstoffatome, das heißt, Kohlendioxyd wird zu Kohlenstoff reduziert. Dagegen entzieht ein mildes Reduktionsmittel, zum Beispiel Zink, dem Kohlenstoffatom nur ein Sauerstoffatom. Zink hat ein geringeres Bindungsbestreben zu Sauerstoff als Magnesium. Kohlendioxyd wird in diesem Falle zu Kohlenmonoxyd reduziert.

Versuch 15: *In einem Verbrennungsrohr befindet sich eine Magnesiarinne mit Zinkstaub (Abb. 14). Das mit dem Verbrennungsrohr verbundene U-Rohr enthält Ätznatron, das das nicht reduzierte Kohlendioxyd bindet. Wir erhitzen das Zink kräftig und leiten dann einen langsamen Strom Kohlendioxyd durch das Rohr. Das entstehende Kohlenmonoxyd fangen wir pneumatisch auf.*
Wie verändert sich das Zink?
Den mit Kohlenmonoxyd gefüllten Standzylinder bringen wir mit der Öffnung an eine Flamme.
Was beobachtest du?
Anschließend geben wir etwas Kalkwasser in den Standzylinder und schütteln. Was stellst du fest?

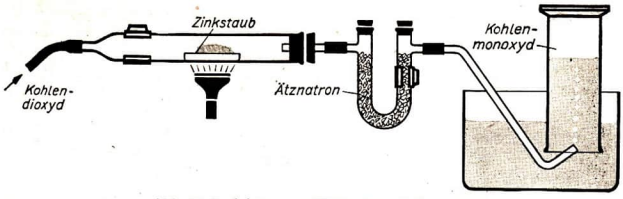


Abb. 14 Reduktion von Kohlendioxyd durch Zink

Zink reduziert Kohlendioxyd zu Kohlenmonoxyd:

$$CO_2 + Zn \rightarrow CO + ZnO.$$

Kohlenmonoxyd verbrennt mit blauer Flamme zu Kohlendioxyd:

$$CO + O \rightarrow CO_2.$$

2. Eigenschaften und Verwendung. Kohlenmonoxyd ist ein farbloses, geruchloses Gas. Es ist etwas leichter als Luft. In Wasser ist es nur wenig löslich. Kohlenmonoxyd ist brennbar. Es verbrennt unter starker Wärmeentwicklung. Sein Bindungsbestreben zu Sauerstoff zeigt, daß Kohlenmonoxyd zu den Reduktionsmitteln gehört. Es wird daher in einer Reihe von technischen Prozessen als Reduktionsmittel angewandt.

Kohlenmonoxyd ist ein farbloses und geruchloses Gas. Es verbrennt mit blauer Flamme zu Kohlendioxyd.

Kohlenmonoxyd ist sehr giftig. Seine Giftigkeit beruht darauf, daß es wesentlich leichter als Sauerstoff vom Blutfarbstoff (Hämoglobin) gebunden wird. Dadurch verliert dieser seine Fähigkeit, in der Lunge Sauerstoff aufzunehmen und ihn zu transportieren. Beim ständigen Einatmen von Kohlenmonoxyd fällt immer mehr Hämoglobin für den Sauerstofftransport im Körper aus. Die Körperzellen werden nur ungenügend mit Sauerstoff versorgt. Sie werden anfangs geschädigt und sterben ab, wenn die Sauerstoffzufuhr ganz aufhört. Bereits geringe Mengen von Kohlenmonoxyd in der Atemluft wirken also auf den Organismus giftig. Die Gefahr einer Kohlenmonoxydvergiftung wird dadurch vergrößert, daß dieses Gas weder sichtbar noch durch den Geruch wahrnehmbar ist.

Die ersten Anzeichen einer Kohlenmonoxydvergiftung äußern sich in Kopfschmerz und Atemnot. Später treten Benommenheit und Bewußtlosigkeit ein. Bei Vergiftungen durch Kohlenmonoxyd muß der Verunglückte sofort an die frische Luft gebracht werden. Gegebenenfalls muß ihm Sauerstoff zugeführt werden. Wenn keine Rettungsmaßnahmen ergriffen werden, tritt der Tod ein.

Im Gemisch mit anderen Gasen dient Kohlenmonoxyd in der Industrie als Heizgas. Auch das Stadtgas enthält Kohlenmonoxyd und ist daher ebenfalls giftig. Niemals darf Stadtgas ausströmen, ohne daß die Flamme entzündet wird! Die Auspuff-

gase der Motoren von Kraftfahrzeugen enthalten Kohlenmonoxyd. Erläutere Abbildung 15!

Kohlenmonoxyd wird nur in besonderen Atemschutzfiltern zurückgehalten. In Räumen, in denen sich Kohlenmonoxyd angesammelt hat, muß der Mensch entweder Sauerstoffatemgeräte oder Atemschutzmasken mit CO-Filter verwenden.

Im Kohlenmonoxyd ist das Sauerstoffatom in besonderer Weise an das Kohlenstoffatom gebunden. Wir können deshalb für das Kohlenmonoxyd keine Strukturformel aufstellen.



Abb. 15 Warnschild an einer Kraftwagenhalle

Vorsicht! Kohlenmonoxyd ist ein besonders gefährliches Atemgift!

Wir stellen in einer Tabelle die Eigenschaften der beiden Oxyde des Kohlenstoffs einander gegenüber.

Tabelle 1. Eigenschaften von Kohlenmonoxyd und Kohlendioxyd

	Kohlenmonoxyd	Kohlendioxyd
Formel	CO	CO_2
Aggregatzustand	gasförmig	gasförmig
Farbe	farblos	farblos
Geruch	geruchlos	geruchlos
Dichte	geringer als die der Luft	größer als die der Luft
Löslichkeit in Wasser	wenig löslich	löslich
Bindungsstreben zu Sauerstoff	ja	nein
Brennbarkeit	brennbar	nicht brennbar
besondere Eigenschaften	sehr giftig	wirkt erstickend

Ein Molekül Kohlenmonoxyd enthält ein Atom Sauerstoff, ein Molekül Kohlendioxyd dagegen zwei. Aus der Gegenüberstellung von Kohlenmonoxyd und Kohlendioxyd in Tabelle 1 erkennen wir, wie mit diesem mengenmäßigen Unterschied auch grundlegend verschiedene Eigenschaften verbunden sind. Wenn zu dem einen Atom Sauerstoff des Kohlenmonoxydes ein weiteres Sauerstoffatom hinzukommt, entsteht ein neuer Stoff, das Kohlendioxyd. Kohlendioxyd hat andere Eigenschaften als Kohlenmonoxyd.

Die Vorgänge im Kohlenofen

Zur Reduktion von Kohlendioxyd kann an Stelle von Zink auch Kohlenstoff als Reduktionsmittel verwendet werden.

Versuch 16: *In der Versuchsanordnung nach Abbildung 14 wird Holzkohle oder körnige A-Kohle stark erhitzt. Dann leiten wir Kohlendioxyd in langsamem Strom darüber.*
Beobachte die Kohle und den Standzylinder!
Das Kohlenmonoxyd weisen wir wie in Versuch 15 nach.

Kohlenstoff reduziert sein eigenes sauerstoffreicheres Oxyd (CO_2) zum sauerstoffärmeren (CO). Er selbst wird dabei zu Kohlenmonoxyd oxydiert:

$$CO_2 + C \rightarrow CO + CO.$$

Das eine Molekül Kohlenmonoxyd ist durch die Reduktion des Kohlendioxydes entstanden, während sich das andere durch die damit verbundene Oxydation des Kohlenstoffs bildete. Wir schreiben jedoch die Reaktionsgleichung für diesen Vorgang besser wie folgt:

$$CO_2 + C \rightarrow 2\,CO.$$

Die Reduktion von Kohlendioxyd durch Kohlenstoff ist einer der chemischen Vorgänge, die sich im Kohlenofen abspielen (Abb. 16).

Das Innere eines Kachelofens ist in **Aschenraum, Verbrennungsraum** und **Züge** geteilt. Die Rauchgase strömen unter Wärmeabgabe durch die Züge. Vor Eintritt in den Schornstein wird der Rauchgasstrom durch eine Klappe oder einen **Schieber** geregelt. Wenn der Ofen angeheizt wird, müssen beide Türen und der Schieber geöffnet sein.

Infolge des natürlichen Zugs im Schornstein wird durch die Tür zum Aschenraum Frischluft eingesogen. Sie strömt von unten her durch den **Rost.** Die auf dem Rost liegende Kohle verbrennt, und es bildet sich Kohlendioxyd (Gleichung 1). Die nicht verbrennbaren Rückstände fallen durch den Rost in den Aschenraum.

Die entstehende Wärme bringt auch die darüberliegenden Kohlenschichten zum Glühen. Die Verbrennungsgase strömen durch diese Schichten. Dabei reduziert der Kohlenstoff das Kohlendioxyd zu Kohlenmonoxyd (Gleichung 2).

Das Kohlenmonoxyd verbrennt an der Oberfläche der Kohle wieder zu Kohlendioxyd (Gleichung 3). Man erkennt diesen Vorgang an den bläulichen Flammen. Zur Verbrennung des Kohlenmonoxyds ist Oberluft nötig. Diese strömt durch die Feuerungstür ein. Deshalb muß auch diese Tür beim Anheizen ein wenig geöffnet sein. An manchen Feuerungstüren ist eine besondere Luftregulierung angebracht.

Wenn die Kohle durchgebrannt ist, können die Türen sowie der Schieber geschlossen werden, damit die Wärme anhält. Bei unsachgemäßer Bedienung des Ofens be-

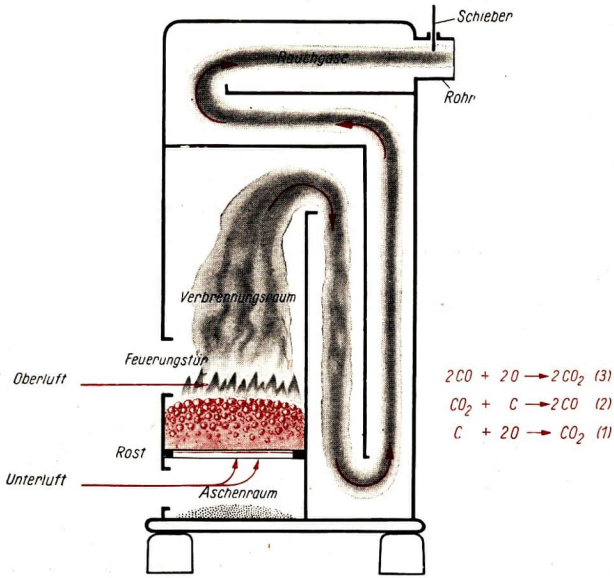


Abb. 16 Chemische Vorgänge im Kohlenofen

steht die Gefahr der Vergiftung durch Kohlenmonoxyd. Wenn zum Beispiel die Feuerungstür zu zeitig geschlossen wird, erhält der Ofen keine Oberluft mehr. Was ist die Folge?

Schließt man den Schieber vorzeitig, so dringen Rauchgase ins Zimmer. Hat der Ofen zu wenig Zug, so ist die Verbrennung unvollständig, und es entsteht Kohlenmonoxyd.

Beim Heizen eines Kohlenofens muß darauf geachtet werden, daß die Türen sowie der Schieber so lange geöffnet bleiben, bis die Kohlen durchgebrannt sind.

Die Feuerungen in der Industrie unterscheiden sich von dem einfachen Kohlenofen, wie er im Haushalt verwendet wird, zum Teil erheblich. Bei Dampfkesseln zum Beispiel, die mit Stückkohle (Rohbraunkohle) beheizt werden, ist der Rost oft

treppenförmig ausgebildet (Abb. 17). Die Kohle rutscht aus einem Vorratsbunker auf die oberste Stufe. Während sie verbrennt, bewegt sie sich von Stufe zu Stufe abwärts und schiebt die entstehende Asche vor sich her. Bei **Industriefeuerungen** wird häufig die notwendige Verbrennungsluft durch Gebläse zugeführt. Der Zug im Schornstein wird oft außerdem durch ein Gebläse unterstützt.

Kohlenstaubfeuerungen haben keinen Rost. Die Kohle wird zu Kohlenstaub gemahlen. Dieser wird mit Luft vermischt durch ein Rohr in die Feuerung eingeblasen.

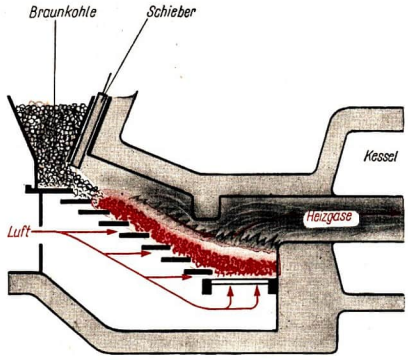


Abb. 17 Schema einer Industriefeuerung

Kohlensäure

Kohlendioxyd ist in Wasser löslich. Beim Einleiten von Kohlendioxyd in Wasser wird ein Teil des Gases, ähnlich wie Sauerstoff, nur physikalisch gelöst. Die Kohlendioxydmoleküle befinden sich in der Lösung frei neben den Wassermolekülen. Ein Teil des gelösten Kohlendioxyds verbindet sich mit Wasser zu Kohlensäure:

$$CO_2 + H_2O \rightarrow H_2CO_3. \qquad (1)$$

Kohlendioxyd ist das Anhydrid der Kohlensäure. In einer Lösung von Kohlendioxyd in Wasser sind also Kohlendioxyd, Wasser und Kohlensäure enthalten.

Beim Erhitzen einer Lösung, die Kohlensäure enthält, entweicht das physikalisch gelöste Kohlendioxyd. Außerdem wird die Kohlensäure zersetzt:

$$H_2CO_3 \rightarrow H_2O + CO_2\uparrow. \qquad (2)$$

Versuch 17: *Wir erhitzen Kohlensäure, die mit Lackmuslösung versetzt ist (Versuch 4, erste Waschflasche).*
Wie ändert sich die Farbe der Lösung?

Kohlensäure ist eine leichtzersetzliche, flüchtige Säure. Wir erkennen, daß die Bildung und Zersetzung der Kohlensäure eine **umkehrbare Reaktion** ist. Reaktion (1) bezeichnen wir als **Hinreaktion.** Der durch Gleichung (2) ausgedrückte Vorgang ist die **Rückreaktion.** Wir fassen beide Gleichungen zusammen:

$$CO_2 + H_2O \rightleftarrows H_2CO_3.$$

Bei niedriger Temperatur verläuft die Reaktion von links nach rechts (oberer Pfeil), bei höherer Temperatur von rechts nach links (unterer Pfeil).

Die Kohlensäure hat säuerlichen Geschmack und reagiert mit Indikatoren. Warum können wir zu Versuchen mit Kohlensäure Selterswasser benutzen? Sie bildet wie andere Säuren Salze. Auf Magnesium wirkt Kohlensäure langsam ein. Dabei entstehen Magnesiumcarbonat $MgCO_3$ und Wasserstoff. Das Verhalten der Kohlensäure zeigt uns, daß sie eine schwache Säure ist.

Kohlensäure ist eine leichtzersetzliche, flüchtige und schwache Säure.

Carbonate

1. Bildung und Eigenschaften. Die Bildung von Carbonaten haben wir schon bei den Versuchen 4 und 11 kennengelernt. In den **Carbonaten** ist der Säurerest der Kohlensäure enthalten. Eine Art zur Bildung eines Carbonats kommt in der folgenden Gleichung zum Ausdruck:

$$Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3\downarrow + H_2O.$$

Dieser Weg zur Darstellung eines Carbonats gehört zu den Vorgängen der Salzbildung. Als Ausgangsstoffe dienen dabei ein Hydroxyd (Kalkwasser) und ein Säureanhydrid (Kohlendioxyd). Es entstehen bei der Reaktion ein Salz (Calciumcarbonat) und Wasser. Für diesen Vorgang können wir die folgende allgemeine Gleichung aufstellen:

Hydroxyd + Säureanhydrid → Salz + Wasser

Die Salzbildung aus Hydroxyd und Säure erkennen wir in der folgenden Gleichung zur Bildung eines Carbonates:

$$Ca(OH)_2 + H_2CO_3 \rightarrow CaCO_3\downarrow + 2\,H_2O$$

Da die Kohlensäure eine leichtflüchtige Säure ist, wird sie von schwerer flüchtigen Säuren, wie zum Beispiel von Schwefelsäure, Salzsäure oder Essigsäure, aus ihren Salzen ausgetrieben. Diese Eigenschaft lernten wir bei der Kohlendioxyddarstellung aus Marmor kennen.

Im folgenden wollen wir einige Carbonate genauer untersuchen.

2. Natriumcarbonat Na_2CO_3. Natriumcarbonat können wir aus konzentrierter Natronlauge und Kohlendioxyd darstellen:

$$2\,NaOH + CO_2 \rightarrow Na_2CO_3 + H_2O.$$

Natriumcarbonat wird auch **Soda** genannt.

Wasserfreie oder calcinierte[1]) Soda Na_2CO_3 ist ein weißes Pulver.

Die Soda wird zur Herstellung einer Reihe wichtiger Erzeugnisse gebraucht. Sie wurde bis vor etwa 150 Jahren ausschließlich aus einigen natürlichen Vorkommen gewonnen, die jedoch den wachsenden Bedarf der sich entwickelnden Industrie nicht befriedigen konnten. Seit Beginn des vorigen Jahrhunderts gibt es jedoch geeignete

[1]) Unter Calcinieren versteht man das Entwässern durch Erhitzen.

Verfahren, die die Herstellung der Soda aus in reichlichen Mengen vorhandenen Bodenschätzen ermöglichen. Dadurch wurde die Industrie von den natürlichen Sodavorkommen unabhängig. In der Deutschen Demokratischen Republik verfügen wir über alle Ausgangsstoffe zur industriellen Sodaerzeugung. Wir besitzen umfangreiche Vorkommen an Kochsalz, Kalkstein und Kohle. Diese Stoffe werden in Sodafabriken verarbeitet. In der Deutschen Demokratischen Republik wird Soda im VEB Sodawerk „Karl Marx", Bernburg und in den volkseigenen Sodafabriken in Staßfurt und Buchenau bei Eisenach hergestellt. Die Sodaproduktion wurde in unserer Republik in den letzten Jahren erheblich gesteigert (Abb. 18), so daß wir heute nicht nur den Bedarf unserer Industrie decken, sondern darüber hinaus noch beträchtliche Sodamengen exportieren können.

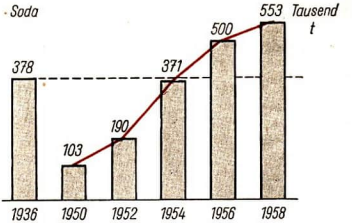


Abb. 18 Entwicklung der Sodaproduktion in der Deutschen Demokratischen Republik

Soda ist ein wichtiger Ausgangsstoff für die chemische Großindustrie. In der Seifen- und Glasindustrie wird sie in großen Mengen gebraucht. Sie ist Ausgangsstoff für die Herstellung anderer Natriumverbindungen, wie Ätznatron, Borax und Natriumphosphat. Wäschereien, Papier- und Farbenfabriken verbrauchen ebenfalls erhebliche Mengen Soda. In der Düngemittelindustrie wird sie zur Herstellung des Stickstoffdüngemittels Natronsalpeter benötigt.

Abbildung 19 gibt einen Überblick über die Verwendung der Soda.

3. Kaliumcarbonat K_2CO_3. Kaliumcarbonat, auch **Pottasche**[1]) genannt, ist ein weißes Salz. Es ist hygroskopisch.

Industriell wird Kaliumcarbonat zum Beispiel durch Einleiten von Kohlendioxyd in Kalilauge hergestellt:

$$2\,KOH + CO_2 \rightarrow K_2CO_3 + H_2O.$$

Die Seifenindustrie verwendet Kaliumcarbonat als Ausgangsstoff für die Erzeugung von Schmierseifen. Die Glasindustrie braucht es zur Herstellung von bestimmten Glassorten. In Färbereien, Bleichereien und Wollwäschereien wird Kaliumcarbonat als Reinigungsmittel benutzt.

Natriumhydrogencarbonat

1. Zusammensetzung und Eigenschaften. Ein Molekül Kohlensäure enthält zwei Wasserstoffatome, die durch Metall ersetzbar sind. Bei den bisher behandelten Carbonaten sind zwei einwertige oder ein zweiwertiges Metallatom an die Stelle der beiden Wasserstoffatome getreten.

Es gibt aber auch Salze der Kohlensäure, bei denen nur ein Wasserstoffatom durch Metall ersetzt ist. In einem Molekül eines solchen Salzes ist zum Beispiel neben dem

[1]) Früher gewann man Kaliumcarbonat durch Auslaugen von Holzasche und Eindampfen der Lauge in „Pötten".

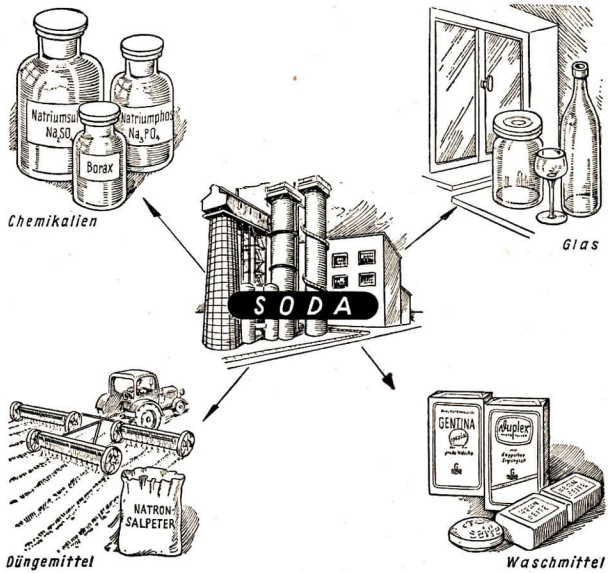
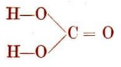
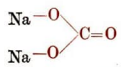
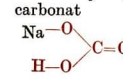


Abb. 19 Verwendung der Soda

Natriumatom noch ein Wasserstoffatom enthalten. Die Verbindung heißt **Natriumhydrogencarbonat[1]).**

Kohlensäure	Natriumcarbonat	Natriumhydrogencarbonat
		
H_2CO_3	Na_2CO_3	$NaHCO_3$

Die Kohlensäure bildet zwei Reihen von Salzen, die Carbonate und die Hydrogencarbonate. Bei den Carbonaten sind beide Wasserstoffatome der Kohlensäure durch Metallatome ersetzt, bei den Hydrogencarbonaten nur eins.

[1]) „hydrogen" weist auf den Wasserstoffgehalt dieses Salzes hin.

Natriumhydrogencarbonat $NaHCO_3$, ein weißes Pulver, ist in Wasser etwas schwerer löslich als Natriumcarbonat. Es ist vielfach noch unter den älteren Bezeichnungen **Natriumbicarbonat** oder **Natron** im Handel. Wir untersuchen einige Eigenschaften des Natriumhydrogencarbonats.

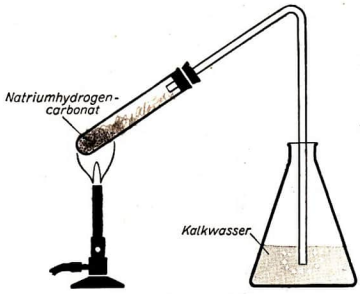


Abb. 20
Erhitzen von Natriumhydrogencarbonat und Nachweis des entstehenden Kohlendioxyds

Versuch 18: *Wir erhitzen festes Natriumhydrogencarbonat in einem Reagenzglas. Das Reagenzglas wird mit einem durchbohrten Stopfen verschlossen, durch den ein winkelförmig gebogenes Glasrohr in eine Vorlage mit Kalkwasser führt (Abb. 20). Beobachte die Vorlage!*

Die Gleichung für den Vorgang im Reagenzglas lautet:

$$2\,NaHCO_3 \rightarrow Na_2CO_3 + H_2O + CO_2 \uparrow .$$

Stelle die Gleichung für den Vorgang in der Vorlage auf!

Wir erkennen, daß Natriumhydrogencarbonat durch Erhitzen zersetzt wird.

Versuch 19: *Wir geben in der Versuchsanordnung nach Abbildung 9 auf festes Natriumhydrogencarbonat verdünnte Salzsäure. Beobachte den Vorgang im Reaktionsraum und das Kalkwasser!*

Natriumhydrogencarbonat wird auch durch Salzsäure zersetzt. Die Gleichung dafür lautet:

$$NaHCO_3 + HCl \rightarrow NaCl + H_2O + CO_2 \uparrow .$$

2. Verwendung. Natriumhydrogencarbonat wird in Feuerlöschern verwendet. Es ist ferner ein Bestandteil des Backpulvers sowie des Brausepulvers.

Die im Versuch 19 beobachtete Reaktion wird im **Naßfeuerlöscher** ausgenutzt. Ein Modell soll die Wirkungsweise eines solchen Feuerlöschers zeigen.

Versuch 20: *Eine Flasche ist mit einer Lösung von Natriumhydrogencarbonat gefüllt (Abb. 21). Das Reagenzglas enthält Salzsäure. Mit dem Glasstab stoßen wir den dünnen Boden des Glases durch. Erkläre, warum die Flüssigkeit in kräftigem Strahl aus der Flasche gedrückt wird!*

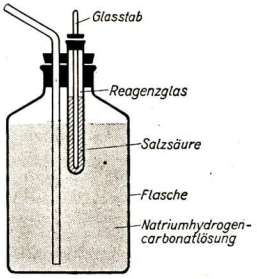


Abb. 21 Modell eines Naßfeuerlöschers

Nach der Art des Modells vom Versuch 20 arbeitet der im folgenden beschriebene Naßfeuerlöscher (Abb. 22), der im VEB Feuerlöschgerätewerk Neuruppin hergestellt wird. Das Gerät besteht aus einem zylindrischen Blechkörper mit Steigrohr, Spritzdüse und Schlagstift (Abb. 23). Es ist mit einer Lösung von Natriumcarbonat oder Natriumhydrogencarbonat gefüllt. In dem Drahtkorb befindet sich ein Glasbehälter mit Säure.



Abb. 22 Naßfeuerlöscher vom VEB Feuerlöschgerätewerk Neuruppin

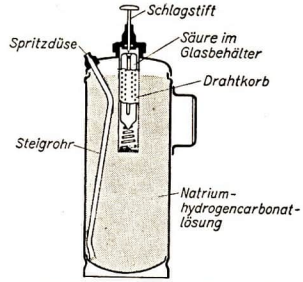


Abb. 23 Schnitt durch einen Naßfeuerlöscher

Bei Gebrauch wird der Schlagstift kräftig eingeschlagen. Er zertrümmert dadurch den Glasbehälter. Die Säure läuft aus und reagiert mit der Salzlösung. Es entwickelt sich Kohlendioxyd. Unter Aufschäumen drückt das Gas die Flüssigkeit durch die Spritzdüse. Den Strahl richtet man auf die Flamme. Das Feuer wird so nicht nur unter die Entzündungstemperatur abgekühlt, sondern auch durch das Kohlendioxyd erstickt.

Bei Bränden, die mit Wasser nicht bekämpft werden dürfen (Benzin- oder Ölbrände), kann die Anwendung des beschriebenen Naßfeuerlöschers nicht erfolgen. In diesem Falle wird zum Beispiel der **Kohlensäureschneelöscher** benutzt. Kohlensäureschnee (Trockeneis) kühlt infolge seiner niedrigen Temperatur und des Übergangs in den gasförmigen Zustand den brennenden Stoff stark ab. Außerdem wird der Zutritt von Luftsauerstoff zur Flamme unterbunden. Die Anwendung des Kohlensäureschneelöschers ist auch deshalb besonders vorteilhaft, weil das Kohlendioxyd beim Löschen keine Schäden verursacht. Bei der Anwendung von Wasser als Löschmittel können zum Beispiel Löschschäden entstehen, wenn es auf andere Stoffe einwirkt.

Trockenfeuerlöscher, wie sie im VEB Feuerlöschgerätewerk Apolda hergestellt werden (Abb. 24), bestehen aus einem zylindrischen Stahlblechbehälter, der Löschpulver (Natriumhydrogencarbonat) enthält, und einer Stahlflasche mit flüssigem Kohlendioxyd. Wird das Ventil an der Flasche geöffnet, so verdampft Kohlendioxyd. Es strömt in den Behälter und schleudert das Natriumhydrogencarbonat auf die

Brandstelle. Dort erfolgt durch die Hitze die Reaktion, wie wir sie im Versuch 18 kennenlernten.

Erkläre die Löschwirkung des Trockenfeuerlöschers!

Die Anwendung des Trockenlöschers in Bibliotheken, Warenhäusern usw. vermeidet ebenfalls Löschschäden.

In der Nähe elektrischer Anlagen (Elektromotoren, Schalttafeln, Transformatoren) dürfen wegen der Gefahr eines Kurzschlusses nur Feuerlöschmittel verwendet werden, die kein Wasser enthalten. Welche von den genannten Feuerlöschern sind bei Bränden an elektrischen Anlagen geeignet?



Abb. 24 Trockenfeuerlöscher vom VEB Feuerlöschgerätewerk Apolda

Kalkstein

1. Vorkommen. Das in der festen Erdrinde am weitesten verbreitete Salz der Kohlensäure ist das **Calciumcarbonat $CaCO_3$.** Es kommt in der Natur als Kalkstein, Kreide und Marmor vor.

Kalkstein ist durch Ton verunreinigtes Calciumcarbonat verschiedener Färbungen (weiß, gelblich, rötlich, grau). Seine Härte ist verhältnismäßig gering. Bei stärkerem Tongehalt heißt der Kalkstein **Mergel.**

Wir verfügen in der Deutschen Demokratischen Republik über umfangreiche Kalksteinvorkommen. Sie befinden sich hauptsächlich am Rand der Mittelgebirge. Die wichtigsten Abbaugebiete liegen in der Nähe von Rüdersdorf bei Berlin, bei Rübeland im Harz, bei Lengefeld im Erzgebirge und im Unstrutgebiet bei Karsdorf.

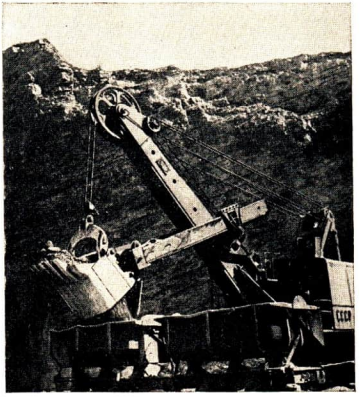


Abb. 25 Löffelbagger beim Verladen des abgebauten Kalksteins im Kalksteinbruch des VEB Kalk-, Zement- und Betonwerke Rüdersdorf

Kalkstein wird in Steinbrüchen gewonnen. Dort wird er abgesprengt. Moderne Bagger erleichtern das Verladen und gestatten die Gewinnung großer Mengen dieses Stoffes (Abb. 25). Auch der Ackerboden enthält Calciumcarbonat in feiner Verteilung. Das hat für das Wachstum der Pflanzen große Bedeutung.

Kreide ist eine erdige, weiche Form des Kalksteins. Sie setzt sich aus kleinen Kalkschalen vorgeschichtlicher Schnecken und Muscheln sowie winzigen Kalkkörnchen zusammen. Diese Bestandteile sind mikroskopisch klein.

Größere Mengen Kreide findet man auf der Insel Rügen. Im VEB Vereinigte Kreidewerke Saßnitz wird die Kreide mechanisiert abgebaut (Abb. 26) und durch Schlämmen gereinigt. Kreide wird für die Herstellung von Putzmitteln und Kitten verwendet. Die Maler benutzen Schlämmkreide als Anstrichfarbe.

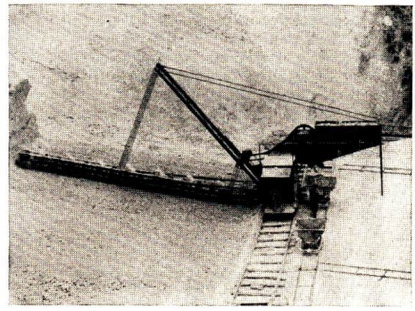


Abb. 26 Kreideabbau mit Hilfe eines Eimerkettenbaggers in einem Kreidebruch des VEB Vereinigte Kreidewerke Saßnitz

Marmor ist eine weniger häufige Art des natürlich vorkommenden Calciumcarbonats. Er besteht aus kleinen Calciumcarbonatkörnchen, die in tieferen Schichten der Erde durch großen Druck aneinandergepreßt worden sind.

Weißer Marmor ist sehr reines Calciumcarbonat, während der bunte durch Verunreinigungen, besonders Eisenoxyde, gefärbt ist.

In der Deutschen Demokratischen Republik wird Marmor in der Nähe von Saalburg abgebaut und bearbeitet. Polierter Marmor wird als wertvoller Baustein für Fassaden und zur Innenausstattung von Gebäuden verwendet.

2. Entstehung. Im Kalkstein, in der Kreide und im Marmor werden vielfach Reste ausgestorbener Meerestiere gefunden (Abb. 27). Derartige Funde geben uns über die Entstehung der Kalksteinvorkommen Auskunft.

In der erdgeschichtlichen Vergangenheit waren weite Teile der Erdoberfläche, die heute zum Festland gehören, von Meeren bedeckt. Diese Meere wurden von zahlreichen Kalkschalentieren bevölkert. Reste der abgestorbenen Tiere setzten sich im Laufe von Jahrmillionen auf dem Meeresboden schichtweise ab.



Abb. 27 Kalkstein mit Muschelresten

Oft kamen noch andere Stoffe, zum Beispiel Ton, dazu. Die Schichten wurden durch großen Druck zusammengepreßt und erhärteten.

Die Meeresablagerungen und die anderen Vorgänge bei der Entstehung des Kalksteins fanden auf der Erde statt, lange bevor der Mensch existierte. Der Mensch konnte dennoch diese Vorgänge durch systematische Untersuchungen erkennen und feststellen, wie sich die Erde vor vielen Millionen Jahren allmählich veränderte. Wir wissen heute, daß die Entstehung des wichtigen Ausgangsstoffes Kalkstein das Ergebnis des Wirkens von bestimmten Naturgesetzen ist.

3. Verwendung. Die Kalksteinvorkommen unserer Republik haben große wirtschaftliche Bedeutung.

Ein Teil des geförderten Kalksteins wird nach der Zerkleinerung in der Metallurgie und in der Landwirtschaft verwendet. Bei der Eisen- und Stahlerzeugung dient Kalkstein als Zuschlagstoff. Gemahlener Kalkstein findet in der Landwirtschaft als Kalkdünger Verwendung (Abb. 28). Er bindet Bodensäuren, lockert den Boden, wirkt anregend auf die Bakterientätigkeit und erhöht die Widerstandsfähigkeit der Pflanzen gegenüber Krankheiten.

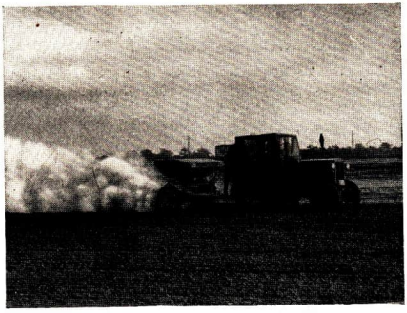


Abb. 28 Düngerstreuer für Kalk

Der größte Teil des Rohkalksteins wird in der Industrie durch chemische Vorgänge umgewandelt. In der Baustoffindustrie ist er ein wichtiger Ausgangsstoff für die Zementproduktion.

Auf der Grundlage von Kohle und Kalkstein werden viele hochwertige Plaste und Chemiefasern hergestellt. Dazu wird der Kalkstein zunächst mit Koks zu Calciumcarbid umgewandelt. Große Mengen Kalkstein werden im VEB Chemische Werke Buna Schkopau und im VEB Stickstoffwerk Piesteritz für die Herstellung von Calciumcarbid gebraucht.

Calciumcarbid ist neben Stickstoff Ausgangsstoff für die Erzeugung des Düngemittels Kalkstickstoff im VEB Stickstoffwerk Piesteritz. Schließlich wird Kalkstein zur Produktion von Soda, Glas, Zellstoff und anderen Erzeugnissen benötigt.

4. Die Erzeugung von Branntkalk. Der größte Teil des in der Deutschen Demokratischen Republik abgebauten Kalksteins wird zu Branntkalk verarbeitet.

Wir werden nun das technische Verfahren zur Erzeugung von Branntkalk kennenlernen.

a) Chemische Grundlagen

Wir untersuchen den wichtigsten Vorgang bei der Erzeugung von Branntkalk durch einen Versuch.

Versuch 21: *Calciumcarbonat wird in einem dickwandigen, schwerschmelzbaren Reagenzglas geglüht. Das entstehende Gas leiten wir in Kalkwasser. Beobachte das Kalkwasser!*

Bei starkem Erhitzen geht Calciumcarbonat unter Abgabe von Kohlendioxyd in **Calciumoxyd** über:

$$CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2 \uparrow .$$

Das feste Reaktionsprodukt, das Calciumoxyd, wird als **Branntkalk** bezeichnet.

Beim Brennen von Kalkstein entsteht Branntkalk, während Kohlendioxyd entweicht.

b) Technische Durchführung

Zum **Brennen** des Kalksteins werden in der Industrie verschiedene Ofenarten verwendet. Zu ihnen gehört der **Schachtofen.** Der Schachtofen hat die Form eines aufrechtstehenden Rohres (Abb. 29). Er ist aus Schamottesteinen gemauert und von einem Eisenmantel umgeben.

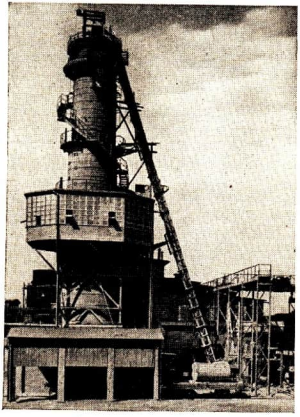


Abb. 29 Moderner Schachtofen mit Schrägaufzug im VEB Stickstoffwerk Piesteritz

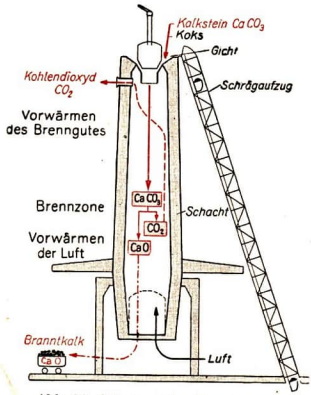


Abb. 30 Schematische Darstellung eines Schachtofens

Am oberen Ende des Schachtofens befinden sich die Einfüllöffnung und der Gasaustritt. Die obere Öffnung des Schachtes heißt **Gicht.** Durch die Gicht werden dem Schachtofen schichtweise Kalkstein und Koks zugeführt. Am unteren Ende des Ofens befinden sich Öffnungen für den Luftzutritt und den Abstich des Branntkalks.

Im Schachtofen laufen zwei verschiedene Prozesse ab. Der Hauptprozeß ist die Zersetzung des Kalksteins. Er verläuft bei einer Temperatur von etwa 1 000° C. Diese Temperatur wird durch den zweiten Prozeß, die Verbrennung des Kokses, erzeugt.

Beim Betrieb des Schachtofens füllt man durch die Gicht abwechselnd Kalkstein und Koks ein. In Abbildung 30 sind die Vorgänge im Schachtofen schematisch dargestellt. Das Brenngut rutscht im Schacht langsam nach unten. Es wird im oberen Teil des Ofens durch die aufwärts strömenden heißen Gase vorgewärmt. Dadurch kann die Wärme dieser Gase ausgenutzt werden.

In der Mitte des Schachtofens, in der **Brennzone,** findet die Zersetzung des Kalksteins statt. Der entstehende heiße Branntkalk wird durch die von unten zuströmende Luft abgekühlt und diese dadurch vorgewärmt. Der Branntkalk wird aus dem Ofen in Form von großen, weißen Stücken abgezogen.

Der Koks verbrennt im Schachtofen mit dem Sauerstoff der von unten zuströmenden Luft zu Kohlendioxyd. Das Kohlendioxyd, das beim Brennen des Kalksteins und beim Verbrennen des Kokses entsteht, strömt im Schacht nach oben. Es wird zusammen mit dem Stickstoff aus der Verbrennungsluft durch seitliche Rohre unterhalb der Gicht abgesaugt.

Während sich im Schacht das Brenngut nach unten bewegt, strömen die Gase in entgegengesetzter Richtung nach oben. Dadurch erfolgt der Wärmeaustausch zwischen diesen Stoffen. Wir sagen, Brenngut und Gase bewegen sich im Gegenstrom. Das **Gegenstromverfahren** wird bei chemisch-technischen Prozessen häufig angewandt.

Der Schachtofen arbeitet ohne Unterbrechung. Ständig werden die Ausgangsstoffe zugeführt und die Endprodukte abgezogen. Man spricht von einer **kontinuierlichen**[1]) **Arbeitsweise.**

Das Kalkbrennen wird in Schachtöfen durchgeführt. Kalkstein und Koks bewegen sich dabei im Gegenstrom mit Gasen. Das Brennen des Kalksteins erfolgt in kontinuierlicher Arbeitsweise.

Das Brennen von Kalk wird in vielen Industriebetrieben durchgeführt. Wir finden Öfen zum Brennen von Kalk in Betrieben der Baustoff- und Zuckerindustrie, in Sodafabriken, in Werken der Metallurgie usw. In der Deutschen Demokratischen Republik gibt es Schachtöfen zum Brennen von Kalk zum Beispiel im VEB Kalk-, Zement- und Betonwerke Rüdersdorf bei Berlin, im VEB Kalk- und Travertinwerke Weimar-Ehringsdorf, im VEB Sodawerke Staßfurt und im VEB Maxhütte Unterwellenborn.

Wichtige Baustoffe

1. Kalkmörtel. Branntkalk wird im Bauwesen zur Bereitung von Kalkmörtel benötigt.

Wir lernen die Vorgänge bei der Bereitung und Verwendung dieses Bindemittels kennen.

a) Chemische Grundlagen

Branntkalk wird mit Wasser versetzt.

[1]) continuus (lateinisch) = zusammenhängend

Versuch 22: *Auf Calciumoxyd geben wir tropfenweise Wasser. Beschreibe, was du beobachtest! Wir setzen einige Tropfen Phenolphthaleinlösung hinzu. Was stellst du fest?*

Unter Erwärmung und Aufnahme von Wasser wandelt sich der Branntkalk in ein weißes Pulver, **Calciumhydroxyd**, um:

$$CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2. \qquad (2)$$

Der Vorgang wird als **Löschen** des Kalkes bezeichnet. Das Reaktionsprodukt heißt Kalkhydrat oder **Löschkalk.**

Kalkmörtel wird aus Löschkalk, Sand als Zuschlagstoff und Wasser hergestellt. Er nimmt allmählich Kohlendioxyd aus der Luft auf. Dabei setzt sich das Calciumhydroxyd zu Calciumcarbonat um, während der Sand chemisch unverändert bleibt:

$$Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O. \qquad (3)$$

Diese Umsetzung wird als **Abbinden** des Mörtels bezeichnet. Durch das Abbinden wird der Mörtel hart.

b) Technische Durchführung

Zur Herstellung von Mörtel wird der Branntkalk gelöscht. Das Löschen des Kalks wird meist in Löschsilos durchgeführt. Unter starker Wärmeentwicklung (Temperatur bis 170° C) verbindet sich der Branntkalk mit Wasser zu Löschkalk. Dabei verdampft ein Teil des Wassers. Neben dem Löschkalk kommt auch **Karbidkalkhydrat** in den Handel. Es entsteht als Nebenprodukt bei der Erzeugung von Gummi im VEB Chemische Werke Buna Schkopau.

Bei der Bereitung des Mörtels wird der Löschkalk mit drei bis vier Raumteilen Sand unter Zusatz von Wasser gemischt. Der Sand hat die Aufgabe, den Kalkmörtel porös und luftdurchlässig zu machen. Das ist für das Abbinden wichtig.

Der Mörtel wird nun zum Mauern und Putzen verwendet. Unter der Einwirkung des Kohlendioxyds der Luft bindet der Mörtel ab. Dabei wird Wasser abgegeben, und der Mörtel erhärtet.

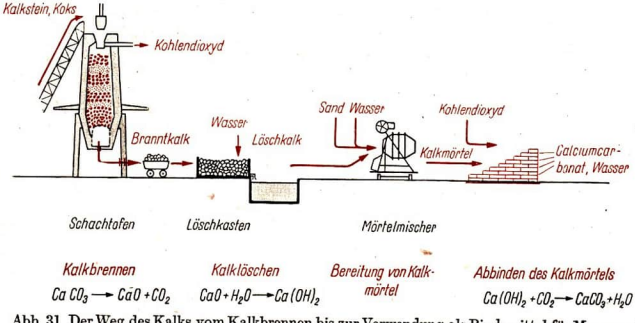


Abb. 31 Der Weg des Kalks vom Kalkbrennen bis zur Verwendung als Bindemittel für Mauerwerk

Abbildung 31 zeigt schematisch den Weg des Kalks vom Kalkbrennen bis zu seiner Verwendung als Bindemittel für Mauerwerk.

Beim Erhärten des Mörtels müssen sowohl das zur Bereitung des Mörtels verwendete Wasser als auch das Wasser, das durch die chemische Umsetzung frei wird, verdunsten. Deshalb sind in Neubauwohnungen die Wände anfangs feucht.

2. Zement. Kalkmörtel kann nicht bei allen Bauten verwendet werden. Zum Bau von Brückenpfeilern und Staudämmen ist der Kalkmörtel zum Beispiel nicht geeignet, da er für diese Zwecke eine zu geringe Festigkeit aufweist und nur an der Luft erhärtet. In solchen Fällen werden Baustoffe verwendet, zu deren Herstellung Zement erforderlich ist.

Je nach den Rohstoffen und den Bedingungen für die Herstellung unterscheidet man verschiedene Arten von Zement. Eine der wichtigsten Arten ist der **Portlandzement.**

Ausgangsstoffe für die Herstellung von Portlandzement sind vor allem Kalkstein und Ton. Auch Mergel kann verwendet werden. Warum?

Die Ausgangsstoffe werden zunächst aufbereitet. Etwa 70% Kalkstein und 27% Ton werden in **Kugelmühlen** fein gemahlen und gemischt (Abb. 32). Eine Kugelmühle besteht im wesentlichen aus einem rotierenden Rohr, in dem sich zahlreiche Stahlkugeln befinden. Durch die Drehbewegung werden die in die Kugelmühle eingesetzten Stoffe von den herabfallenden Kugeln zerschlagen und schließlich fein zerkleinert. Man erhält das Rohmehl, das vor seiner weiteren Verarbeitung unter Zusatz von Wasser zu etwa haselnußgroßen Kugeln verformt wird.

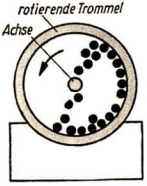


Abb. 32 Schematische Darstellung einer Kugelmühle

Der Brennprozeß wird in **Drehrohröfen** (Abb. 33) durchgeführt, die die Form eines Rohres haben. Sie bestehen aus einem Stahlblechmantel mit feuerfester Ausmauerung. Ihre Länge beträgt 40 bis 150 m, der Durchmesser 2 bis 4 m. Das Rohr ist leicht geneigt und wird langsam um seine Längsachse gedreht.

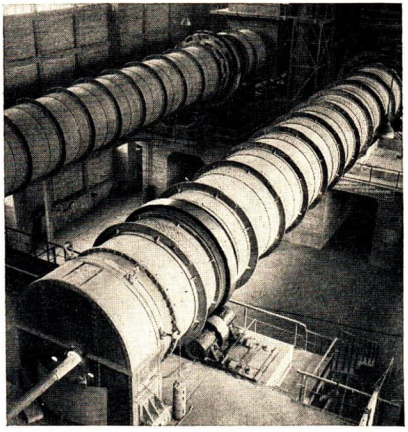


Abb. 33 Drehrohrofen im VEB Kalk-, Zement- und Betonwerke Rüdersdorf

Zur Heizung des Drehrohrofens wird am unteren Ende durch ein Rohr Kohlenstaub eingeblasen. Durch die Verbrennung des Kohlenstaubes wird die für den Brennprozeß erforderliche hohe Temperatur von 1400 bis 1500° C erzielt. Die Verbrennungsgase verlassen das Rohr am oberen Ende.

Der Drehrohrofen wird von oben her mit den Rohmehlkugeln beschickt. Durch die Drehung des Ofens bewegen sie sich den aufwärts strömenden heißen Gasen entgegen. Das Brenngut wird dadurch vorgewärmt und die Wärme der Brenn- und Verbrennungsgase ausgenutzt. Im Drehrohrofen findet also das Gegenstromverfahren Anwendung (Abb. 34).

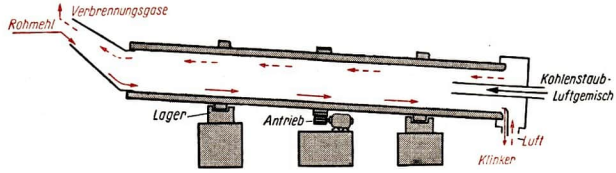


Abb. 34 Schematische Darstellung eines Drehrohrofens

Beim Brennen entstehen aus dem vorgewärmten Brenngut kleine Brocken, die **Klinker.** Der Brennprozeß erfolgt kontinuierlich. Er muß von den Arbeitern durch die Entnahme von Proben der Verbrennungsgase und der Klinker sorgfältig überwacht werden. In einem modernen vollautomatischen Zementwerk bedienen die Arbeiter von einem Schaltraum aus die Anlagen.

Die Klinker werden in einer Kühltrommel im Luftstrom abgekühlt. Die aus der Trommel austretende vorgewärmte Luft führt man der Kohlenstaubfeuerung des Drehrohrofens als Verbrennungsluft zu.

Die abgekühlten Klinker werden unter Zugabe von Gips staubfein gemahlen. In dieser Form kommt der Portlandzement in den Handel.

Zum Transport von Zement werden neuerdings **Silowagen** verwendet. Die Vorteile gegenüber dem bisher üblichen Versand des Zements in Papiersäcken bestehen darin, daß das Verladen wesentlich schneller und ohne jede körperliche Anstrengung erfolgt. Beim Transport fallen die Verluste durch Verschütten weg.

Wir fassen die Prozesse der Zementfabrikation zusammen.

Aufbereitung der Ausgangsstoffe:

Mahlen und Mischen von Kalkstein und Ton.

Umsetzung im Reaktionsraum:

Brennen des Rohmehles bei hoher Temperatur im Drehrohrofen.

Endbehandlung des Rohprodukts:

Abkühlen und Mahlen der Klinker unter Gipszusatz

Hochofenzement und **Eisenportlandzement** enthalten etwa 70 % bzw. 30 % Hochofenschlacke, die bei der Roheisenerzeugung in den Eisenwerken als Nebenprodukt anfällt. Diese Schlacke hilft den Ausgangsstoff Ton einzusparen. Hochofenschlacke wird zum Beispiel im VEB Hüttenzementwerk Ost, Stalinstadt, der unmittelbar neben dem VEB Eisenhüttenkombinat J. W. Stalin gebaut wurde, zu Zement verarbeitet.

Als Bindemittel wird Zement ähnlich wie Löschkalk bereitet. Er hat aber andere Eigenschaften, die auf dem Zusatz von Ton oder Hochofenschlacke beruhen.

Zur Bereitung von **Zementmörtel** wird ein Teil Zement mit etwa drei Teilen Sand unter Beigabe von Wasser zu einem Brei vermischt. Der Zementmörtel verfestigt sich unter Aufnahme von Wasser und wird allmählich hart. Da er zum Abbinden kein Kohlendioxyd braucht, kann er auch zu Wasserbauten verwendet werden. In diesem Falle nimmt man weniger Sand (1 Teil Zement auf 1 bis 2 Teile Sand).

Zementmörtel wird nicht nur wie Kalkmörtel als Bindemittel verwendet, sondern dient auch als selbständiger Baustoff. Man stellt daraus Bauteile wie Säulen, Träger, Blocksteine, Platten und Röhren her.

Durch Vermengen von Zement mit Kies oder Schotter erhält man den wichtigen Baustoff **Beton.** Das Gemisch von Zement und Zuschlagstoffen wird in Mischmaschinen (Abb. 35) mit Wasser angerührt und in Verschalungen eingestampft oder in Holzformen gegossen.

Vielfach werden Stahlstäbe oder Stahldrahtgeflecht in den Beton eingebettet (Abb. 36). Dadurch erhält er besondere Zugfestigkeit. Beton mit solchen Einlagerungen heißt **Stahlbeton.**

Beton ist der wichtigste Baustoff für Großbauten aller Art. Aus ihm werden zum Beispiel Staudämme, Schleusenanlagen und Brücken errichtet. Neuerdings stellt man auch Eisenbahnschwellen aus Beton her.

Die Abbildung 37 gibt eine Übersicht über die Herstellung von Zement, Zementmörtel und Beton.



Abb. 35 Betonmischanlage auf einer Baustelle in unserer Republik

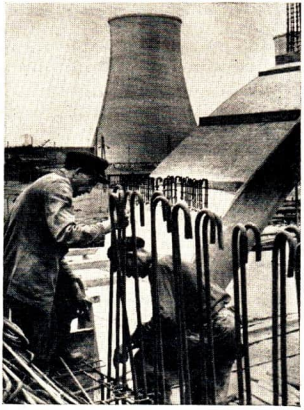


Abb. 36 Herstellen von Stahlbeton beim Aufbau im Kombinat „Schwarze Pumpe"

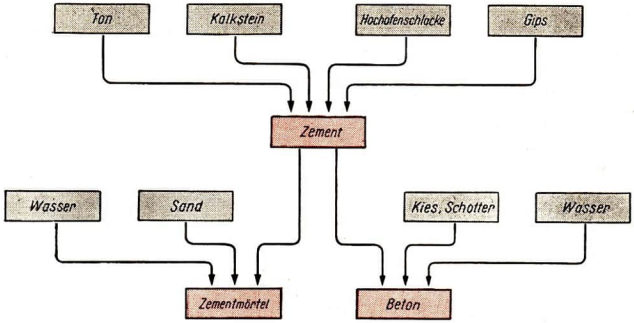


Abb. 37 Übersicht über die Herstellung von Zement, Zementmörtel und Beton

5. Weitere Bindemittel. Außer Kalk und Zement gibt es noch andere Bindemittel. Zu diesen gehört zum Beispiel der **Gips.** Durch Brennen von Naturgips bei 120 bis 180° C entsteht Stuckgips.

> **Versuch 23:** *Zwei Gewichtsteile gebrannter Gips werden in einen Gewichtsteil Wasser eingestreut und zu einem Brei verrührt. Wir geben diesen Brei auf eine dünn eingefettete Münze, um deren Rand wir einen 2 cm breiten Papierstreifen gelegt haben. Prüfe nach 10 Minuten das Erhärten des Breies mit dem Fingernagel und nimm dann die fertige Gipsform ab!*

Innerhalb von 20 Minuten wird der Gipsbrei hart. Dabei bilden sich feinfaserige Gipskristalle, die ineinander übergehen. Beim Abbinden des Gipses tritt eine starke Erwärmung auf, und das Volumen nimmt zu. Gips dringt deshalb in alle Fugen ein; das ist für seine Verwendung in der Bauindustrie von Bedeutung.

Gips erhärtet nur an der Luft. Darauf gehen wir hier nicht näher ein.

Ein Gemisch von Stuckgips, Kalk, Sand und Wasser heißt **Stuck.** Er wird zur Herstellung von Ver-

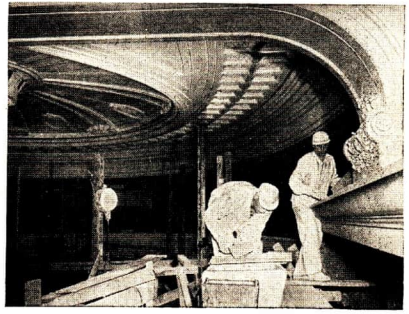


Abb. 38 Stuckarbeiten beim Wiederaufbau der Deutschen Staatsoper Berlin

zierungen und Gesimsen an Decken und Wänden verwendet (Abb. 38). Stuckgips wird ferner zum Einlassen von Dübeln gebraucht. Auch Gipsdielen und Gipsbauplatten mit Füllstoffen, zum Beispiel Sägemehl, Holzwolle oder Glasfasern, werden daraus hergestellt.

Die Verwendung von Gipsbauplatten gestattet einen schnelleren Ausbau der Rohbauwohnungen, da hier das Verputzen der Wände mit Mörtel wegfällt.

Die Baustoffindustrie der Deutschen Demokratischen Republik

In unserer Republik werden für die zahlreichen Bauvorhaben riesige Mengen Baustoffe benötigt. Wir verfügen über günstige Voraussetzungen, diese Stoffe zu produzieren. Die Ausgangsstoffe für die Kalk- und Zementproduktion finden wir in ausreichenden Mengen im eigenen Lande. Sie werden in den Betrieben unserer Baustoffindustrie verarbeitet. Die größten Zementwerke unserer Republik sind der VEB Kalk-, Zement- und Betonwerke Rüdersdorf, der VEB Zementwerk Karsdorf (Unstrut) und der VEB Eisenhüttenzementwerk Ost, Stalinstadt. Diese Betriebe wurden im Rahmen des planmäßigen sozialistischen Aufbaues erweitert oder aufgebaut. Im Zementwerk III des VEB Kalk-, Zement- und Betonwerke Rüdersdorf wurde zum Beispiel vor kurzem eine neue Produktionsanlage in Betrieb genommen, die zu den modernsten ihrer Art in der Welt gehört. Die Erweiterung der Anlagen für die Produktion von Zement und die großen Anstrengungen der Werktätigen unserer Zementwerke führten zu einem beachtlichen Anstieg der Produktion von Zement (Abb. 39). Dadurch wurde ein wesentlicher Beitrag zur erfolgreichen Lösung unserer Aufgaben im Bauwesen geleistet.

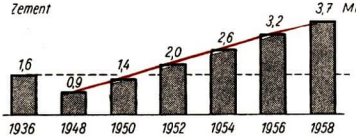


Abb. 39 Entwicklung der Zementproduktion in der Deutschen Demokratischen Republik

Der Bau großer Industrieanlagen, wie des VEB Eisenhüttenkombinat J. W. Stalin, Stalinstadt und der Großkokerei im VEB Braunkohlenkombinat Lauchhammer, verbrauchten viele Hunderttausend Tonnen Zement. Ein großer Teil unserer Zementproduktion wurde auch zum Aufbau und zur Erweiterung unserer Städte und im ländlichen Bauwesen verwendet. Der Bau des Talsperrensystems im Gebiet der Bode (Harz) zur Verbesserung der Wasserversorgung in unserer Republik erforderte bereits viele Tausend Kubikmeter Beton. Allein für die Rappbode-Talsperre wurden 800000 m³ Beton benötigt.

Der V. Parteitag der Sozialistischen Einheitspartei Deutschlands beschloß für das Bauwesen in der Deutschen Demokratischen Republik große Aufgaben. Die größte Baustelle unserer Republik, das Braunkohlenkombinat „Schwarze Pumpe", braucht riesige Mengen Baustoffe. Dort entstehen zahlreiche Werkanlagen, Silos und Werkstraßen. Bei Schwedt an der Oder wird ein großes Erdölverarbeitungswerk gebaut. An diesen beiden Projekten erkennen wir schon die große Bedeutung unserer Baustoffindustrie für die Verwirklichung des Chemieprogramms. Im ländlichen Bauwesen werden in steigendem Maße Stallbauten, Speicher und andere Gebäude aus Beton oder Betonteilen errichtet. Die Genossenschaftsbauern der landwirtschaft-

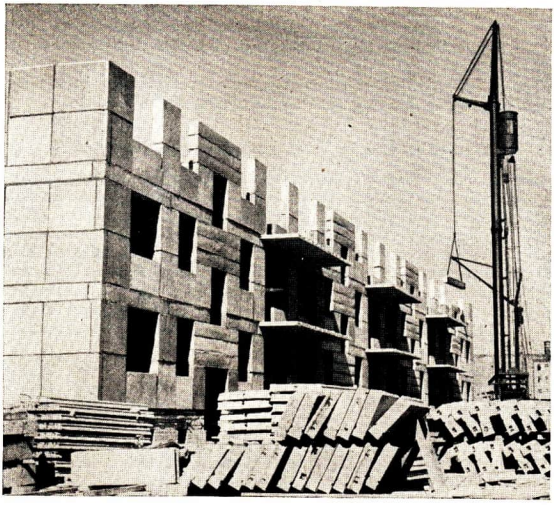


Abb. 40 Eine Großblockbaustelle im demokratischen Sektor von Groß-Berlin

lichen Produktionsgenossenschaften und die Werktätigen der MTS erhalten immer mehr moderne Wohnungen. Bis 1965 werden die Zentren der zerstörten Städte wie Berlin, Leipzig, Dresden usw. im wesentlichen aufgebaut. Jährlich sollen in unserer Republik über 100000 Wohnungen neu errichtet werden. Derartige große und schöne Aufgaben können nicht mit den althergebrachten Baumethoden bewältigt werden, da diese zuviel Arbeitskräfte benötigen und auch zu langsam zum Ziele führen. Unsere Bauindustrie geht deshalb zur Industrialisierung über.

In vielen Städten unserer Republik werden Wohnviertel in der **Großblockbauweise** errichtet (Abb. 40). Bei dieser Bauweise verwendet man Bauteile aus Beton (Großblöcke) an Stelle von Ziegeln. Diese Teile werden in Betonwerken hergestellt (Abb. 41). Die Mechanisierung bei der Herstellung von Betonbauteilen trägt wesentlich dazu bei, den Wohnungsbau in unserer Republik zu beschleunigen.

Die Betonbauteile werden von den Betonwerken aus zu den Baustellen transportiert. Dort werden die Großblöcke zusammengefügt (Abb. 42) und mit Mörtel verbunden. Moderne Krananlagen erleichtern die Montagearbeiten. Der Vorteil der Großblockbauweise gegenüber der althergebrachten Ziegel-Hand-Methode geht schon daraus hervor, daß der Arbeitsaufwand um mehr als die Hälfte niedriger ist. Dabei wird auch den Bauarbeitern die schwere körperliche Arbeit wesentlich erleichtert.



Abb. 43
Eine Großplattenbaustelle in Hoyerswerda

Beim Bau der Wohnstadt für die Werktätigen des Braunkohlenkombinats „Schwarze Pumpe" wird erfolgreich die **Großplattenbauweise** angewandt (Abb. 43). Bei dieser Bauweise werden die Häuser aus großen Platten montiert. Diese Platten haben die Länge und Höhe eines Zimmers und sind bereits mit Fenstern oder Türöffnungen versehen. Die Bauelemente werden in Betonwerken industriell erzeugt.

Während bei der Ziegel-Hand-Methode für ein Quadratmeter Mauerwerk ein Arbeitsaufwand von $5\frac{1}{2}$ Stunden benötigt wird, sinkt dieser bei der Großplattenbauweise auf 2 Stunden.

Die breite Anwendung der Großplattenbauweise trägt wesentlich dazu bei, daß unsere Werktätigen schneller gute Wohnungen erhalten.

Die zahlreichen Industriebauten unserer Republik werden zum größten Teil in der **Skelettbauweise** errichtet. Bei dieser Bauweise wird ein Gerüst aus Stahlbetonteilen montiert. Es hat die Aufgabe, das Gebäude zu tragen. In das Skelett werden die Wände aus leichteren Baustoffen eingebaut. Auch im ländlichen Bauwesen wird die Skelettbauweise angewendet (Abb. 44).

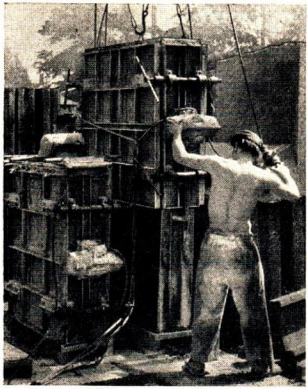


Abb. 41 Herstellung von Großblöcken

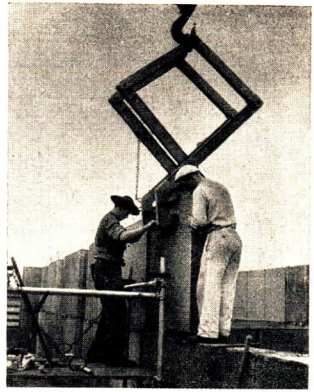


Abb. 42 Montage eines Großblockes



Abb. 44 Montage eines Stallgebäudes aus Betonfertigbauteilen mit Hilfe des modernen Autodrehkranes vom Typ „Panther" in einer landwirtschaftlichen Produktionsgenossenschaft

Wiederholungsfragen und Aufgaben:

1. *Stelle über den elementaren Kohlenstoff nach folgendem Muster eine Tabelle zusammen:*

Modifikation	*Eigenschaften*	*Verwendung*

2. *Beschreibe, wie du Kohlendioxyd nachweist! Zeichne die Versuchsanordnung! Gib die Gleichung für die Reaktion an!*

3. *Vergleiche die Eigenschaften des Kohlenmonoxyds und des Kohlendioxyds!*

4. *In einer Reparaturwerkstatt für Kraftfahrzeuge steht auf einem Schild: Beim Laufen der Motoren Türen auf! Begründe diese Vorschrift!*

5. *Erläutere die Vorgänge im Kohlenofen an Hand einer selbstgefertigten Skizze! Gib die Gleichungen für die chemischen Vorgänge in den verschiedenen Zonen des Ofens an! Welche Bedienungsfehler können zur Vergiftung mit Kohlenmonoxyd führen?*

6. *Erläutere, worauf die Wirkung eines Naßfeuerlöschers beruht! Beschreibe diesen Feuerlöscher und seine Handhabung!*
Wo befinden sich in dem Betrieb, den du am Unterrichtstag in der Produktion besuchst, Feuerlöscher? Wie werden sie bedient?

7. *Stelle die dir bekannten Salze der Kohlensäure in einer Übersicht nach folgendem Muster zusammen:*

Name	*Formel*	*Eigenschaften*	*Verwendung*

8. *Sprich über Vorkommen und Bedeutung des Kalksteins in der Deutschen Demokratischen Republik.*

9. *Beschreibe die Erzeugung von Branntkalk im Schachtofen nach folgendem Schema:*
   - *a) Aufbau des Ofens*
   - *b) Beschickung*
   - *c) Luftzufuhr*
   - *d) Chemische Vorgänge*
   - *e) Produkte*

10. *Beschreibe die Verwendung des Kalkmörtels beim Hausbau! Erläutere die chemischen Vorgänge!*

11. *Beschreibe die Herstellung von Portlandzement!*

12. Erkläre die Verwendung des Zements in der modernen Bautechnik!

13. Es ist für einen Haken ein Dübel einzugipsen. Wie gehst du vor? Begründe deine Tätigkeit!

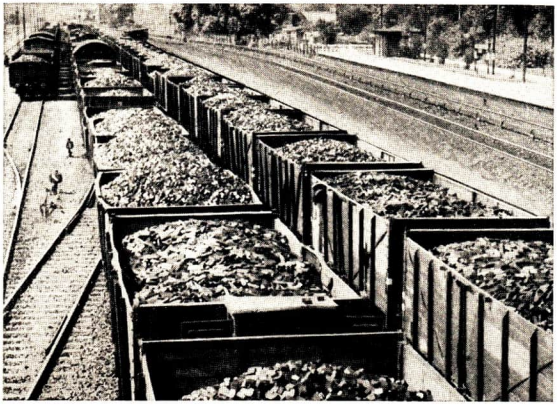
14. Suche aus den Reaktionsgleichungen im Text diejenigen heraus, die folgende Arten von Reaktionen darstellen:

a) Oxydationen,
b) Oxydations-Reduktionsreaktionen,
c) Basenbildungen,
d) Säurebildungen,
e) Salzbildungen!

Gib bei Aufgabe e) an, welche Art der Salzbildung jeweils vorliegt!

15. Sprich über Aufgaben im Bauwesen der Deutschen Demokratischen Republik!

16. Sprich über die neuen Methoden im Bauwesen der Deutschen Demokratischen Republik!



Transport von Braunkohlenbriketts

Tag und Nacht rollen Eisenbahnzüge mit Kohlen über die Schienenstränge. Sie bringen Rohbraunkohle, Braunkohlenbriketts und Steinkohle in alle Teile unserer Republik. In den Kraftwerken, Gaswerken, in vielen anderen Industriebetrieben und in den Haushalten, überall wird Kohle gebraucht. Die Kohle ist unser „schwarzes Gold".

2. KAPITEL

Die Kohlen – feste und gasförmige Brennstoffe

Entstehung der Kohlen

Die in der Natur vorkommenden Kohlenarten werden **Mineralkohlen** oder auch **fossile**[1]) **Kohlen** genannt. Man unterscheidet Torf, Braunkohle und Steinkohle.

Die Mineralkohlen bestehen nicht aus reinem Kohlenstoff, sondern enthalten auch Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und Schwefel, außerdem Wasser und unverbrennbare Bestandteile. Torf, Braunkohle und Steinkohle unterscheiden sich in ihrer Zusammensetzung und im Alter.

Bei genauer Betrachtung eines Stückes **Torf** erkennt man, daß es aus miteinander verfilzten Pflanzenresten besteht. Eine Reihe von Braunkohlensorten zeigt ein holziges Gefüge. Auch bei der Steinkohle kann man die pflanzliche Herkunft nachweisen.

[1]) fossum (lateinisch) = ausgegraben

Wenn abgestorbene Pflanzen durch darüberliegende Schlammschichten, Wasser oder eine neue, dichte Pflanzendecke vollständig von der Luft abgeschlossen sind, so findet ein Zersetzungsprozeß statt. Dieser spielt sich zum Beispiel in den Torfmooren ab.

Bei der Zersetzung von Moosen, Schilf, Gräsern und anderen Pflanzen in Sümpfen und Mooren bilden sich Gase, die aus Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff bestehen. Diese Gase entweichen. Der Gehalt der pflanzlichen Reste an Wasserstoff und Sauerstoff nimmt dabei stärker ab als der Kohlenstoffgehalt, da die Gase mehr Sauerstoff und Wasserstoff als Kohlenstoff enthalten. Der prozentuale Gehalt an Kohlenstoff wird also größer. Es entsteht Torf. Ein solcher Zersetzungsprozeß heißt **Inkohlung.**

Ähnlich wie die Torfbildung, die wir heute noch beobachten können, müssen wir uns die Entstehung von Braunkohlen und Steinkohlen in vergangenen Zeiten der Erdgeschichte durch Inkohlung vorstellen. Damals gab es auf der Erde noch keine Menschen. Wir wissen jedoch durch die Untersuchungen der Kohlenlagerstätten, die umfangreichen Funde von pflanzlichen und tierischen Resten in Kohlenflözen und durch die Erkenntnisse der Chemie, wie die Kohlen entstanden sind.

Die Entstehung der deutschen **Braunkohlenlager** begann vor etwa 50 Millionen Jahren. Riesige Urwälder bedeckten das Gebiet von Mitteleuropa. In ihnen gab es viele Blütenpflanzen, von denen die zahl- und artreichen Laubbäume und Nadelhölzer den größten Teil des pflanzlichen Materials für die Entstehung der Braunkohlen lieferten. Während längerer Zeiträume erfolgte in sumpfigen Landschaften die Ablagerung und Inkohlung dieser Pflanzen. Die Braunkohlen wurden von Deckschichten aus Kiesen, Sanden und Tonen überlagert.

Die mitteleuropäische **Steinkohle** ist älter als die Braunkohle. Sie entstand größtenteils vor etwa 250 Millionen Jahren. Im Gegensatz zur Braunkohle ist sie fast ausschließlich aus Sporenpflanzen entstanden. Im Steinkohlenwald gab es baumhohe Farne, Bärlappe und Schachtelhalme. Die Pflanzenreste aus der Steinkohlenzeit wurden von mächtigen Gesteins- und Erdschichten bedeckt. Dadurch waren sie höheren Drücken und höheren Temperaturen ausgesetzt, als das pflanzliche Material, das die Braunkohle bildet.

Die Kohlenarten sind aus verschiedenen Pflanzen und unter verschiedenen Bedingungen entstanden. Das erklärt ihre verschiedene Beschaffenheit. Die Inkohlung ist bei der Steinkohle am weitesten fortgeschritten. Daher hat die Steinkohle mit etwa 83 % den größten Kohlenstoffgehalt. Es folgen dann Braunkohle mit etwa 68 % und Torf mit ungefähr 58% Kohlenstoff[1]). Die Heizwerte der Kohlen sind vom Kohlenstoff- und Wassergehalt abhängig. Steinkohle hat den größten Kohlenstoffgehalt und den größten Heizwert. Der Heizwert der Rohbraunkohle wird durch Wasserentzug beim Brikettieren auf 4500—5000 kcal/kg erhöht.

Torf, Braunkohle und Steinkohle sind aus abgestorbenen Pflanzenteilen durch Inkohlung entstanden.

Tabelle 2 gibt einen Überblick über die Entstehung der Kohlen.

[1]) Die Angaben beziehen sich auf wasserfreies Material.

Tabelle 2. Entstehung der Kohlen

Art	Alter	Herkunft	Entstehungsbedingungen	Gehalt an Kohlenstoff (im Mittel)	Heizwert kcal/kg
Torf	bis 25000 Jahre	Torfmoose, saure Gräser	Erdoberfläche von Wasser bedeckt	58 %	lufttrocken 2700—3500
Braunkohle	etwa 50–60 Millionen Jahre	Blütenpflanzen (Laubbäume, Nadelhölzer)	Nähe der Erdoberfläche	68 %	Rohkohle 1500—3500
Steinkohle	etwa 250—300 Millionen Jahre	Sporenpflanzen (Farne, Schachtelhalme, Bärlappe)	Große Tiefe, hoher Druck, hohe Temperatur	83 %	7000—8000

Vorkommen und Gewinnung der Kohlen

1. Torf. Torf kommt in den Torfmooren vor. In der Deutschen Demokratischen Republik gibt es Torfmoore hauptsächlich in den nördlichen Bezirken und im Erzgebirge. Der Torf wird im **Tagebau** nach Entfernung der oberen Erdschicht in quaderförmigen Stücken ausgestochen. Frisch gestochener Torf enthält etwa 90 % Wasser. Er wird an der Luft getrocknet. Dadurch sinkt der Wassergehalt bis auf ungefähr 25 %.

Der getrocknete Torf wird gelegentlich als Brennstoff für Haushalt und Gewerbe verwendet. Zerkleinerter und zu Ballen gepreßter Torf dient als **Torfmull** in den Gärtnereien zur Anreicherung des Bodens mit Humus (Abb. 45). Die Industrie benötigt ihn als Isolierstoff und zur Herstellung aktiver Kohle.

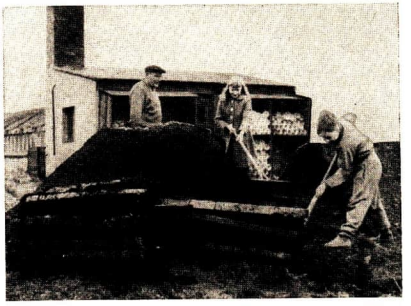
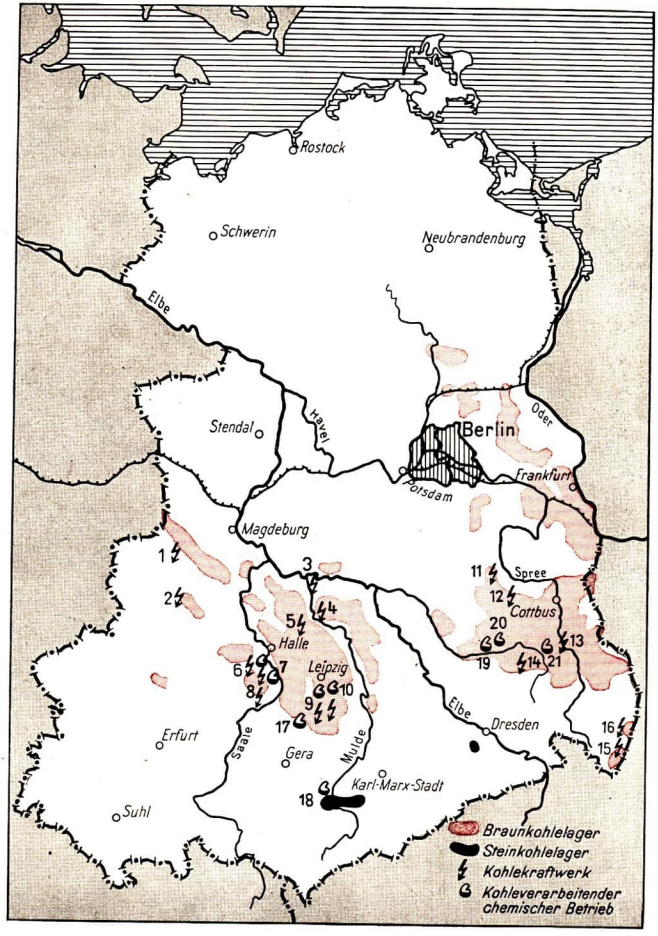


Abb. 45 Torfmullverwendung beim Kompostieren im Schulgarten

2. Braunkohle. Braunkohle wird in zahlreichen Ländern der Erde gefunden. Die Deutsche Demokratische Republik besitzt ausgedehnte Braunkohlenlager in Thüringen, Sachsen und in der Niederlausitz. Bekannt ist die Braunkohlengewinnung im Geiseltal, bei Aschersleben, Nachterstedt, Halle, Köthen, Zeitz, Weißenfels, Altenburg, Borna, Bitterfeld, Berzdorf, Senftenberg, Welzow und Hoyerswerda („Schwarze Pumpe"). Abbildung 46 gibt einen Überblick über die wichtigsten Kohlenlager in der Deutschen Demokratischen Republik.


Rostock
Schwerin
Neubrandenburg
Elbe
Stendal
Havel
Berlin
Oder
Frankfurt
Potsdam
Magdeburg
Spree
Cottbus
Halle
Leipzig
Elbe
Dresden
Erfurt
Saale
Gera
Mulde
Karl-Marx-Stadt
Suhl
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
Braunkohlelager
Steinkohlelager
Kohlekraftwerk
Kohleverarbeitender chemischer Betrieb

Die Braunkohlenschichten, **Flöze** genannt, befinden sich meist in geringer Tiefe. Die darüberliegende Erdschicht, das Deckgebirge oder der **Abraum,** wird abgeräumt, so daß man die Braunkohle im Tagebau gewinnen kann.

Nach vorangegangenen geologischen Untersuchungen müssen Deckgebirge und Flöze entwässert werden. Dadurch werden Gefahrenquellen im Tagebau (Wassereinbrüche, Erdrutsche) beseitigt. Außerdem benötigt die Braunkohle dann zum Trocknen kürzere Zeit. Zur Entwässerung werden Tiefbrunnen, Entwässerungsschächte und Entwässerungsstrecken angelegt, in denen sich das Wasser sammelt. Mit Hilfe von Pumpen wird es dann gehoben.

Der Abraum wird von Baggern abgetragen. Am häufigsten werden dazu **Eimerkettenbagger** (Abb. 47) und **Schaufelradbagger** (Abb. 48) verwendet. Abbildung 49 zeigt die Wirkungsweise beider Baggerarten.

Der Abraum wird in besonderen **Abraumzügen** transportiert und dient zum Ausfüllen bereits abgebauter Stellen des Tagebaus.

In vielen Tagebauen ist die Abraumförderung durch die Anwendung von **Abraumförderbrücken** (Abb. 50) noch weitergehend mechanisiert. Die Abraumförderbrücke spannt sich quer über den Tagebau und ist in dessen Längsrichtung auf Schienen fahrbar. Transportbänder befördern den Abraum auf die gegenüberliegende, bereits abgebaute Seite des Tagebaus. Abbildung 51 zeigt die Wirkungsweise einer Abraumförderbrücke.

Die freigelegte Braunkohle wird mit Baggern abgebaut und in Großraumwagen abgefahren. Als Zugmaschinen dienen wegen ihrer großen Wirtschaftlichkeit moderne Elektrolokomotiven (Abb. 52). Die Braunkohle wird in den Kohlezügen über kilometerlange Gleisstrecken zum **Rohkohlebunker** gefahren.

Die Gleisanlagen müssen in dem Maße, wie der Abbau fortschreitet, verlegt werden. Durch **Gleisrückmaschinen** und andere Geräte wird diese Arbeit weitgehend mechanisiert (Abb. 53). Die vielen Gleise, Oberleitungsdrähte und Züge geben einem Braunkohlentagebau sein besonderes Gepräge.

Abb. 46 Die wichtigsten Kohlenlager, Kraftwerke und kohleverarbeitenden chemischen Betriebe der Deutschen Demokratischen Republik

Kohlekraftwerke:

1 Harbke; 2 Nachterstedt; 3 Vockerode; 4 Zschornewitz; 5 Bitterfeld; 6 Schkopau; 7 Leuna; 8 Groß-Kayna; 9 Böhlen; 10 Espenhain; 11 Lübbenau (im Aufbau); 12 Vetschau (im Aufbau); 13 Trattendorf; 14 Lauta; 15 Hirschfelde; 16 Berzdorf.

Kohleverarbeitende chemische Betriebe:

6 VEB Chemische Werke Buna Schkopau; 7 VEB Leunawerke „Walter Ulbricht"; 9 VEB Kombinat „Otto Grotewohl" Böhlen; 10 VEB Kombinat Espenhain; 17 VEB Hydrierwerk Zeitz; 18 VEB Großkokerei „Karl Marx" Zwickau; 19 VEB Braunkohlenkombinat Lauchhammer; 20 VEB Synthesewerk Schwarzheide; 21 Kombinat „Schwarze Pumpe", Hoyerswerda (im Aufbau).

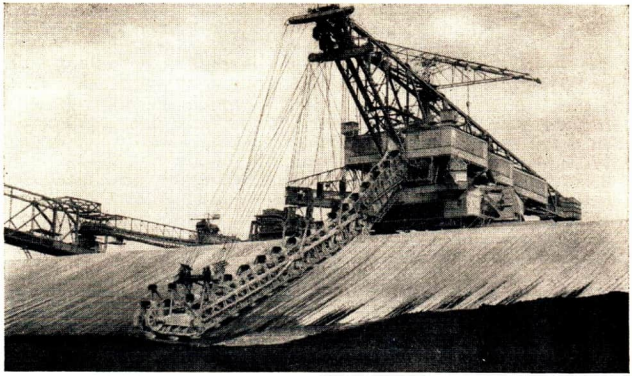


Abb. 47 Eimerkettenbagger im Tagebau des VEB Braunkohlenwerk „Franz Mehring", Senftenberger Revier



Abb. 48 Schaufelradbagger, gebaut vom VEB Schwermaschinenbau Lauchhammerwerk

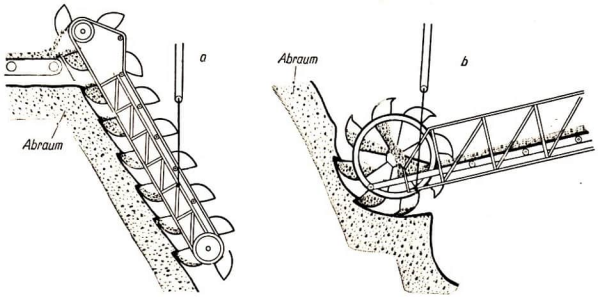


Abb. 49 Schematische Darstellung der Abraumförderung a) Eimerkettenbagger b) Schaufelradbagger

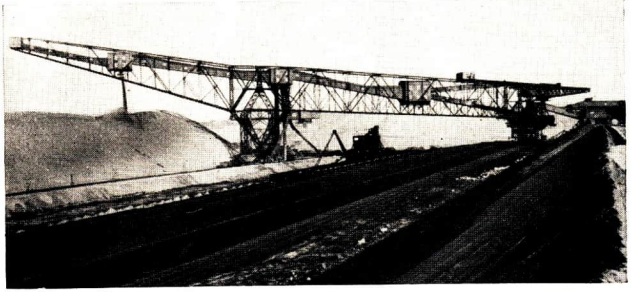


Abb. 50 Abraumförderbrücke in einem Braunkohlentagebau unserer Republik

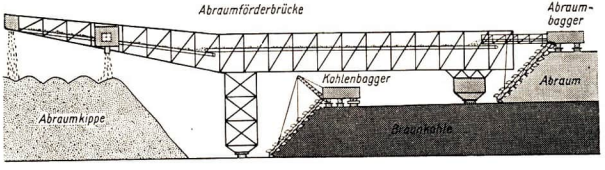


Abb. 51 Schematische Darstellung der Abraumförderbrücke

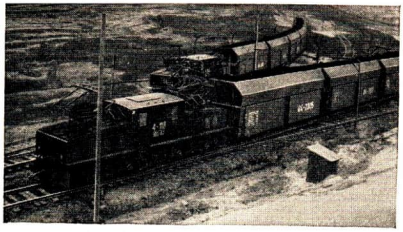


Abb. 52 Kohlenzüge in einem unserer volkseigenen Braunkohlentagebaue

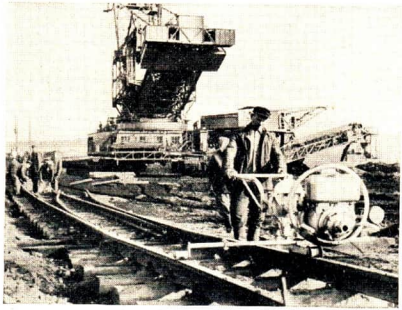


Abb. 53 Kleinmechanisierung bei Gleisbauarbeiten

In neu erschlossenen Tagebauen wird die Braunkohle vielfach auf **Transportbändern** zu den Rohkohlebunkern befördert. Auch der Abraum wird durch Einsatz von Bandanlagen transportiert. Dadurch erübrigen sich die ständigen Gleisbauarbeiten.

Der Braunkohlentagebau setzt sich im wesentlichen aus drei Betriebsteilen zusammen: dem Entwässerungsbetrieb, dem Abraumbetrieb und der Kohlegewinnung.

Trotz des Einsatzes moderner Maschinen und Geräte ist die Arbeit im Braunkohlentagebau schwer. Im Winter, bei Schnee und Schlamm oder bei strengem Frost, wird die Arbeit der Werktätigen im Tagebau zu einem Kampf um die Kohle. So sind zum Beispiel die Gleisunterhaltungsarbeiten infolge des weichen Bodens besonders erschwert. Durch die verantwortungsbewußte Einsatzbereitschaft jedes Arbeiters und die sozialistische Hilfe vieler freiwilliger Helfer aus anderen Betrieben wurde trotz derartiger Schwierigkeiten die Versorgung unserer Volkswirtschaft mit Braunkohle gesichert.

Die Stückgröße der Rohbraunkohle ist so verschieden, daß sie in dieser Form zur weiteren Verwendung noch nicht geeignet ist. Die Braunkohle wird deshalb aufbereitet. Das erfolgt zunächst durch Zerkleinern und Absieben zu verschiedenen Sorten Kohle von bestimmter Korngröße.

Die Rohbraunkohle hat einen Wassergehalt von etwa 50 % und daher einen verhältnismäßig geringen Heizwert. In der Nähe von Braunkohlentagebauen wird sie als Brennstoff in Industrie und Haushalt vorteilhaft eingesetzt. In den Braunkohlengebieten sind zahlreiche Kraftwerke entstanden, die Braunkohle zur Energieerzeugung verwenden (Abb. 54). In der Deutschen Demokratischen Republik liegen die bedeutendsten Großkraftwerke dieser Art bei Golpa-Zschornewitz, Trattendorf, Hirschfelde und Vockerode (Abb. 46). Weitere Großkraftwerke befinden sich im Bau.

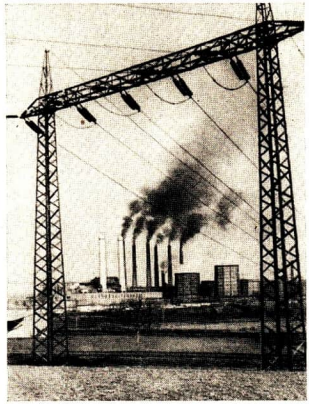


Abb. 54 VEB Großkraftwerk Hirschfelde

Ein großer Teil der aufbereiteten Braunkohle wird zu **Briketts** gepreßt (brikettiert). In der Brikettfabrik wird die Rohbraunkohle durch Trocknen und Mahlen weiter aufbereitet. Der Wassergehalt beträgt danach rund 15 %. Die Braunkohle wird dann in Brikettpressen unter einem Druck von 1000 bis 1500 Atmosphären brikettiert. Braunkohlenbriketts dienen im Haushalt und in der Industrie als Brennstoff.

Vielfach sind Braunkohlentagebaue und Verarbeitungsbetriebe, wie Brikettfabriken, Kraftwerke, Kokerei usw., zu einem **Braunkohlenkombinat** zusammengeschlossen. Die bedeutendsten Braunkohlenkombinate der Deutschen Demokratischen Republik sind der VEB Kombinat „Otto Grotewohl" Böhlen, der VEB Kombinat Espenhain, der VEB Braunkohlenkombinat Lauchhammer und das neue, im Aufbau befindliche Kombinat „Schwarze Pumpe".

3. Steinkohle. Die größten Steinkohlenvorkommen der Welt liegen in der Sowjetunion, in den Vereinigten Staaten von Amerika, in der Volksrepublik China, in der Volksrepublik Polen, in England, Westdeutschland, Frankreich und Belgien (Abb. 101). Die Deutsche Demokratische Republik hat kleinere Vorkommen im Gebiet von Zwickau-Oelsnitz und bei Freital (Abb. 46).

Die Steinkohlenflöze liegen bis über 1000 m tief in der Erde. Sie müssen daher im **Tiefbau** abgebaut werden.

Abbildung 55 zeigt den Aufbau eines Steinkohlenbergwerks. In das Innere des Bergwerks führt der **Förderschacht,** in dem mit Förderkörben Bergarbeiter und auch die Förderwagen, **Hunte** genannt, befördert werden.

In den Steinkohlenbergwerken entströmen den Gesteinsspalten vielfach brennbare und giftige Gase. Daher ist eine ständige Frischluftzufuhr notwendig. Die Frischluft

gelangt durch den Förderschacht in die Grube. Die Gase sowie die verbrauchte Luft werden mit großen Ventilatoren durch einen zweiten Schacht abgesaugt. Luft und Gase werden im Bergbau als Wetter bezeichnet. Der zur Lüftung dienende Schacht heißt daher **Wetterschacht.** Vom Förderschacht aus führen **Strecken** zu den Abbaustätten **vor Ort.** Die Strecken werden mit Holz oder Stahl abgestützt.

Die Steinkohlenförderung ist heute weitgehend mechanisiert. Steinkohle wird in vielen Fällen mit dem **Preßlufthammer** abgebaut (Abb. 56).

Durch die **Schrämmaschine** wird der Abbau wesentlich erleichtert. Der wichtigste Teil dieser Maschine ist die auf einem Rahmen umlaufende Schrämkette, die mit kräftigen Zähnen aus Hartmetall besetzt ist. Beim Betrieb der Maschine reißt die Schrämkette ständig kleine Kohlestückchen ab, so daß in kurzer Zeit tiefe Einschnitte (Schräme) im Flöz entstehen. Diese parallel zur Sohle angelegten Einschnitte erleichtern das Abbrechen der Kohle.

Eine Weiterentwicklung der Schrämmaschine ist die **Kohlenkombine**[1]) (Abb. 57). Die Kohlenkombine zerkleinert die abgerissenen Kohlestücke mechanisch und wirft

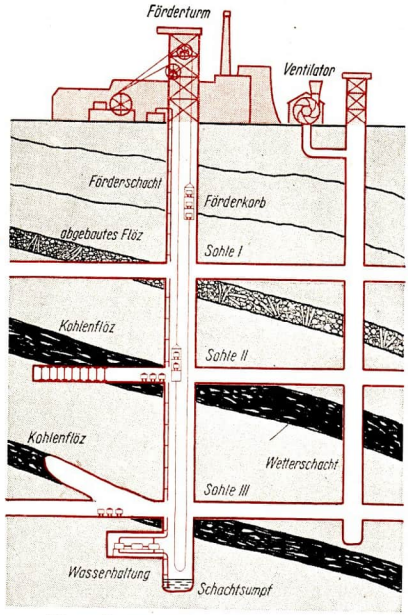


Abb. 55 Schnitt durch ein Steinkohlenbergwerk

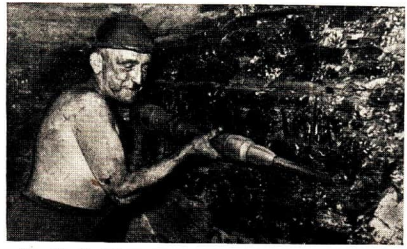


Abb. 56 Steinkohleabbau mit dem Preßlufthammer im VEB Steinkohlenwerk „Karl Marx", Zwickau

[1]) to combine (englisch) = verbinden, sprich: kombain.

sie maschinell auf ein Förderband. Diese moderne Maschine führt das Schrämen, Abbauen, Zerkleinern und Verladen der Steinkohle in einem Arbeitsgang aus. Auch in den Steinkohlenbergwerken der Deutschen Demokratischen Republik werden Schrämmaschinen und Kohlenkombines angewandt.

In steil verlaufenden Flözen können diese Maschinen nicht eingesetzt werden. Hier leistet der **Kohlenhobel** dem Menschen wertvolle Hilfe. Dieses Gerät arbeitet ähnlich wie der Tischlerhobel. Es wird an die Kohle gedrückt und durch Ketten daran entlang gezogen. Dabei wird Kohle abgeschält.

Die durch den Abbau der Steinkohle entstandenen Hohlräume werden mit Gestein wieder ausgefüllt.

Der Abtransport der Kohle ist heute ebenfalls mechanisiert. Vom Abbauort wird die Steinkohle über Rutschen und Förderbänder (Abb. 58) nach den **Füllstellen** transportiert, wo sie in die Hunte gefüllt wird. Die Hunte werden mit elektrischen Lokomotiven zum Förderschacht gezogen.

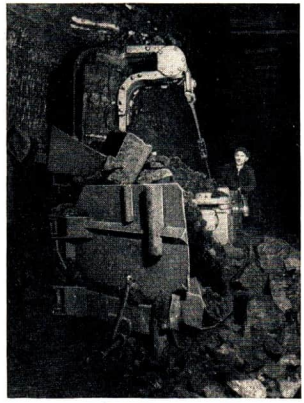


Abb. 57 Kohlenkombine

Über Tage werden die Hunte automatisch entladen. Sie kommen in **Kreiselwipper** (Abb. 59), die sich periodisch drehen. Dabei wird die Kohle aus den Hunten gestürzt (Abb. 60).

Durch weitgehende Mechanisierung der Steinkohlengewinnung entfällt ein großer Teil der schweren körperlichen Arbeit der Bergleute. Außerdem wird eine beträchtliche Steigerung der Produktion erzielt. Dabei hat uns die Sowjetunion durch Lieferung von Bergbaumaschinen unterstützt. Darin kommt die gegenseitige Hilfe der sozialistischen Länder auch zum Ausdruck.

Über Tage wird die Steinkohle aufbereitet. Sie wird durch Sieben und Waschen von dem beigemengten Gestein getrennt und in Stück-



Abb. 58 Steinkohlen-Bandförderung im VEB Steinkohlenwerk „Martin Hoop"

kohle, Nuß-, Fein- und Staubkohle sortiert. Neben der **Feinkohle** finden **Stückkohle** und **Nußkohle** hauptsächlich in den Gaswerken, Kokereien und als Brennstoff für Lokomotivfeuerungen Verwendung. Die **Staubkohle** wird in besonders konstruierten Feuerungsanlagen verbrannt. Die Feinkohle wird auch oft nach Zusatz von Teerpech als Bindemittel zu Briketts geformt.

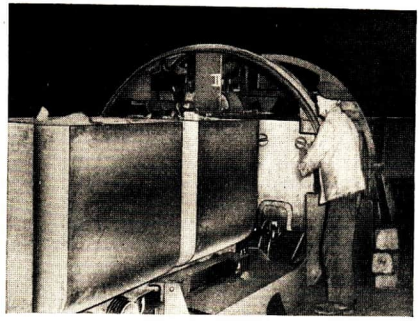


Abb. 59 Kreiselwipper im VEB Steinkohlenwerk „Karl Liebknecht"

Bekannte Steinkohlenbergwerke in der Deutschen Demokratischen Republik sind im Gebiet Zwickau-Oelsnitz der VEB Steinkohlenwerk „Karl Marx", der VEB Steinkohlenwerk „Martin Hoop" und der VEB Steinkohlenwerk „Karl Liebknecht".

Vom Steinkohlenbergbau ging die **Aktivistenbewegung** in unserer Republik aus. Am 13. Oktober 1948 hatte der Bergarbeiter Adolf Hennecke vom VEB Steinkohlen-

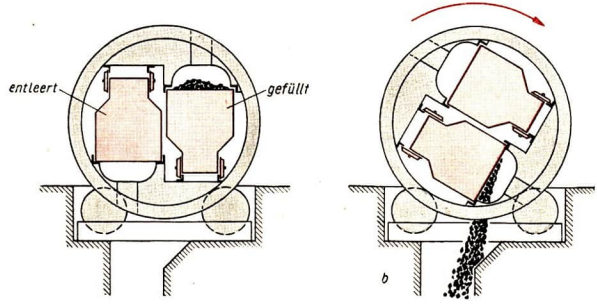


Abb. 60 Schematische Darstellung der Entleerung von Hunten im Kreiselkipper

werk „Karl Liebknecht" in einer Achtstundenschicht 24,4 m³ Kohle gefördert, während seine Arbeitsnorm 6,3 m³ betrug. Diese Leistung von fast dem Vierfachen seiner Norm erzielte Hennecke nicht durch Vervierfachung seiner körperlichen Anstrengung, sondern vor allem durch seine wohlüberlegte, planvolle Arbeitsweise.

Die Aktivistenbewegung breitete sich zunächst im Steinkohlenbergbau weiter aus, erfaßte aber bald alle Industriezweige. Die ständige Verbesserung der Arbeitsmethoden ist ein wichtiges Mittel zur Steigerung der Produktion und eine der Grundlagen für den schnellen Aufbau des Sozialismus in der Deutschen Demokratischen Republik.

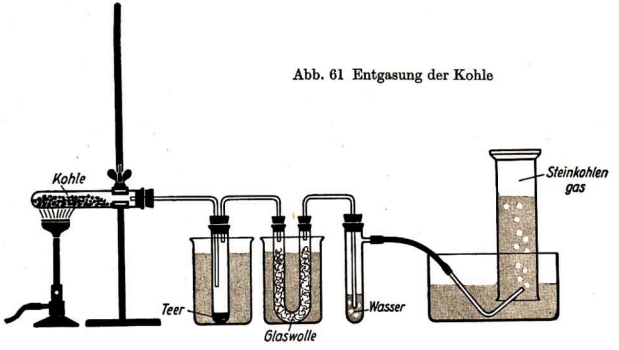
Torf und Braunkohle liegen meist in geringer Tiefe und werden im Tagebau abgebaut. Steinkohle kommt in größeren Tiefen vor und wird im Tiefbau gewonnen.

Die Entgasung der Kohle

1. Chemische Grundlagen. Wir haben bereits bei der Untersuchung des Verbrennungsvorganges festgestellt, daß beim Erhitzen von Steinkohle oder Braunkohle unter Luftabschluß brennbare Gase entweichen. Man nennt diesen Vorgang **Entgasung der Kohle** oder **Verkokung.** Die Entgasung der Steinkohle soll nun näher untersucht werden.

Versuch 24: *Wir stellen die Versuchsanordnung nach Abbildung 61 zusammen. In dem schwerschmelzbaren Reagenzglas wird zerkleinerte Steinkohle stark erhitzt. Beobachte den Reaktionsablauf und beschreibe das Aussehen der verschiedenen Reaktionsprodukte!*

Abb. 61 Entgasung der Kohle



Beim Erhitzen der Steinkohle unter Luftabschluß entstehen Steinkohlenkoks, Steinkohlenteer, Ammoniak und Steinkohlengas. **Koks** besteht aus fast reinem elementarem Kohlenstoff. **Teer** ist eine meist dicke, braunschwarze Flüssigkeit von durchdringendem Geruch. **Ammoniak** ist eine gasförmige Verbindung aus Stickstoff und Wasserstoff, die in Wasser leicht löslich ist. Eine solche Lösung ist in der Drogerie unter der Bezeichnung Salmiakgeist erhältlich.

Versuch 25: *Wir entzünden das im Standzylinder aufgefangene Gas. Was beobachtest du?*
Wir geben Kalkwasser in den Zylinder und schütteln. Zum Vergleich schütteln wir in einem anderen Standzylinder Kalkwasser mit unverbranntem Steinkohlengas.
Was schließt du aus deinen Beobachtungen?

Das Steinkohlengas enthält außer Wasserstoff und etwas Stickstoff eine Reihe von Kohlenstoffverbindungen (Kohlenstoff-Wasserstoff-Verbindungen, Kohlenmonoxyd und etwas Kohlendioxyd).

In der Apparatur nach Abbildung 61 können wir auch Braunkohle entgasen. Wir erhalten dann **Braunkohlenkoks,** außerdem eine braune Flüssigkeit, die aus **Braunkohlenteer** und Wasser besteht, Ammoniak und brennbares **Braunkohlengas,** das eine ähnliche Zusammensetzung wie das Steinkohlengas hat. Bei der Entgasung von Holz entstehen Holzkohle, Holzteer und Holzgas.

Die bei der Kohleentgasung entstehenden Stoffe werden **Kohlenwertstoffe** genannt.

Beim Erhitzen von Steinkohle oder Braunkohle unter Luftabschluß wird die Kohle entgast. Als wichtige Produkte entstehen die Kohlenwertstoffe Gas, Teer, Ammoniak und Koks.

2. Die Verkokung der Steinkohle in der Industrie. Die Kohle wird in den **Kokereien** und **Gaswerken** verkokt.

Die Verkokung wird in **Kammeröfen** durchgeführt. Diese bestehen aus einer großen Anzahl quaderförmiger Kammern, die nebeneinander liegen (Abb. 62). Die Kammern sind meist etwa 0,2 bis 0,5 m breit, 4 m hoch und 10 m tief. Sie sind aus feuerfesten Steinen erbaut und an den beiden Schmalseiten mit Türen verschließbar. Die Kammern werden von außen beheizt. Zu diesem Zweck wird Heizgas in besonderen **Heizkammern** verbrannt, die zwischen den **Entgasungskammern** angeordnet sind. Die Entgasungskammern werden von oben her mit zerkleinerter Steinkohle beschickt (Abb. 63).



Abb. 62 Kammeröfen, Löschwagen und Löschturm im VEB Gasversorgung Berlin, Werk Lichtenberg

In den Kammern wird die Kohle ohne Luftzutritt auf etwa 1100° C erhitzt. Die Entgasung ist nach etwa 12 bis 24 Stunden beendet. Die Türen werden geöffnet und der glühende Koks wird von einer Ausstoßmaschine aus der Kammer geschoben.

Er fällt meist in **Löschwagen,** in denen er unter dem **Löschturm** mit Wasser abgelöscht wird. Warum muß der glühende Koks abgekühlt werden?

Die aus der Kammer entweichenden Gase und Teerdämpfe gelangen in eine **Teervorlage,** in der ein großer Teil des Teers bei Abkühlung kondensiert. Das aus der Vorlage abströmende Rohgas tritt dann in die **Gassammelleitung** ein. Hier sammelt sich das Gas aus den verschiedenen Entgasungskammern.

Die Beschickung und Entleerung der einzelnen Kammern erfolgt periodisch. Da das Gas jedoch aus vielen Kammern zusammenströmt, die alle zu verschiedenen Zeiten beschickt und entleert werden, verläuft die weitere Behandlung des Gases kontinuierlich.

Das Rohgas wird zunächst gereinigt. Im **Kühlturm** strömt es an Kühlrohren entlang, durch die im Gegenstrom kaltes Wasser fließt. Beim Abkühlen werden weitere Mengen Teer abgeschieden. Der Rest des Teers bleibt als feiner Nebel im Gas zurück. Er wird im **Teerabscheider** entfernt.

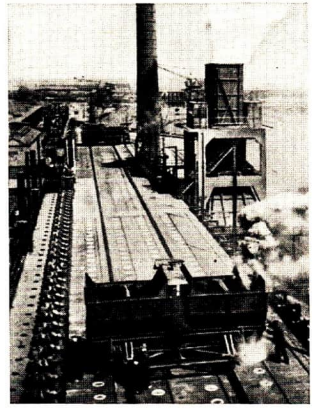


Abb. 63
Beschickung der Entgasungskammern im VEB Gasversorgung Berlin, Werk Lichtenberg

Das Ammoniak wird im **Ammoniakwäscher** mit Wasser ausgewaschen. Das Rohgas enthält aber noch weitere Stoffe, wie Benzol[1]), Schwefelverbindungen und Naphthalin[1]). Im **Benzolwäscher** rieselt dem Gas Waschöl entgegen, so daß im Gegenstromverfahren Benzol und Naphthalinreste ausgewaschen werden. Benzol ist ein wichtiger Ausgangsstoff für die chemische Industrie. Die Schwefelverbindungen werden im **Trockenreiniger** entfernt. Sie dienen zur Gewinnung von Schwefel.

Durch die Gasreinigung werden wichtige Kohlenwertstoffe gewonnen. Sie bezweckt ferner einen störungsfreien Transport des Gases durch die Leitungen. So würde zum Beispiel das Naphthalin die Gasrohre verstopfen, da es beim Abkühlen auskristallisiert.

Das gereinigte Gas wird in **Gasbehältern** gesammelt (Abb. 64). Ein solcher Gasbehälter ist zum Beispiel der Glockengasbehälter. Er besteht aus einer Glocke und aus mehreren ineinandergeschobenen Ringen aus Stahlblech, die mit Wasser abgedichtet sind (Abb. 65).

Während bei Versuch 24 das Gas infolge des geringen Überdrucks im Reagenzglas durch die Apparatur strömt, wird es in der Technik mit Hilfe großer **Gebläse** durch die Apparate und Leitungen bewegt.

Das Heizgas für den Kammerofen wird meist in einer besonderen Anlage erzeugt.

---

[1]) Verbindungen, die aus mehreren Kohlenstoff- und Wasserstoffatomen bestehen.

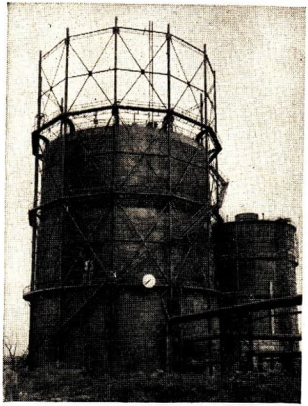


Abb. 64 Glockengasbehälter im VEB Mineralölwerk Lützkendorf

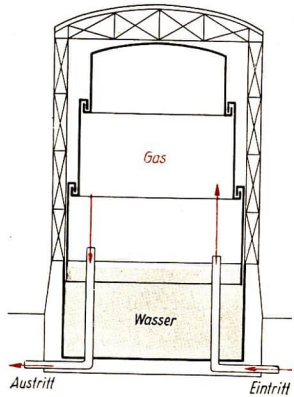


Abb. 65 Schematische Darstellung eines Glockengasbehälters

Die zur Verbrennung des Heizgases nötige Luft wird in sogenannten **Regeneratoren**[1]) vorgewärmt. Das sind große, mit gemauertem Gitterwerk ausgefüllte Räume, die unter den Entgasungskammern liegen (Abb. 66). Die Luft strömt durch aufgeheizte Regeneratoren, wobei sie sich am heißen Gitterwerk stark erwärmt, und tritt dann zusammen mit dem Heizgas in die Heizkammern ein. Durch die Verbrennung des Gases wird die zur Entgasung der Kohle erforderliche hohe Temperatur erzielt. Die heißen Abgase werden durch abgekühlte Regeneratoren geleitet, die sich dabei wieder erwärmen. Das Aufheizen und Abkühlen der Regeneratoren erfolgt in regelmäßigem Wechsel.

Der Kammerofen ist in zwei Abschnitte unterteilt. In den Regeneratoren der einen Ofenhälfte wird die Verbrennungsluft vorgewärmt und dann in die Heizkammern geleitet, in denen das Heizgas verbrannt wird. Die heißen Abgase strömen durch die Heizkammern und die Regeneratoren der zweiten Ofenhälfte und geben dort ihre Wärme ab (Abb. 66). Nach etwa einer viertel bis einer halben Stunde wird die Richtung des Gasstromes gewechselt.

Durch die **Regenerativfeuerung**, die von Friedrich Siemens entwickelt und 1856 erstmalig angewandt wurde, wird die Wärme der Abgase ausgenutzt und gleichzeitig eine höhere Verbrennungstemperatur erzielt. Ferner werden große Mengen Heizgas eingespart. Die Regenerativfeuerung ist ein wichtiges technisches Verfahren, das in der Industrie vielfach angewandt wird.

Abbildung 67 zeigt uns die Vorgänge bei der Entgasung der Kohle im Überblick.

[1]) regenerare (lateinisch) = zurückgewinnen

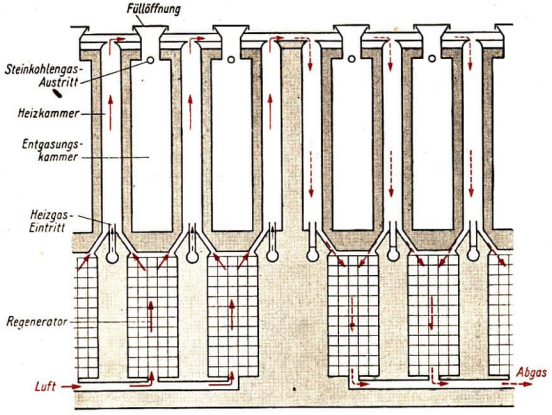


Abb. 66 Schematische Darstellung eines Horizontalkammerofens

In der **Kokerei** wird das erzeugte Gas zu 40 bis 45 % im eigenen Betrieb zum Heizen der Kammern verbraucht. Der Rest wird durch Ferngasleitungen in die Städte und in Industriebetriebe geleitet.

Im **Gaswerk** wird grundsätzlich das gleiche Verfahren der Entgasung angewandt wie in der Kokerei. Gaswerke befinden sich in allen größeren Orten. Das erzeugte Gas wird in Gasbehältern gespeichert und von hieraus durch Rohrleitungsnetze den Verbrauchsstellen in den Haushalten und in der Industrie zugeführt.

In der Deutschen Demokratischen Republik sind schon heute viele Orte in den mittleren Bezirken durch ein **Ferngasnetz** verbunden. Zur besseren Versorgung von Industrie und Haushalten mit Gas entstehen in unserer Republik neue große Ferngaswerke, die an ein erweitertes Ferngasnetz angeschlossen sind. Dieses Ferngasnetz wird, vom Kombinat „Schwarze Pumpe" ausgehend, zu den nördlichen Bezirken der Deutschen Demokratischen Republik verlaufen und über die Industriebezirke Magdeburg, Halle und Leipzig zum Kombinat „Schwarze Pumpe" zurückführen. Die südlichen Bezirke der Deutschen Demokratischen Republik durchläuft eine weitere Ringleitung. Es ist ferner vorgesehen, große unterirdische Gasspeicher im Gebiet zwischen Harz und Thüringer Wald einzurichten.

3. Die Produkte der Verkokung. Das gereinigte **Steinkohlenkokereigas** enthält rund 50 % Wasserstoff, 30 % Methan und 10 % Kohlenmonoxyd. Der Rest besteht aus anderen Gasen. Methan ist die einfachste Verbindung von Kohlenstoff mit Wasserstoff. Es hat die Formel CH_4.

Steinkohlengas verbrennt mit leuchtender Flamme. Es wurde daher früher fast nur zu Beleuchtungszwecken verwendet.

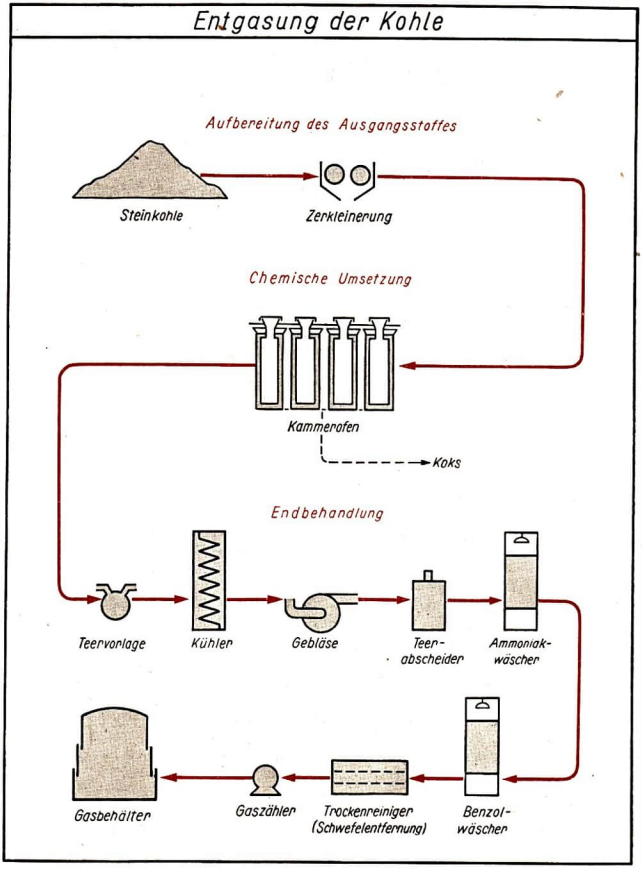


Abb. 67 Schematische Darstellung der Entgasung der Kohle

Dem Steinkohlengas werden häufig andere brennbare Gase beigemischt, damit der Heizwert auf einen Normalwert (etwa 3800 kcal/m³) eingestellt wird. Die Mischung heißt **Stadtgas.** Stadtgas wird als Heizgas im Haushalt, in der Industrie und im Laboratorium verwendet.

Wegen seines Gehalts an Kohlenmonoxyd ist das Stadtgas giftig. Es hat infolge geringer Reste von Schwefelverbindungen einen unangenehmen Geruch. Mit Luft bildet Stadtgas explosible Gemische.

Versuch 26: *Durch einen Kugeltrichter leiten wir Stadtgas und entzünden es am Ausflußrohr (Abb. 68). Wir schließen den Gashahn und entfernen danach den Stopfen mit der Gaszuleitung. Beobachte die Flamme!*
Überlege, warum die Explosion nicht sofort eintritt.

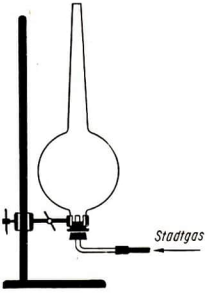


Abb. 68 Einleiten von Stadtgas in einen Kugeltrichter

Wegen der Explosions- und Vergiftungsgefahr darf Stadtgas niemals aus Gasgeräten ausströmen, ohne entzündet zu werden. Wenn Stadtgas aus Rohrbrüchen oder offengelassenen Hähnen ausströmt, ist besondere Vorsicht geboten. In Räumen, in denen Gasgeruch wahrgenommen wird, darf man kein Feuer entzünden. Elektrische Schalter dürfen nicht betätigt werden, da schon kleine Funken die Explosion auslösen können. Die Gasleitung ist sofort zu sperren, und es ist für gründliche Lüftung des Raumes zu sorgen. Undichte Stellen an Gasleitungen werden mit Hilfe von Seifenlösung festgestellt. Wenn Gas austritt, bilden sich Bläschen.

Stadtgas ist giftig und bildet mit Luft explosible Gemische. Bei der Benutzung von Gasgeräten muß das ausströmende Stadtgas sofort nach dem Öffnen des Hahns entzündet werden.

Bei der Entgasung der Kohle fallen außer dem Gas auch noch Koks, Teer, Ammoniak, Schwefel, Benzol und Naphthalin an. **Koks** wird als Rohstoff in der chemischen Industrie, als Reduktionsmittel bei der Herstellung vieler Gebrauchsmetalle und als Heizmaterial verwendet. **Teer** ist Ausgangsstoff für viele Zweige der chemischen Industrie. Er wird zuerst durch Destillation in seine verschiedenen Bestandteile zerlegt. Aus Steinkohlenteer werden in chemischen Veredlungsverfahren zum Beispiel Farben, Medikamente und Kraftstoffe erzeugt. Braunkohlenteer liefert Benzine, Öle und Paraffin. **Ammoniak** wird zu Stickstoffdüngemitteln verarbeitet. **Schwefel** wird in der chemischen Industrie für die Produktion von Zellwolle und Kunstseide sowie zur Herstellung von Farbstoffen benötigt. Auch Schädlingsbekämpfungsmittel werden aus Schwefel hergestellt. **Benzol** wird als Lösungs- und Extraktionsmittel verwendet. Es dient ferner zur Herstellung von Farbstoffen und Arzneimitteln. **Naphthalin** ist uns als Hauptbestandteil einiger Mottenbekämpfungsmittel bekannt und wird ebenfalls zur Farbstoffherstellung benötigt.

100 kg Steinkohle liefern etwa 18 kg (= 33 m³) Steinkohlengas, 68 kg Koks, 5 kg Teer, 0,3 kg Ammoniak, 0,8 kg Benzol und 0,07 kg Schwefel.

Durch die Entgasung der Kohle werden wertvolle Brennstoffe, wie Gas und Koks, und außerdem zahlreiche Nebenprodukte gewonnen. Man sagt daher, die Kohle wird veredelt. Die Entgasung der Kohle ist ein Verfahren der **Kohleveredlung.**

4. Die Verkokung der Braunkohle. In der Deutschen Demokratischen Republik, die arm an verkokbaren Steinkohlen ist, werden erstmalig in der Welt großtechnisch Braunkohlen verkokt. Nach langjährigen Versuchen gelang es den deutschen Wissenschaftlern Prof. Dr. ERICH RAMMLER (Abb. 69) und Prof. Dr. GEORG BILKENROTH (Abb. 70) ein Verfahren zu entwickeln, das in der industriellen Anwendung zum Erfolg führte. Die beiden Forscher erhielten im Jahre 1951 für ihre Leistungen den Deutschen Nationalpreis I. Klasse.



Abb. 69 Prof. Dr. ERICH RAMMLER



Abb. 70 Prof. Dr. GEORG BILKENROTH

Zur Verkokung wird eine asche- und schwefelarme Braunkohle getrocknet, besonders fein gemahlen und brikettiert. Die entstandenen **Feinstkornbriketts** werden in Kammeröfen bei etwa 1000° C entgast. Dabei schrumpfen sie etwa auf die Hälfte ihres Volumens zusammen. Bei der Entgasung der Feinstkornbriketts entsteht der **Braunkohlenhochtemperaturkoks**, kurz **BHT-Koks** genannt (Abb. 71). Dieser ist das Hauptprodukt.

Als Nebenprodukte fallen Braunkohlenkokereigas, Teer und Teeröle, sowie wertvolle Kohlenstoff-Wasserstoff-Verbindungen (Phenole) an. Sie werden in der chemischen Industrie zur Herstellung von Chemiefasern und Plastwerkstoffen verwendet.

Der BHT-Koks dient vor allem als Reduktionsmittel bei der Eisenherstellung in den Niederschachtöfen des VEB Eisenwerke West, Calbe/Saale. Kleinere Stücke werden zur Erzeugung von Karbid und von Heizgasen eingesetzt.

Die Regierung der Deutschen Demokratischen Republik faßte im Jahre 1951 den Beschluß, im Niederlausitzer Braunkohlenrevier eine Braunkohlengroßkokerei zu errichten. Die Niederlausitzer Braunkohle ist am besten für die Verkokung geeignet. Seit 1952 wird in der Großkokerei Lauchhammer (Abb. 72), der ersten Braunkohlenkokerei der Welt, BHT-Koks in großen Mengen erzeugt. Die Großkokerei ist ein Betriebsteil des **VEB Braunkohlenkombinat Lauchhammer,** zu dem 3 Tagebaue, 7 Bri-

kettfabriken und 7 Kraftwerke gehören. Bis zu 5 km lange Bandstraßen transportieren die Feinstkornbriketts zu den Kammeröfen.

Die Anstrengungen unserer Werktätigen beim raschen Aufbau dieses sozialistischen Betriebes brachten unserer Republik schon großen Nutzen. So brauchten wir bereits viele Millionen DM an Devisen nicht für die Einfuhr von Steinkohlenkoks auszugeben.

Das im Aufbau befindliche Braunkohlenkombinat „Schwarze Pumpe" erhält ebenfalls Braunkohlenkokereien.

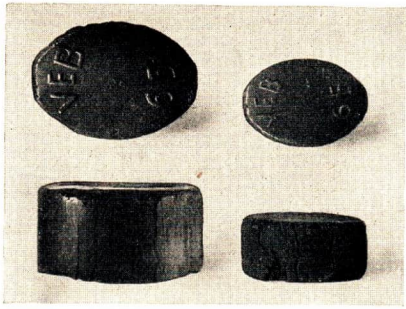


Abb. 71 Feinstkornbrikett und BHT-Koks

Bei der Verwendung von Rohbraunkohle oder Braunkohlenbriketts als Brennstoff gehen wertvolle Stoffe verloren. Die Verkokung von Braunkohle ist ein Verfahren der Kohleveredlung, durch das unsere Braunkohlenvorräte besser genutzt werden.

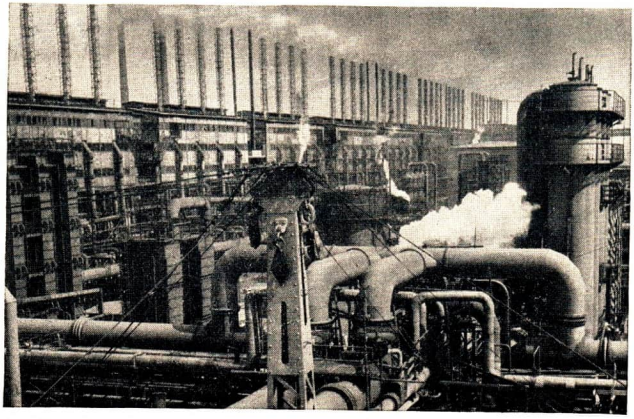


Abb. 72 Teilansicht der Großkokerei im VEB Braunkohlenkombinat Lauchhammer

In Zukunft wird daher in größerem Umfange als bisher Rohbraunkohle in den Braunkohlenkombinaten brikettiert und anschließend verkokt; der Koks wird dann als Ausgangsstoff, Reduktionsmittel oder Brennstoff an die Industrie abgegeben. Teer, Teeröle und andere Stoffe gehen zur weiteren Verarbeitung an die chemische Industrie. Die Haushalte vieler Städte und eine Reihe von Industriebetrieben unserer Republik werden aus den Braunkohlenkombinaten über Ferngasleitungen mit Gas versorgt.

Die **Verschwelung der Braunkohle** ist ebenfalls ein Verfahren der Kohleveredlung, das besonders im VEB Kombinat Espenhain und im VEB Kombinat „Otto Grotewohl" Böhlen angewandt wird. Als Verschwelung bezeichnet man die Entgasung der Kohle bei Temperaturen von etwa 500°C. Der dabei entstehende **Schwelkoks** wird zu Heizgasen verarbeitet. Aus dem in reichlichen Mengen anfallenden **Schwelteer** werden Kraftstoffe, Heizöl, Paraffin und andere Produkte erzeugt.

Die Vergasung der Kohle

Kohlen, die bei der Entgasung wenig Gase abgeben (gasarme Kohlen), und Koks lassen sich durch chemische Verfahren fast völlig in brennbare Gasgemische umwandeln. Gasförmige Brennstoffe können durch Rohrleitungen transportiert werden. Sie erfordern keine umfangreichen Verlade- und Entladearbeiten, wie sie bei festen Brennstoffen notwendig sind. Die Gasheizung ist einfach zu handhaben. Sie hat außerdem gegenüber der Kohleheizung den Vorzug der größeren Sauberkeit.

Die vollständige Umsetzung fester Brennstoffe in hochwertige Heizgase wird als **Vergasung der Kohle** bezeichnet. Die Vergasung der Kohle ist ein weiteres Verfahren der Kohleveredlung.

1. Generatorgas. Wir stellen im folgenden Versuch ein brennbares Gas aus Holzkohle und Luft her.



Versuch 27: *Wir stellen die Versuchsanordnung nach Abbildung 73 zusammen und leiten einen Luftstrom durch eine längere Schicht stark erhitzter Holzkohle. Das Gas wird durch eine Waschflasche mit Kalkwasser geleitet und in einem Standzylinder pneumatisch aufgefangen.*
Beobachte den Standzylinder und die Waschflasche! Was schließt du aus deiner Beobachtung?
Das im Standzylinder aufgefangene Gas entzünden wir. Welche Farbe hat die Flamme?
Nach dem Abbrennen des Gases geben wir Kalkwasser in den Standzylinder und schütteln.
Was beobachtest du?

Wird Luft durch eine längere Schicht hocherhitzter Kohle geleitet, so entsteht ein brennbares Gas. Es ist ein Gemisch aus Kohlenmonoxyd, Stickstoff und etwas Kohlendioxyd. Am Anfang der Kohleschicht verbrennt der Kohlenstoff mit dem Sauerstoff der Luft zu Kohlendioxyd. Das Kohlendioxyd wird auf seinem Wege durch die glühende Kohleschicht zum größten Teil zu Kohlenmonoxyd reduziert:

$$C + 2O \rightarrow CO_2$$
$$C + CO_2 \rightarrow 2CO.$$

Wo lernten wir diese Vorgänge schon einmal kennen?

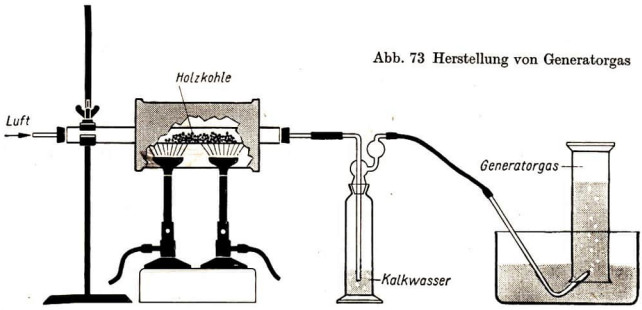


Abb. 73 Herstellung von Generatorgas

In der Industrie wird in großen Mengen ein brennbares Gas aus gasarmen Steinkohlen, Braunkohlen oder Koks und Luft im **Generator** erzeugt. Der Generator ist ein Schachtofen, der mit einem Rost versehen ist (Abb. 74). Er wird von oben her mit den zu vergasenden Brennstoffen beschickt. Von unten wird durch den Rost Luft eingeblasen. Das Gas, das den Generator aus dem oberen Teil verläßt, besteht aus etwa 30 % Kohlenmonoxyd, 50—60 % Stickstoff und 5 % Kohlendioxyd. Es heißt **Generatorgas.** Die Asche wird aus dem unteren Teil des Generators ausgetragen. Bei der Umsetzung im Generator wird Wärme frei.

Generatorgas wird als Heizgas verwendet. Es dient zum Beispiel zum Heizen der Kammeröfen in der Kokerei und der Schmelzöfen in der Metall- und Glasindustrie. Aus Generatorgas wird Stickstoff für die Erzeugung von Ammoniak, einem Ausgangsstoff für die Produktion von Stickstoffdüngemitteln, gewonnen.

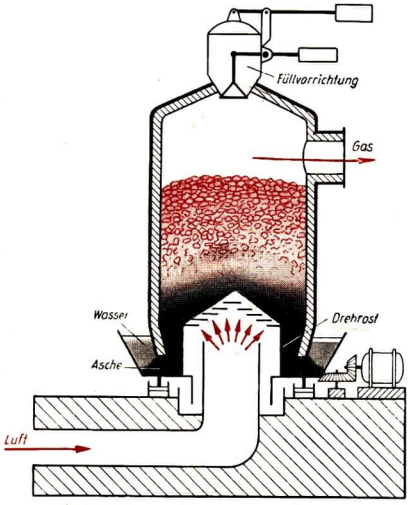


Abb. 74 Schematische Darstellung eines Generators

Generatorgas wird durch Überleiten von Luft über glühende gasarme Steinkohlen, Braunkohlen oder Koks erzeugt. Es besteht in der Hauptsache aus Kohlenmonoxyd und Stickstoff.

2. Wassergas. Ein weiteres Verfahren der Vergasung von Kohle beruht darauf, daß Wasserdampf durch glühende Kohlen- oder Koksschichten geleitet wird.

Wir wissen, daß erhitzte unedle Metalle, wie Magnesium, Wasserdampf zu Wasserstoff reduzieren. Ähnlich verhält sich der Kohlenstoff.

Versuch 28: *Wir stellen die Versuchsanordnung nach Abbildung 75 zusammen und leiten Wasserdampf über stark erhitzte Holzkohle. Das Gas wird durch eine Waschflasche mit Kalkwasser geleitet und in einem Standzylinder pneumatisch aufgefangen. Beobachte den Standzylinder und die Waschflasche! Wir entzünden das im Standzylinder aufgefangene Gas. Beschreibe die Flamme! Was beobachtest du an der Innenwand des Standzylinders?*

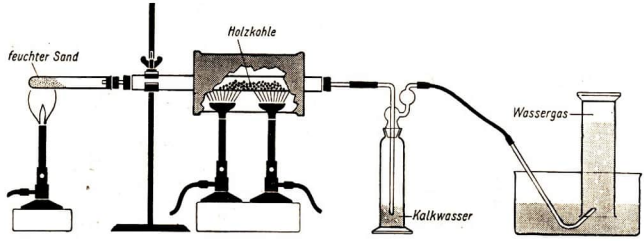


Abb. 75 Herstellung von Wassergas

Wenn Wasserdampf auf stark erhitzten Kohlenstoff einwirkt, so entsteht ein brennbares Gas. Kohlenstoff reduziert Wasser zu Wasserstoff und wird dabei zu Kohlenmonoxyd oxydiert:

$$C + H_2O \rightarrow CO + 2\,H.$$

Das brennbare Gas ist im wesentlichen ein Gemisch aus 50 % Wasserstoff und etwa 40 % Kohlenmonoxyd. Daneben sind noch Kohlendioxyd und Stickstoff enthalten. Ein solches Gasgemisch heißt **Wassergas.**

Wassergas wird in erheblichen Mengen hergestellt. Bei der Erzeugung von Wassergas wird Wärme verbraucht. Die Temperatur der Kohle sinkt durch den Wärmeverbrauch schnell ab. In der Industrie wird daher den Wassergaserzeugern Wasserdampf zusammen mit etwas Sauerstoff zugeführt. Dadurch wird stets eine kleinere Menge Kohle verbrannt. Die bei der Verbrennung entwickelte Wärme deckt den Wärmebedarf bei der Wassergasbildung.

Wassergas wird durch Überleiten von Wasserdampf über glühende Kohlen oder Koks erzeugt. Es besteht vor allem aus Wasserstoff und Kohlenmonoxyd.

In der chemischen Industrie wird Wassergas meist in einem Generator erzeugt, der von FRITZ WINKLER entwickelt wurde. Als Ausgangsstoff für die Erzeugung von Wassergas dient Braunkohle. Vielfach wird auch Koks verwendet. Abbildung 76 zeigt einen modernen **WINKLER-Generator**. Er besteht im wesentlichen aus einem zylindrischen Ofen ohne Rost (Abb. 77).

Die getrocknete, grob gemahlene Kohle gelangt aus dem Bunker über eine Eindrehschnecke in den Ofen. Die Eindrehschnecke arbeitet ähnlich wie die Schnecke in einem Fleischwolf. Durch Düsen wird ein Gemisch von Wasserdampf und Sauer-

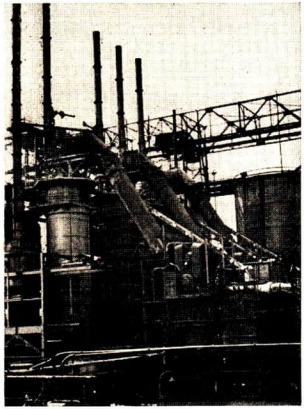


Abb. 76 Winkler-Generatoren im VEB Hydrierwerk Zeitz

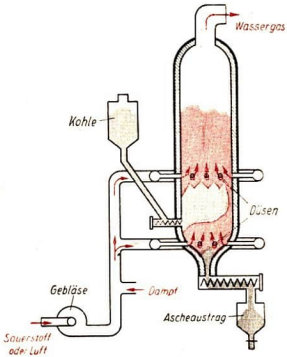


Abb. 77 Schematische Darstellung eines Winkler-Generators

stoff eingeblasen. Dadurch wird die Kohle aufgewirbelt und in der Schwebe gehalten. In der Wirbelschicht vergast die Kohle. Das dabei angewandte Verfahren ist das **Wirbelschichtverfahren**. Das Wassergas strömt oben aus dem Ofen ab. Schlacke und Asche werden durch den Ascheaustrag aus dem Ofen entfernt.

Der WINKLER-Generator arbeitet kontinuierlich. Ein Ofen von etwa $3^1/_2$ m Durchmesser liefert 30000 bis 40000 m^3 Wassergas in der Stunde.

Wassergas wird als Heizgas, als Zusatz zum Steinkohlengas und als Ausgangsstoff für chemisch-technische Prozesse verwendet. So wird zum Beispiel aus Wassergas Wasserstoff für die Produktion von Kraftstoffen und Ammoniak gewonnen. Die bedeutendste Wassergasanlage der Deutschen Demokratischen Republik befindet sich im VEB Leuna-Werke „Walter Ulbricht".

3. Druckvergasung. Bei diesem Verfahren werden der stark zerkleinerten, vorgetrockneten Braunkohle oder den kleineren Koksstücken bei hohen Temperaturen

und unter Druck Sauerstoff und Wasserdampf zugesetzt. Wasserdampf wird durch Kohlenstoff reduziert. Es entstehen dabei Kohlenmonoxyd und Wasserstoff:

$$C + H_2O \rightarrow CO + 2\,H.$$

In dem bei der Druckvergasung erzeugten Gasgemisch befindet sich ferner noch ein großer Prozentsatz Methan CH_4. Die Reinigung des Gasgemisches ist einfach. Das entstandene Gasgemisch zeichnet sich durch einen hohen Heizwert aus. Ein weiterer Vorteil ist der geringere Sauerstoffverbrauch gegenüber den anderen Verfahren der Kohlevergasung. In unserer Republik erzeugt der VEB Kombinat „Otto Grotewohl" Böhlen in 10 Generatoren Druckvergasungsgas, das durch Ferngasleitungen vor allem Industriebetrieben in den Bezirken Leipzig, Halle und Magdeburg zugeführt wird.

Die Vergasung von Braunkohle oder Koks unter Druck wird in der Deutschen Demokratischen Republik noch mehr an Bedeutung gewinnen. Es ist vorgesehen, im Kombinat „Schwarze Pumpe" die Druckvergasung der Braunkohle in weit größerem Umfange als in Böhlen anzuwenden.

In Tabelle 3 sind Gewinnung, Zusammensetzung und Verwendung der wichtigsten industriellen Heizgase zusammengefaßt.

Tabelle 3. Wichtige Industriegase

Gasart	Ausgangsstoffe	Hauptbestandteile	Heizwert kcal/m³	Verwendung
Steinkohlen-kokereigas	Steinkohle	etwa 50 % Wasserstoff etwa 30 % Methan etwa 10 % Kohlenmonoxyd	3000—4200	Stadtgas, Ferngas
Braunkohlen-kokereigas	Braunkohlen-feinstkornbrikett	etwa 35% Wasserstoff etwa 20% Kohlenmonoxyd etwa 18% Kohlendioxyd etwa 15% Methan	3010	Stadtgas, Ferngas, chemische Prozesse
Generatorgas	Braunkohlenbrikett, Koks, Steinkohle, Luft	etwa 30 % Kohlenmonoxyd etwa 60 % Stickstoff etwa 5 % Kohlendioxyd	1200—1400	Heizgas für Industrieöfen
Wassergas	Koks Wasser Sauerstoff	etwa 50 % Wasserstoff etwa 40 % Kohlenmonoxyd	2500	Zusatz zum Stein- oder Braunkohlen-kokereigas, chemische Großprozesse
Druckvergasungsgas	Braunkohle Wasser Sauerstoff	etwa 50 % Wasserstoff etwa 20 % Methan etwa 20 % Kohlenmonoxyd	3800	Stadtgas, Ferngas, chemische Großprozesse

Die Bedeutung der Kohle für unsere Volkswirtschaft

Die Kohle gehört zu unseren wichtigsten Rohstoffen. Sie wird heute so vielseitig verwendet, daß sie für alle Zweige der Industrie, für den Verkehr und den Haushalt ganz besondere Bedeutung hat. Abbildung 78 gibt einen Überblick über die Verwendung der Braunkohle.

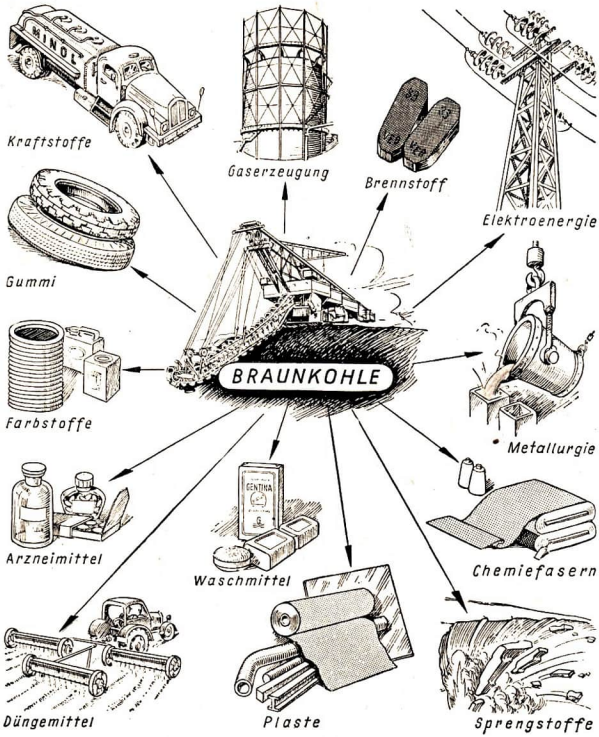


Abb. 78 Verwendung der Braunkohle

Die chemische Industrie verbraucht täglich gewaltige Mengen Kohle. Aus der Kohle oder aus den durch Kohleveredlung gewonnenen Stoffen werden viele wichtige Produkte hergestellt: Kraftstoffe, Plaste, Gummi, Chemiefasern, Farbstoffe, Lacke, Arzneimittel, Sprengstoffe, Waschmittel, Düngemittel und noch viele andere Erzeugnisse.

Bei der technischen Erzeugung von Metallen, wie Eisen oder Kupfer, wird Kohle als Reduktionsmittel benutzt.

Ganz besondere Bedeutung hat die Kohle für unsere Energiewirtschaft. Sie ist der wichtigste Brennstoff zur Erzeugung von Wärmeenergie in der Industrie, bei der Eisenbahn und im Haushalt. Ein sehr großer Teil der geförderten Kohle wird in den Kraftwerken zur Erzeugung von Elektroenergie verbraucht. Unsere Elektroenergie wird überwiegend mit Hilfe von Kohle erzeugt. In unserer Republik liefert die Kohle (Braun- und Steinkohle) 98,5 % der benötigten Elektroenergie.

Bei der Verbrennung von Kohle gehen jedoch viele wertvolle Bestandteile verloren. Die Größe der Verluste wird besonders deutlich, wenn man bedenkt, was aus der Braunkohle bei der chemischen Verarbeitung hergestellt werden kann. Die Verbrennung der Kohle in Industrie und Haushalt ist auch deshalb unrentabel, weil nur 10 bis 20 % der aus Rohbraunkohle erzeugbaren Wärmeenergie genutzt wird. Wir gehen deshalb mehr und mehr dazu über, die Kohle durch Entgasung und Vergasung zu veredeln. So werden wichtige Ausgangsstoffe für unsere chemische Industrie gewonnen.

In der Deutschen Demokratischen Republik geht im Rahmen des sozialistischen Aufbaus eine gewaltige industrielle Entwicklung vor sich. Unsere Volkswirtschaftspläne sehen vor, durch Modernisierung und Erweiterung unserer Industriewerke die Produktion von Erzeugnissen aller Art ständig zu steigern. Neue Werkanlagen werden mit automatisch arbeitenden Maschinen ausgerüstet, die den Werktätigen die Arbeit erleichtern und gleichzeitig eine umfangreichere Produktion ermöglichen. Diese wirtschaftlichen Aufgaben erfordern in steigendem Maße Wärmeenergie und vor allem Elektroenergie, also mehr Kohle.

Steinkohle kommt in der Deutschen Demokratischen Republik nur in wenigen kleineren Lagerstätten vor, die für unsere Republik jedoch große Bedeutung haben. Dagegen besitzen wir sehr ausgedehnte Braunkohlenlager. Sie konnten erst unter den Verhältnissen der Arbeiter-und-Bauern-Macht systematisch erforscht und ausgenutzt werden.

Die Deutsche Demokratische Republik steht in der Braunkohlenförderung an erster Stelle in der Welt. Im Jahre 1958 entfielen rund 35 % der Braunkohlenförderung der Welt auf die Deutsche Demokratische Republik. Der wachsende Kohlebedarf unserer Industrie wird daher vor allem durch eine beträchtliche Steigerung der Braunkohlenförderung gedeckt.

Das setzt eine umfangreiche Produktion von technischen Ausrüstungen für die Braunkohlenförderung voraus. Den Ingenieuren, Technikern und Arbeitern unserer Schwermaschinenbaubetriebe gelang es im Verlauf des 1. Fünfjahrplans, moderne Kohleförderanlagen zu entwickeln. Unsere wichtigsten Betriebe für Bergbauausrüstungen, wie der VEB Schwermaschinenbau Lauchhammerwerk, der VEB Schwermaschinenbau Georgij Dimitroff Magdeburg und der VEB Förderanlagenbau Köthen, liefern heute Bagger- und Förderanlagen nicht nur für den inländischen Bedarf, sondern auch für den Export. In der Volksrepublik Polen werden zum Beispiel mit Hilfe von Förderanlagen aus der Deutschen Demokratischen Republik Braunkohlentagebaue erschlossen.

Viele Braunkohlentagebaue auf dem Gebiet der Deutschen Demokratischen Republik werden schon seit Jahrzehnten ausgenutzt, so daß eine größere Anzahl der Vorkommen in den letzten Jahren erschöpft war. Es war daher notwendig, neue Tagebaue zu erschließen.

Trotz dieser Arbeiten konnte die Braunkohlenförderung in den letzten Jahren erheblich gesteigert werden. Während im Jahre 1936 im Gebiet der Deutschen

Demokratischen Republik 101 Millionen Tonnen Rohbraunkohle gefördert wurden, waren es 1958 215 Millionen Tonnen. Abbildung 79 zeigt die Entwicklung der Rohbraunkohlenförderung von 1936 bis 1958.

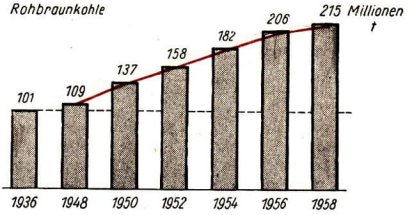


Abb. 79 Entwicklung der Rohbraunkohlenförderung in der Deutschen Demokratischen Republik

Eine weitere Steigerung des Braunkohlenabbaus wird durch weitere Maßnahmen der Mechanisierung bei der Abraum- und Kohleförderung sowie durch Erschließung bisher ungenutzter Vorkommen erzielt. Das erfordert umfangreiche Arbeiten, die sich für jeden neuen Tagebau über mehrere Jahre erstrecken. Darum ist es notwendig, für den weiteren Ausbau der Kohlewirtschaft rechtzeitig Maßnahmen zu treffen.

Im Jahre 1957 beschloß die Regierung der Deutschen Demokratischen Republik ein Kohle- und Energieprogramm, das die Entwicklung der Kohle- und Energiewirtschaft auf viele Jahre voraus festlegt. Nach diesem Programm sind der Aufschluß von weiteren Braunkohlenvorkommen und der Bau neuer Brikettfabriken, Kraftwerke und Kohleveredlungsanlagen vorgesehen.

Auf dem V. Parteitag der Sozialistischen Einheitspartei Deutschlands im Jahre 1958 wurde beschlossen, daß die Förderung von Rohbraunkohle als einer wichtigen Energie- und Rohstoffgrundlage sowie die Produktion von Briketts und Gas stark gesteigert werden.

Der Schwerpunkt für die Lösung dieser Aufgabe liegt im Gebiet der Niederlausitz, da hier die umfangreichsten Braunkohlenvorräte der Deutschen Demokratischen Republik liegen. Der Bau des größten Kohlekraftwerkes Europas bei Lübbenau ist ein Teil des Kohle- und Energieprogramms. In der Niederlausitz bei Hoyerswerda errichten Tausende von Menschen in planvoller Arbeit das größte Braunkohleveredlungswerk der Welt, das Kombinat „Schwarze Pumpe". Mit dem Bau wurde 1956 begonnen. Dieses Kombinat wird außer neuen Tagebauen, drei Brikettfabriken, Kraftwerke, Großkokereien nach dem Vorbild von Lauchhammer und andere Kohleveredlungsanlagen erhalten. Das Kombinat „Schwarze Pumpe" wird nach seiner Fertigstellung große Mengen BHT-Koks, Ferngas, Elektroenergie, Öle, Teer und Ausgangsstoffe für die Erzeugung von Plasten liefern. Dieses große Kombinat stellt jährlich weit mehr Gas für Industrie und Haushalte her, als sämtliche Gaswerke und Kokereien der Deutschen Demokratischen Republik.

In Zukunft werden neben der Braunkohle in wachsendem Umfang Erdöl und Erdgas als Rohstoffquellen in der Deutschen Demokratischen Republik eine bedeutende Rolle spielen. Unsere Republik wird große Mengen Erdöl aus der Sowjetunion erhalten.

Im Rahmen der gegenseitigen Wirtschaftshilfe der sozialistischen Staaten wird eine gewaltige Leitung gebaut, die das Erdöl in unsere Republik transportiert und aus der in jeder Minute 8 t Erdöl fließen werden. Bei Schwedt an der Oder entsteht ein großes Kombinat für die Verarbeitung des Erdöls. Die Sowjetunion stellt uns

bei der Entwicklung dieses für uns neuen Industriezweiges ihre langjährigen Erfahrungen auf dem Gebiete der Erdölindustrie zur Verfügung.

Für die nächsten Jahrzehnte ist ein noch größerer Bedarf an Elektroenergie zu erwarten, der mit Kohle allein nicht mehr gedeckt werden kann. Deshalb soll die Atomkraft neben die Kohle als Quelle für Elektroenergie treten. Der Bau des ersten Atomkraftwerkes der Deutschen Demokratischen Republik bei Rheinsberg (Mark) ist ein Ausdruck der sorgfältigen Planung unserer Regierung bei der Entwicklung unserer Energiewirtschaft. In Zukunft werden noch weitere Atomkraftwerke errichtet. Dabei unterstützt uns die Sowjetunion ebenfalls in großzügiger Weise.

Die Zusammenarbeit und gegenseitige Hilfe der sozialistischen Länder tragen somit wesentlich dazu bei, daß unsere Kohlevorkommen immer vorteilhafter für die chemische Industrie und die Metallerzeugung genutzt werden.

Wiederholungsfragen und Aufgaben:

1. *Beschreibe die Entstehung der Mineralkohlen durch Inkohlung!*
2. *Beschreibe die Förderung der Braunkohle im Tagebau!*
3. *Beschreibe die Förderung der Steinkohle!*
4. *Was ist unter „Veredlung der Kohle" zu verstehen?*
5. *Welche Verfahren der Kohleveredlung kennst du?*
6. *Welche Bedeutung hat die Veredlung der Kohle?*
7. *Beschreibe die Entgasung der Kohle in der Kokerei!*
8. *Sprich über die Bedeutung der Großkokerei im VEB Braunkohlenkombinat Lauchhammer!*
9. *Welche wirtschaftliche Bedeutung haben die Regeneratoren?*
10. *Welche chemische Umsetzung vollzieht sich bei der Herstellung von Generatorgas? Gleichung!*
11. *Welche Reaktion spielt sich bei der Gewinnung von Wassergas ab? Gleichung!*
12. *Beschreibe Bau und Arbeitsweise des Winkler-Generators! Wie wird die dort notwendige Wärme erzeugt?*
13. *Stelle die durchschnittliche Zusammensetzung wichtiger Industriegase als Kreisdiagramme dar (Tabelle 3)!*
14. *Vergleiche Entgasung und Vergasung der Kohle!*
15. *Erläutere die volkswirtschaftliche Bedeutung der Kohle!*
    Sprich über
    a) *Verwendung der Kohle!*
    b) *Maßnahmen unserer Regierung, um die Gewinnung von Braunkohle zu steigern!*
    c) *Maßnahmen unserer Regierung, um alle wichtigen, in der Braunkohle enthaltenen Stoffe zu verwerten!*
16. *Sprich über die Rolle des künftigen Braunkohlenkombinats „Schwarze Pumpe" bei der Erhöhung unseres Lebensstandards!*
17. *Sprich über den künftigen Einsatz anderer Rohstoff- und Energiequellen an Stelle der Braunkohle!*



Auslage in einem Glaswarengeschäft

Vielfarbig glitzern die Glasgegenstände auf den Verkaufstischen eines Glaswarengeschäftes. Sehr viele Geräte für Haushalt, Gewerbe, Industrie und Labor werden aus Glas hergestellt. Der Werkstoff Glas besteht aus Verbindungen des Elements Silicium, das wir im folgenden Kapitel näher kennenlernen werden.

3. KAPITEL

Silicium und seine wichtigsten Verbindungen

Silicium

Silicium ist ein chemisches Element mit dem Symbol Si. Es gehört wie Kohlenstoff zu den Nichtmetallen und ist wie dieser vierwertig.

Silicium kommt in der Natur nicht elementar vor, es ist aber in Form seiner Verbindungen weit verbreitet. Ein Viertel der Masse unserer Erdrinde besteht aus diesem Stoff. Damit ist Silicium nach dem Sauerstoff, der die Hälfte der Erdrinde ausmacht, das zweithäufigste Element. Es folgen die Elemente Aluminium, Eisen, Calcium, Natrium, Kalium und Magnesium mit zusammen etwa 23%. Die restlichen 2% verteilen sich auf alle übrigen Elemente (Abb. 80). Der Kohlenstoff, der wichtigste Bestandteil des Pflanzen- und Tierkörpers, der außerdem in den Kohlen und in der Luft vor-

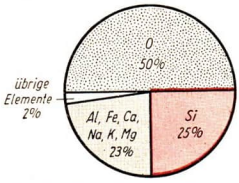


Abb. 80 Häufigkeit der Elemente in der Erdrinde

kommt, hat am Aufbau der Erdrinde sowie der Luft- und Wasserhülle nur einen Anteil von etwa 0,2 %. Zu dieser Erkenntnis kamen die Menschen, nachdem die chemische Zusammensetzung vieler Gesteine und Mineralien erforscht und Untersuchungen über die Erdrinde durchgeführt wurden. Die Geologen stellten dabei fest, daß die meisten Gesteine der Erdkruste aus Siliciumverbindungen bestehen.

Das Silicium wurde 1823 von dem schwedischen Chemiker JÖNS JACOB BERZELIUS als Element erkannt. Er stellte es als einen Bestandteil des Kieselsteines fest und gab ihm danach den Namen.[1])

Silicium kann auf chemischem Wege aus seinen Verbindungen dargestellt werden. In Pulverform sieht es braun aus, in Kristallform hat es dunkelgraue Farbe. Es ist ein sehr harter Stoff, mit dem sich, ähnlich wie mit Diamant, Glas ritzen läßt.

Silicium verbindet sich mit den meisten Elementen erst bei hohen Temperaturen. Gegenüber Säuren ist es sehr beständig, reagiert aber mit Kalilauge oder Natronlauge. Die Eigenschaften des Siliciums und der Aufbau seiner Verbindungen zeigen Ähnlichkeiten mit dem Kohlenstoff.

Silicium ist das zweithäufigste Element der Erdrinde. Es hat das Symbol Si. In seinen Eigenschaften und dem chemischen Verhalten ähnelt es dem Kohlenstoff.

Siliciumdioxyd

Eine wichtige Verbindung des Siliciums ist das **Siliciumdioxyd.** Es ist unter den am Aufbau der Erdrinde beteiligten Verbindungen die häufigste. Seine Zusammensetzung entspricht der des Kohlendioxyds:



SiO_2



CO_2

Im Gegensatz zum gasförmigen Kohlendioxyd ist das Siliciumdioxyd aber ein fester, sehr harter Stoff. Es kommt in der Natur als **Quarz** vor. Der Sand besteht aus vielen kleinen Quarzkörnern. Quarz ist auch als Gemengebestandteil in Gesteinen wie zum Beispiel im Granit enthalten.

Reinen Quarz findet man in der Natur zuweilen in gut ausgebildeten, wasserklaren Kristallen als **Bergkristall** (Abb. 81). Sowjetischen Forschern ist es gelungen, den seltenen Bergkristall im Laboratorium zu erzeugen.

Siliciumdioxyd ist chemisch gegen die meisten Säuren sehr widerstandsfähig. Durch Magnesium kann es zu Silicium

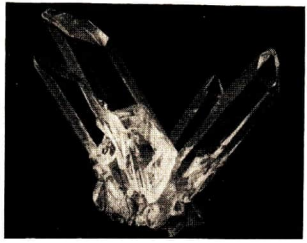


Abb. 81 Bergkristall

[1]) silex (lateinisch) = Kieselstein

reduziert werden. Wegen seiner Härte wird Siliciumdioxyd in Form von kleinen Quarzkörnern auf Gewebe oder starkes Papier geleimt (Sandpapier) und so zum Glätten der Oberfläche bei der Holzbearbeitung verwendet.

Der Quarzsand wird in großen Mengen zur Bereitung von Mörtel genutzt. Er ist auch ein wichtiger Ausgangsstoff für die Glasindustrie.

Das Siliciumdioxyd ist ferner ein wichtiger Rohstoff für die Herstellung von **Silikonen**. Silikone sind kompliziertere Verbindungen des Siliciums, die als Plaste in der Technik bereits große Bedeutung besitzen. Diese Plaste zeichnen sich durch besonders günstige Eigenschaften, wie zum Beispiel Temperaturbeständigkeit und wasserabweisende Wirkung, aus. Silikone werden in der Deutschen Demokratischen Republik im VEB Chemiewerk Nünchritz hergestellt.

Das Siliciumdioxyd SiO_2 kommt als Quarz in der Natur vor. Es wird zur Herstellung von Sandpapier benutzt, dient zur Mörtelbereitung und ist ein wichtiger Ausgangsstoff für die Glas- und Silikonherstellung.

Kieselsäure

Silicium bildet noch weitere Verbindungen, die in ihrer Zusammensetzung denen des Kohlenstoffs entsprechen.

Kohlendioxyd setzt sich mit Wasser teilweise zu Kohlensäure um. Die Kohlensäure ist außerordentlich unbeständig und zerfällt leicht in Kohlendioxyd und Wasser:

$$H_2CO_3 \rightleftarrows CO_2 + H_2O.$$

Auch vom Silicium ist eine Säure bekannt, deren Zusammensetzung der der Kohlensäure entspricht. Es ist die **Kieselsäure H_2SiO_3**.

Name	Formel	Anhydrid
Kohlensäure	H_2CO_3	CO_2
Kieselsäure	H_2SiO_3	SiO_2

Siliciumdioxyd ist das Anhydrid der Kieselsäure. Im Gegensatz zur Kohlensäure kann man Kieselsäure jedoch nicht durch Umsetzung des Anhydrids mit Wasser gewinnen. Die Kieselsäure ist noch unbeständiger und schwächer als die Kohlensäure. Sie zerfällt in Wasser und in ihr Anhydrid:

$$H_2SiO_3 \rightarrow H_2O + SiO_2.$$

Siliciumdioxyd ist das Anhydrid der Kieselsäure H_2SiO_3. Kieselsäure ist noch unbeständiger als die Kohlensäure und zerfällt leicht in Wasser und Siliciumdioxyd.

Silicate

Die Salze der Kieselsäure heißen **Silicate.** Sie sind im Gegensatz zur Säure sehr beständige Verbindungen. Silicate lassen sich nicht durch Umsetzung der Säure mit Metallen oder Basen darstellen.

Einen Weg zu ihrer Herstellung zeigt uns wieder der Vergleich mit den entsprechenden Verbindungen der Kohlensäure, den Carbonaten.

Carbonate konnten wir durch Einwirkung des Anhydrids der Kohlensäure, des Kohlendioxyds, auf eine Base herstellen (Versuch 4). Wir prüfen, ob die Silicate in gleicher Weise aus dem Anhydrid der Kieselsäure und Basen dargestellt werden können.

Versuch 29: *In ein Reagenzglas geben wir fein gepulvertes Siliciumdioxyd und erhitzen einige Zeit mit konzentrierter Natronlauge. Ein Tropfen der klaren Lösung wird eingedampft.*

Es entsteht **Natriumsilicat Na_2SiO_3**. Die Gleichung für den Vorgang lautet:

$$2\,NaOH + SiO_2 \rightarrow H_2O + Na_2SiO_3.$$

Der Versuch bestätigt, daß zwischen dem chemischen Verhalten des Siliciums und dem des Kohlenstoffs Ähnlichkeiten bestehen. Die sirupartige Lösung von Natriumsilicat in Wasser wird als Natronwasserglas bezeichnet.

Wir wollen noch eine weitere Möglichkeit der Silicatbildung kennenlernen.

Versuch 30: *In einem schwerschmelzbaren Reagenzglas wird ein Gemisch von fein gepulvertem Siliciumdioxyd und Blei(II)-Oxyd PbO im Gebläse verschmolzen (Abb. 82). Mit einem Draht wird ein Faden aus der Schmelze gezogen.*

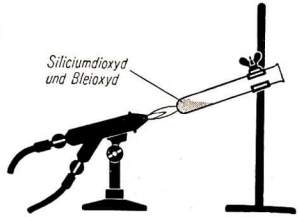


Abb. 82 Herstellung von Bleisilicat

Die folgende Gleichung gibt uns den Vorgang für die Bildung von **Bleisilicat** an:

$$PbO + SiO_2 \rightarrow PbSiO_3.$$

Das Bleisilicat erstarrt zu einer glasartigen, festen Masse, die sich in Wasser nicht löst.

Die meisten Silicate sind in Wasser praktisch unlöslich. Neben dem Siliciumdioxyd sind sie Bestandteile der Silicatgesteine. In den Gesteinen treten vor allem Gemische von Natrium-, Kalium-, Calcium-, Magnesium-, Aluminium- und Eisensilicaten auf.

Von den bekannten Silicaten sind lediglich Natriumsilicat und Kaliumsilicat wasserlöslich (**Wasserglas**). Man verwendet sie zum Tränken von Holz und Geweben, die dadurch feuerfest werden. Allerdings ist der Schutz nur vorübergehend, da Feuchtigkeit und Kohlendioxyd der Luft den Überzug langsam zerstören.

Rührt man Wasserglas mit Calcium-, Magnesium- oder Zinkoxyd zu einem Brei an, so entsteht ein Kitt, der unter Bildung unlöslicher Silicate erstarrt. Wasserglaslösungen dienen auch zur Herstellung von Büroleim. Wasserglas wird ferner zum Konservieren von Eiern benutzt. Dabei setzt sich das Natriumsilicat mit dem Calciumcarbonat der Kalkschale unter Bildung von Calciumsilicat um, das die Poren der Eierschalen verschließt und so das Eindringen von Bakterien verhindert.

Silicate sind die Salze der Kieselsäure. Sie können durch Umsetzung von Siliciumdioxyd mit Basen oder Basenanhydriden hergestellt werden.

1. Der technische Prozeß der Glasherstellung. Der Werkstoff Glas ist den Menschen schon seit sehr langer Zeit bekannt. Das älteste Glasstück wurde in Ägypten gefunden. Es stammt aus einer Zeit um 5000 v. u. Z. Inschriften und Funde beweisen, daß vor etwa 4000 Jahren, wahrscheinlich im Gebiet der Republik Irak, Glas hergestellt wurde. Die Römer eigneten sich bei der Eroberung Ägyptens die Technik der Glasherstellung an und entwickelten sie weiter. Während man zunächst nur Klumpen aus trübem Glas als wertvollen Schmuck herstellen konnte, war es den Römern bereits möglich, einfache Geräte aus Glas herzustellen, deren Gebrauch sich jedoch nur reiche Römer gestatten konnten.

Mit der gewaltsamen Ausdehnung des römischen Reiches gelangte die Kenntnis von der Glasherstellung auch nach Deutschland. In den alten Römerstädten Köln, Worms und Trier wurde Glas hergestellt. Italien blieb aber während des gesamten Mittelalters der wichtigste Erzeuger von Glas in Europa.

In Deutschland entwickelten sich im Thüringer Wald und im Schwarzwald die Anfänge der Glasherstellung. Über das erzeugte Glas verfügte noch bis ins 13. Jahrhundert vor allem die Kirche. Während in dieser Zeit die Fenster in Klöstern und anderen kirchlichen Bauten mit dem damals kostbarem Werkstoff Glas ausgestattet wurden, mußten die Bauern in dunklen Wohnungen leben.

Als später die Landesherren über die Glasherstellung verfügten, wurde mehr Glas erzeugt, aber es kam nur denen zu gute, die es sich auf Grund ihres Reichtums kaufen konnten.

Erst mit der Entwicklung industrieller Verfahren zur Sodaherstellung, der Nutzung von Kohle als Energiequelle und der Einführung der SIEMENSschen Regenerativfeuerung wurden Voraussetzungen dafür geschaffen, daß das Glas zu einem der wichtigsten Werkstoffe werden konnte, dem sich immer weitere Verwendungsgebiete erschließen.

a) Chemische Grundlagen

In Versuch 30 sahen wir, daß beim Verschmelzen von Bleioxyd mit Siliciumdioxyd ein Silicat mit glasartigen Eigenschaften entsteht.

Entsprechend diesem Versuch können auch aus anderen Metalloxyden und Quarz Silicate mit derartigen Eigenschaften hergestellt werden.

Unsere gebräuchlichen Glassorten sind Mischsilicate, die aus möglichst billigen Ausgangsstoffen hergestellt werden. In großen Mengen erzeugt man heute ein Natrium-Calcium-Mischsilicat.

Natriumoxyd Na_2O und Calciumoxyd CaO kommen jedoch nicht als Ausgangsstoffe für die technische Glasherstellung in Frage, da sie erst in besonderen technischen Prozessen aus anderen Verbindungen hergestellt werden. Damit würde das hergestellte Glas sehr teuer. Man benutzt deshalb außer Siliciumdioxyd die Carbonate des Natriums und des Calciums (Soda und Kalkstein) als Ausgangsstoffe. Für die chemischen Vorgänge in der Schmelze können wir folgende Gleichungen aufstellen:

$$Na_2CO_3 + SiO_2 \rightarrow Na_2SiO_3 + CO_2\uparrow$$
$$CaCO_3 + SiO_2 \rightarrow CaSiO_3 + CO_2\uparrow$$

Unsere Darstellung der Vorgänge, die in der Glasschmelze ablaufen, ist aber gegenüber den tatsächlich ablaufenden Reaktionen wesentlich vereinfacht.

b) Technische Durchführung

Ausgangsstoffe. Für die Glasherstellung verwendet man sehr feinen **Sand** (Siliciumdioxyd), dessen Korngröße meist zwischen 0,1 mm und 0,3 mm liegt. Zur Herstellung von optischem Glas achtet man vor allem darauf, daß der Sand nur ganz geringe Mengen Eisenoxyd mitführt, weil sonst das Glas grün gefärbt würde.

Der zur Glaserzeugung verwendete **Kalkstein** (Calciumcarbonat) soll ebenfalls möglichst wenig Begleitstoffe (besonders Eisenverbindungen) enthalten.

Soda (Natriumcarbonat) wird den Glaswerken von den Sodafabriken geliefert.

Außerdem dient als Ausgangsstoff **Scherbenglas**, das das Schmelzen der Glasmasse erleichtert. Dadurch werden gleichzeitig wertvolle andere Ausgangsstoffe eingespart.

Aufbereitung. Die Ausgangsstoffe werden den Glaswerken meistens gemahlen geliefert. Ihre Korngröße muß 0,1 bis 0,3 mm betragen. Sie werden abgewogen und in einem genau berechneten Gewichtsverhältnis vermischt. Bei der Aufbereitung muß besonders sorgfältig verfahren werden,

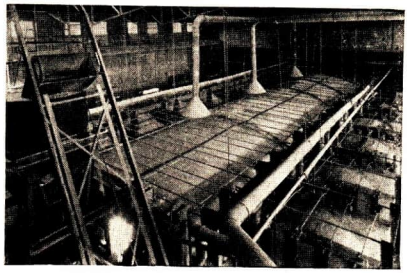


Abb. 83 Wannenofen in einer Torgauer Glashütte

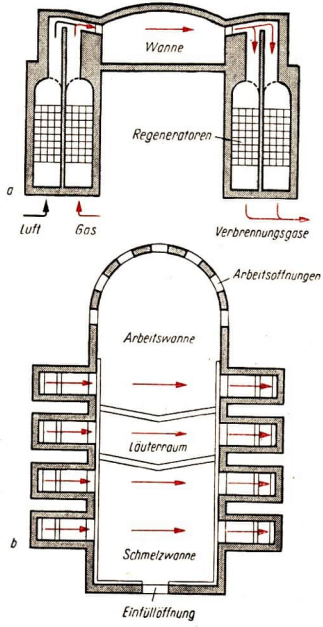


Abb. 84 Schematische Darstellung eines Wannenofens
a) Aufriß b) Grundriß

denn sehr unterschiedliche Korngrößen der einzelnen Gemengebestandteile, ungenaues Wiegen und schlechtes Mischen führen zu Fehlern im Glas.

Chemische Umsetzung. Das fertige Gemenge wird in Schmelzöfen gebracht. Es gibt Wannenöfen und Hafenöfen.

Der **Wannenofen** (Abb. 83) dient zur Erzeugung großer Glasmengen. Er besteht aus einer großen feuerfesten Wanne (Abb. 84), die etwa 1 m tief ist und bis 600 Tonnen Glasschmelze aufnehmen kann. Die Wanne ist überdeckt von einem Gewölbe aus feuerfesten Steinen.

Auf der einen Seite wird der Glassatz in die Schmelzwanne eingebracht. Da auf der anderen Seite aus der Arbeitswanne ständig Glasschmelze zur Verarbeitung entnommen wird, bewegt sich die Schmelze langsam durch die Wanne.

In der Mitte der Wanne sorgen Schwimmer dafür, daß keine ungeschmolzenen Teile in den Arbeitsraum gelangen. Nach welchem Verfahren erfolgt die Glasherstellung im Wannenofen?

Die Beheizung der Öfen geschieht häufig mit einem Generatorgas-Luft-Gemisch, das an einer Seite des Ofens einströmt und verbrennt. Die Verbrennungsgase ziehen an der anderen Seite ab.

Um eine gute Ausnutzung der Wärmeenergie und möglichst hohe Temperaturen zu erreichen, wird die Siemenssche Regenerativfeuerung angewandt (Abb. 84).

Bei Temperaturen von 1300 bis 1500 °C wird das Gemenge der Ausgangsstoffe zu einer sirupartigen Masse zusammengeschmolzen.

Bei dieser chemischen Umsetzung entsteht Kohlendioxyd, das jedoch nur unvollständig entweicht. Ein Teil bleibt in Form von kleinen Gasbläschen in der zähen Schmelze. Da das Glas später jedoch blasenfrei sein soll, setzt man der Glasschmelze Stoffe zu, die leichtflüchtige Gase entwickeln, wenn die Carbonate bereits zersetzt sind. Diese Gase nehmen beim Aufsteigen aus der Schmelze die Kohlendioxydbläschen mit. Den Vorgang bezeichnet man als **Läutern** der Schmelze. Die zugesetzten Stoffe heißen **Läuterungsmittel**. Ein Läuterungsmittel ist das Natriumsulfat Na_2SO_4. Im Wannenofen erfolgt das Läutern in der Mitte zwischen den Schwimmern (Abb. 84). Die geläuterte Schmelze muß noch einige Zeit abstehen, ehe sie verarbeitet werden kann.

Im **Hafenofen** wird das Glas in einzelnen Schmelzgefäßen (Häfen) hergestellt. Sie stehen in dem aus feuerfesten Steinen aufgebauten Ofen (Abb. 85). Die **Häfen** (Abb. 86), die einen Durchmesser von $\frac{1}{2}$ bis $1\frac{1}{2}$ m haben, werden aus besonders geeigneten Tonen hergestellt und nach monatelangem Trocknen langsam zur Rotglut erhitzt.

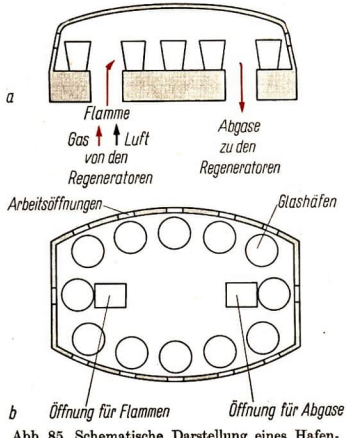


Abb. 85 Schematische Darstellung eines Hafenofens a) Aufriß b) Grundriß

Dann wird das Gemenge eingefüllt und darin geschmolzen. Die fertige Schmelze wird verarbeitet und der Hafen erneut mit Gemenge gefüllt. Ein Hafen hält etwa drei Monate. Er darf während dieser Zeit nie völlig erkalten.

Der Hafenofen arbeitet periodisch und ist daher für die ständige Entnahme von Glasschmelze zur maschinellen Verarbeitung ungeeignet.



Abb. 86 Transport eines Glashafens mit flüssigem optischen Glas

Früher wurde das Glas nur im Hafenofen hergestellt. Heute wird der Hafenofen immer dann mit Vorteil angewandt, wenn man kleinere Mengen bestimmter Spezialgläser (zum Beispiel für optische Geräte) herstellen will. Außerdem ermöglicht er das Schmelzen verschiedener Glassorten in einem Ofen.

2. Glassorten. Wir haben die Herstellung von Glas am Beispiel des Natrium-Calcium-Glases erläutert. Diese Glassorte wird in großen Mengen zur Herstellung von Fensterglas, Flaschen, Konservengläsern und anderen Massenartikeln verwendet.

Durch Veränderung der Zusammensetzung der Ausgangsstoffe kann man die Eigenschaften des Glases beeinflussen. Verwendet man Kaliumcarbonat (Pottasche) an Stelle von Soda, so erhält man ein Glas, das bei höherer Temperatur schmilzt und deshalb zur Herstellung von Laborgeräten verwendet wird. Dieses Glas hatte früher, als man Soda noch nicht in großen Mengen herstellen konnte und man auf das aus Holzasche hergestellte Kaliumcarbonat angewiesen war, allgemeinere Bedeutung.

Wird Calciumcarbonat durch Bleioxyd ersetzt, so entsteht ein Glas von hoher Wichte und großem Lichtbrechungsvermögen. Es dient zur Herstellung von Linsen, Prismen und geschliffenen Glasgegenständen **(Bleikristall)**.

Sand (Siliciumdioxyd) läßt sich teilweise gegen Aluminiumoxyd Al_2O_3 und Boroxyd[1]) B_2O_3 austauschen. Borhaltige Gläser leiten die Wärme gut und zeigen geringe Wärmeausdehnung. Das bekannte Jenaer Glas enthält Boroxyd.

Tabelle 4 gibt einen Überblick über die Bestandteile und die Verwendung einiger wichtiger Glassorten.

Wie wir bereits wissen, bilden einige Metalle farbige Salze. So sind Kupfersalze blau und Eisensalze grün gefärbt. Gibt man Oxyde oder Carbonate derartiger Metalle mit in die Glasschmelze, so entstehen farbige Metallsilicate. Auf diese Weise lassen sich **Farbgläser** herstellen.

---

[1]) Bor ist ein Element. Es ist ein Nichtmetall mit dem Symbol B.

Tabelle 4. Einige wichtige Glassorten

Glassorte	Bestandteile	Verwendung
Natrium-Calcium-Glas	SiO_2, Na_2O, CaO	Behälterglas, Fensterglas
Kalium-Calcium-Glas	SiO_2, K_2O, CaO	Kristallglas, optische Gläser, chemische Geräte
Kalium-Blei-Glas	SiO_2, K_2O, PbO	Bleikristallglas, optische Gläser
Jenaer Glas	SiO_2, Na_2O, CaO, Al_2O_3, B_2O_3, BaO, MgO	Labor- und Haushaltsgeräte, die schnellem Temperaturwechsel unterworfen sind

Die grüne Farbe der Bier- oder Weinflaschen ist auf Verunreinigungen von Eisenoxyden in den verwendeten Ausgangsstoffen zurückzuführen, die sich hier nicht nachteilig auswirken. Farblose Gläser erfordern jedoch weitgehend eisenoxydfreie Ausgangsstoffe.

Durch die Verwendung von Zuschlagstoffen wie zum Beispiel Knochenasche erhält man **Trübgläser.** Diese werden zu Glühlampenkolben, Leuchten und Trübglasscheiben verarbeitet. Zu den Trübgläsern zählt auch das bekannte **Milchglas.**

Glas wird durch die chemische Umwandlung eines Gemenges von Sand (Siliciumdioxyd) mit Soda (Natriumcarbonat), Kalkstein (Calciumcarbonat) oder anderen Stoffen im Schmelzofen hergestellt. Es werden Wannenöfen und Hafenöfen verwendet.

3. Bearbeitung von Glas. Für die Verarbeitung der Glasschmelze gibt es verschiedene Möglichkeiten, von denen wir die wichtigsten kennenlernen wollen.

a) Blasen

Eine der ältesten Methoden der Glasbearbeitung ist das Blasen mit dem Mund. Der Glasmacher bedient sich dazu der **Pfeife,** einem 1,5 m langem Eisenrohr von 15 bis 30 mm Durchmesser, dessen oberer Teil mit einem hölzernen Mantel umgeben ist.

Die Herstellung von Glasgeräten durch Mundblasen ist eine Kollektivarbeit. An der Herstellung eines Bierglases (Abb. 87) ist eine Gruppe von Arbeitern beteiligt, von denen sich einer auf den anderen verlassen kann. Der „Külbelmacher" entnimmt mit dem unteren Ende der Glasmacherpfeife dem Hafen eine kleine Menge des glühendzähflüssigen Glases (Abb. 87a), glättet sie durch Wälzen auf einer Eisenplatte und bläst sie unter ständigem Drehen und Schwenken zum **Külbel** auf (Abb. 87b). Dieses hat eine größere Oberfläche als das Pfeifenende und kann bei neuem Eintauchen in die Schmelze mit genau der Glasmenge bedeckt werden, die für die beabsichtigte Größe und Wanddicke des Glases benötigt wird. Dieser größere Glasposten wird von einem anderen Arbeiter auf einem Holzteil durch ununterbrochenes Drehen vorgeformt (Abb. 87c). Dann bläst ein weiterer Glasmacher das vorbereitete Glasteil in eine Holz- oder Gußeisenform ein (87d) und gibt so dem Werkstück die endgültige Form. Es wird dann noch die Kappe entfernt, die die Verbindung zwischen Glasmacherpfeife und Becher herstellt. Randbearbeitung und Veredlung der Gläser erfolgt in weiteren Abteilungen des Betriebes. Die Abbildungen 88 und 89 zeigen Glasmacher bei der Herstellung einer Flasche.

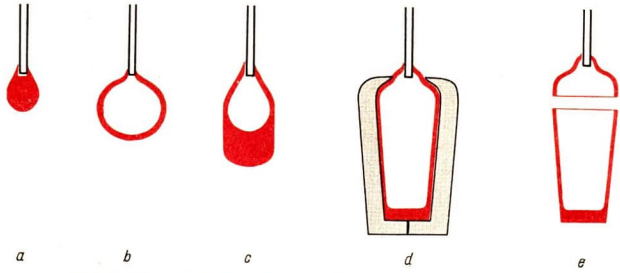


Abb. 87 Schematische Darstellung des Blasvorganges beim Mundblasen

Auch heute noch werden sehr viele Glasartikel durch Mundblasen gefertigt. Hierzu gehören künstlerisch hochwertige Gläser, Kelche, Schalen, Vasen und Spezialgeräte für Laboratorien und für den Rund- und Fernsehfunk.

Massenartikel, wie Flaschen, Konservengläser und Glühlampenkolben, erzeugt man mit vollautomatischen **Blasmaschinen** (Abb. 90). Eine solche Maschine besteht im wesentlichen aus einem um eine senkrechte Achse drehbaren Gestell, das an mehreren Armen die Formen trägt. Ein Antrieb bewegt das Drehgestell taktartig weiter. Mit



Abb. 88 Ein Glasmacher setzt das Külbel in die geöffnete Form ein



Abb. 89 Ein Glasmacher entnimmt das fertige Gerät aus der Form

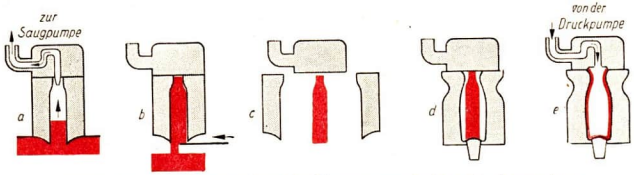


Abb. 91 Schematische Darstellung des Blasvorganges bei der Glasblasmaschine

jedem Takt wird ein Arbeitsgang erledigt. Zunächst taucht eine geschlossene Vorform in die flüssige Glasschmelze. Mit Hilfe von Saugluft wird Glasmasse in den Hohlraum der Form gesaugt (Abb. 91 a). Ein Messer schneidet das überschüssige Glas ab (Abb. 91 b). Die eingesaugte Glasmasse wird, nachdem die Vorform durch die Blasform ersetzt wurde (Abb. 91 d), zum fertigen Gefäß aufgeblasen. Dann wird die Form geöffnet und das Gefäß auf ein Transportband geschoben.

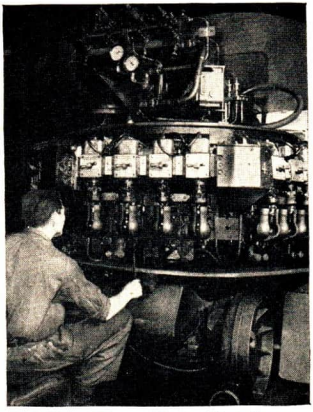


Abb. 90 Glasblasmaschine zur Herstellung von Glühlampenkolben im VEB Spezialglaswerk „Einheit", Weißwasser

b) Pressen

Trinkgläser, Schalen, Konservenglasdeckel und andere dickwandige Massenartikel werden durch Pressen hergestellt. Beim Pressen wird eine abgemessene Menge der zähflüssigen Glasschmelze durch einen Stempel in eine Metallform gedrückt (Abb. 92). Auf diese Weise lassen sich auch **Glasdachziegel, Glasfliesen** und **Glasbausteine** herstellen.

c) Ziehen

Die Herstellung von **Flachglas** (Fensterglas) erfolgt mit Hilfe der **Tafelglasziehmaschine** (Abb. 93). Das im Wannenofen geschmolzene Glas wird in eine kleinere Ziehwanne geleitet. In die Schmelze taucht eine schlitzförmige Schamottedüse, aus der ein 2 m breites Glasband emporgezogen wird. Das Band durchläuft zwischen Asbestwalzen einen senkrechten, über der Düse angeordneten Kühlschacht von etwa 6 bis 7 m Länge. Am oberen Ende des Schachtes werden von dem gekühlten Glasband Tafeln gleicher Größe abgeschnitten und abgenommen (Abb. 94).

Besondere Ziehverfahren dienen der Herstellung von **Glasfäden,** die einen Durchmesser von 0,005 mm besitzen können.

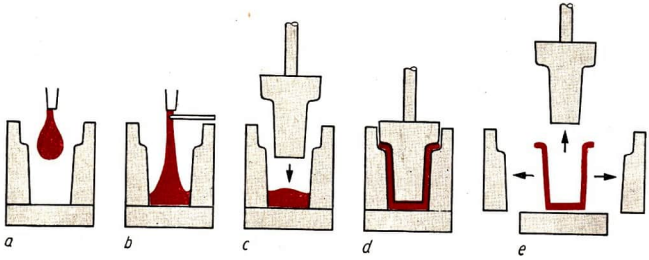


Abb. 92 Schematische Darstellung der Herstellung von Preßglas

Beim **Stabziehverfahren** werden die Enden von Glasstäben ständig auf etwa 1200°C erhitzt. Der erste abfallende Glastropfen gelangt auf eine schnell drehende Trommel (Abb. 95). Dadurch wird aus dem schmelzenden Glas jedes Stabes ein dünner Glasfaden ausgezogen.

Beim **Düsenziehverfahren** tritt aus einer Düse mit vielen kleinen Bohrungen flüssiges Glas heraus, das wie beim Stabziehverfahren gestreckt wird.

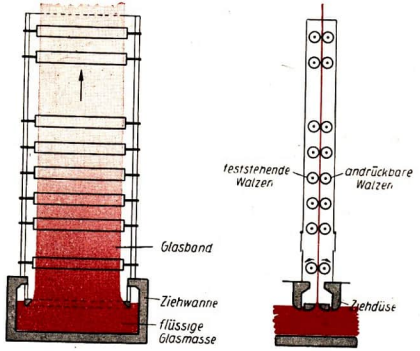


Abb. 93 Schematische Darstellung einer Tafelglasziehmaschine

Die Glasfasern können zerschnitten und zu Garn versponnen werden. **Glaswolle** erhält man, wenn das aus Düsen austretende Glas durch Preßluft zerblasen wird.

d) Walzen

Dickeres Flachglas für Schaufensterscheiben oder Spiegel wurde früher durch Gießen von flüssiger Glasmasse auf vorgewärmte Gießtische und anschließendes Auswalzen hergestellt. Heute hat man diesen periodischen Vorgang durch das kontinuierliche Walzen ersetzt.

Die Glasschmelze fließt aus der Wanne durch einen Überlauf und eine Schamotteplatte zwischen 2 Walzen, die es auf die gewünschte Stärke bringen (Abb. 96).

Die Oberflächen des gewalzten Glases sind jedoch nicht völlig eben und werden deshalb durch Schleifen und Polieren nachbehandelt.

Durch Einwalzen von Drahtgeflecht in gegossenes Flachglas wird **Drahtglas** hergestellt.

e) Kühlung des geformten Glases

Während der Bearbeitung kühlen sich die Außenschicht und das Innere des geformten Glases ungleichmäßig ab. Dadurch erhalten die Gläser innere Spannungen, die zum Zerspringen führen können. Um diese Spannungen zu beseitigen, wird das Glas nach dem Formen im Kühlofen nachbehandelt.

Der **Kühlofen** hat meist die Form eines 10 bis 30 m langen Kanals, durch den sich das Glas langsam auf einem Transportband bewegt. Das eingesetzte Formglas wird zunächst wieder erwärmt und dann langsam abgekühlt. Durch die gleichmäßige Erwärmung und nachfolgende Abkühlung wird allmählich ein Spannungsausgleich erreicht.



Abb. 94 Abnehmen der Glasscheiben an der Tafelglasziehmaschine in einer Torgauer Glashütte

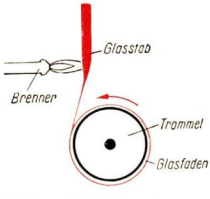


Abb. 95 Schematische Darstellung des Stabziehverfahrens

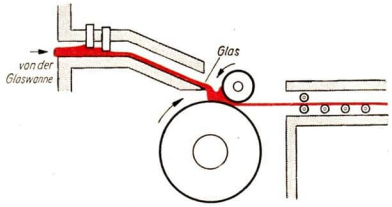


Abb. 96 Schematische Darstellung des Walzens von Glas

Abbildung 97 gibt einen Gesamtüberblick über die Herstellung und Verarbeitung von Glas.

4. Verwendung von Glas. Glas ist ein außerordentlich wichtiger Werkstoff, dessen vielseitige Verwendbarkeit auf eine Reihe günstiger Eigenschaften zurückzuführen ist.

Viele Gebrauchsgegenstände wie Flaschen, Gläser, Schalen werden heute aus diesem Material hergestellt. Bekannt ist die Verwendung des feuerfesten Jenaer Glases für Haushaltsgeschirr (Abb. 98).

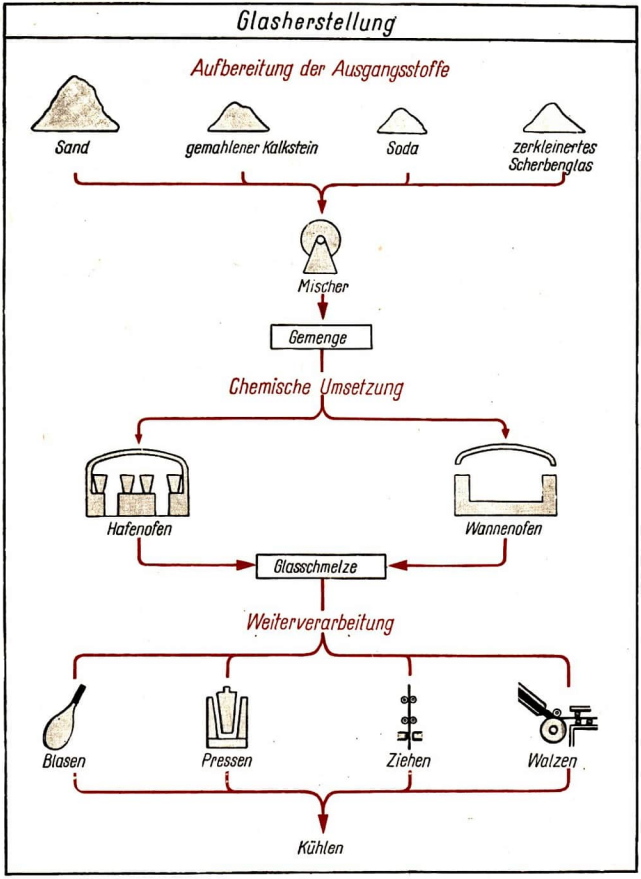


Abb. 97 Schematische Darstellung der Glaserzeugung

Besondere Bedeutung kommt dem Glas als **Baumaterial** zu. Dafür ist es wegen der verhältnismäßig großen Härte, der Durchsichtigkeit und der geringen Leitfähigkeit für Wärme geeignet. Die Verwendung als Fensterglas ist seit langem bekannt. Aber erst die industrielle Großherstellung aus billigen Rohstoffen machte es zu einem Massenartikel. Das widerstandsfähige Drahtglas findet für Glasüberdachungen und Fenster in Industriebauten Verwendung. Daneben werden auch Glasbausteine und Glasdachziegel hergestellt, die zum Bau von lichtdurchlässigen und gut wärmeisolierenden Wänden oder Dächern geeignet sind.

Glaswolle und Glasfasern sind außerordentlich gut wärme- und schallisolierend; sie haben deshalb als **Isoliermaterial** große Bedeutung in der Bauindustrie. So werden zum Beispiel Warmwasser- und Heizungsrohre mit einer Schicht Glaswolle umwickelt, die man mit Pappe abdeckt und verputzt. Besondere Bedeutung hat das Isolieren von Fernheizungsleitungen. Bei der Herstellung von Kühlschränken wird ebenfalls Glaswolle verwendet (Abb. 99).

Aus Glasfasergarnen werden Gewebe hergestellt. **Glasfasergewebe** sind nicht brennbar und werden von Chemikalien kaum angegriffen. Sie dienen unter anderem zur Anfertigung von Theaterdekorationen, Filtertüchern für die chemische Industrie und Wärmeschutzmatten.

In neuerer Zeit ist es gelungen, die große Zugfestigkeit der Glasfasern auszunutzen und dabei neue Werkstoffe zu entwickeln. Bestimmte Plaste werden zusammen mit Glasfasern oder Glasfasergeweben in heißen Formen gepreßt. Die entstehenden **glasfaserverstärkten Plaste** zeichnen sich durch geringes Gewicht, große Festigkeit und hohe Elastizität aus. Sie werden sehr vorteilhaft im Fahrzeug- und Bootsbau eingesetzt.



Abb. 98 Geschirr aus dem VEB Jenaer Glaswerk Schott & Gen.



Abb. 99 Verwendung von Glaswolle zum Isolieren von Kühlschränken im VEB Glasfaserwerk Steinach

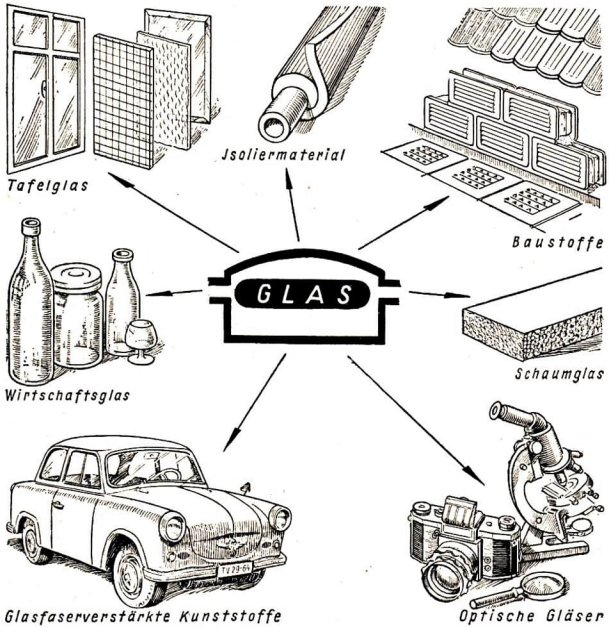


Abb. 100 Verwendung von Glas

Vielfältige Verwendung finden Spezialgläser bei der Herstellung optischer Geräte.

Ein neuer Werkstoff ist das **Schaumglas.** Es entsteht, wenn ein Gemenge von Glaspulver und gasentwickelnden Stoffen Temperaturen von 700—800°C ausgesetzt wird. Schaumglas sieht ähnlich wie Schaumgummi aus. Es schwimmt auf dem Wasser und läßt sich durch Sägen, Bohren und Nageln einer vielseitigen Verwendung zuführen.

Abbildung 100 gibt einen Überblick über die Verwendung von Glas.

Die Glasindustrie der Deutschen Demokratischen Republik

Die zur Herstellung des Werkstoffes Glas notwendigen Ausgangsstoffe Sand und Kalkstein werden in unserer Republik in genügender Menge gefunden. Auch Hilfsstoffe, wie Tone zur Herstellung des feuerfesten Materials für Häfen und Öfen, stehen ausreichend zur Verfügung. Daher entwickelten sich bei uns schon frühzeitig Glashütten und Glasverarbeitungsbetriebe. Ursprünglich wurde Holz zur Beheizung

der Glasöfen verwendet und aus der Holzasche wurde gleichzeitig Kaliumcarbonat (Pottasche) hergestellt, das an Stelle der damals sehr seltenen Soda als Ausgangsstoff diente. Deshalb boten waldreiche Gebiete wie zum Beispiel der Thüringer Wald besonders günstige Voraussetzungen für die Glasherstellung.

Im 19. Jahrhundert gelang die industrielle Herstellung großer Mengen billiger Soda. Als man schließlich die Vergasung der Kohle beherrschte, erfolgte die Beheizung der Öfen mit Generatorgas. Die Abhängigkeit der Glasherstellung vom Holzvorkommen wurde dadurch beseitigt. Kohlevorkommen waren jetzt bestimmend für die Standorte neuer Glashütten. So entstand die Glasindustrie im Lausitzer Gebiet. Aber auch durch die Lage von Betrieben, die große Mengen Spezialgläser benötigen, wurde die Entstehung neuer Glaswerke beeinflußt. Der Ausbau der optischen Industrie, zum Beispiel in Jena, begünstigte dort gleichzeitig das Aufblühen der Glasindustrie.

Die Deutsche Demokratische Republik verfügt heute über eine ausgedehnte Glasindustrie, die bereits weitgehend mechanisiert und automatisiert ist. Die Erzeugnisse unserer großen Betriebe, wie des VEB Jenaer Glaswerk Schott & Gen., des VEB Glaswerke Ilmenau, des VEB Oberlausitzer Glaswerke Weißwasser, des VEB Spezialglaswerk „Einheit" Weißwasser, des VEB Guß- und Farbenglaswerke Pirna-Copitz und des VEB Glaswerk Freital, helfen uns die großen Aufgaben unseres sozialistischen Aufbaues zu lösen.

Der ständig wachsende Bedarf an Glas, vor allem auch zur Herstellung hochwertiger Preßstoffe, macht den Aufbau weiterer Glaswerke notwendig. So wird die Glashütte in Torgau zu einem großen, glasverarbeitenden Kombinat ausgebaut. Die neuen großen Glaswerke unserer Republik werden Schaumglas, feinste spinnbare Glasfasern, Fernsehkolben, glasfaserverstärkte Plaste usw. herstellen. Der gegenwärtig schon sehr umfangreiche Export von veredeltem (handgeschliffenem) Haushaltglas, von Laborglas, Bauglas, optischem Glas und zahlreichen anderen Glasartikeln wird damit um eine Reihe wertvoller Exportgüter erweitert. Die weitere Entwicklung unserer Glasindustrie schafft die Möglichkeit, nicht nur unseren eigenen Bedarf an Glaserzeugnissen zu decken, sondern auch die auf Grund von Vereinbarungen zwischen den sozialistischen Staaten erteilten Aufträge, zum Beispiel zur Erzeugung von glasfaserverstärkten Plasten, zu erfüllen.

Neben den großen Glaswerken gibt es besonders in Thüringen viele kleine Betriebe, die Glas zu Baumschmuck und kunstgewerblichen Gegenständen verarbeiten. Auch diese Erzeugnisse sind wertvolle Exportgüter.

Die überaus günstige Rohstofflage und die Arbeit unserer Werktätigen machen Glas zu einem unserer wichtigsten Exportprodukte. Eine große Anzahl von Glaserzeugnissen nehmen von der Deutschen Demokratischen Republik aus ihren Weg in alle Welt.

Wiederholungsfragen und Aufgaben:

1. *Vergleiche Zusammensetzung und Eigenschaften der Oxyde und Säuren des Siliciums mit den entsprechenden Verbindungen des Kohlenstoffs!*
2. *Gib einen Überblick über die Herstellung von Glas a) im Hafenofen, b) im Wannenofen!*
3. *Sprich über die Verarbeitung von Glas durch a) Blasen, b) Ziehen, c) Pressen, d) Gießen!*
4. *Sprich über Herstellung, Eigenschaften und Verwendung von Glasfasern und Glaswolle!*
5. *Gib einen Überblick über die Geschichte der Glasherstellung!*
6. *Erkläre, weshalb Glas ein wichtiger Werkstoff ist!*
7. *Sprich über die Bedeutung der Glasindustrie in der Deutschen Demokratischen Republik!*



Wilhelm-Pieck-Brücke in Magdeburg

Eine Brücke spannt sich über den Fluß. Aus mächtigen Stahlträgern ist sie zusammengesetzt. Viele Tonnen Stahl waren zu ihrem Bau nötig. Stahl wird auch zur Herstellung von Maschinen, Verkehrsmitteln und vielen Gegenständen des täglichen Bedarfes gebraucht. In der Deutschen Demokratischen Republik werden große Mengen von Roheisen und Stahl erzeugt. Die Eisenhütten- und Stahlwerke sind wichtige Betriebe unserer Republik, die zur Schwerindustrie gehören.

4. KAPITEL

Eisen und Stahl

Eisenerze

1. Arten und Vorkommen. Elementares Eisen kommt in der Natur hauptsächlich als Meteoreisen vor. Es hat daher für die Herstellung des Eisens keinerlei Bedeutung. Dafür werden zahlreiche ausgedehnte Lagerstätten von Verbindungen des Eisens genutzt. Am häufigsten kommen die Oxyde vor, da Eisen großes Bindungsbestreben zu Sauerstoff hat. Aber auch andere Eisenverbindungen werden in der Natur angetroffen. Diese Verbindungen sind bei genügend hohem Eisengehalt wertvolle **Eisenerze.** Man unterscheidet oxydische und nichtoxydische Eisenerze. Die wichtigsten oxydischen Eisenerze sind der **Magneteisenstein,** der **Roteisenstein** und der **Brauneisenstein.** Zu den nichtoxydischen Eisenerzen rechnet der **Spateisenstein.**

Tabelle 5 gibt einen Überblick über Zusammensetzung und Eisengehalt der wichtigsten Eisenerze.

Tabelle 5. Die wichtigsten Eisenerze

Erz	Eisenverbindung	annähernder Eisengehalt
Magneteisenstein	Fe_3O_4	50 bis 70 %
Roteisenstein	Fe_2O_3	35 bis 60 %
Brauneisenstein	$2Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$	20 bis 60 %
Spateisenstein	$FeCO_3$	25 bis 40 %

Die einzelnen Erze enthalten neben Eisen oft Verbindungen anderer Elemente. Als solche **Begleitelemente** kommen Mangan[1]), Phosphor und Schwefel vor. Die Erze sind außerdem mit Gesteinen und Mineralien durchsetzt. Diese Beimengungen werden als **Gangart** bezeichnet. Im geförderten Erz sind demnach Eisenverbindungen, Verbindungen der Begleitelemente und die Gangart vorhanden.

Man spricht bei einem Eisengehalt über 55 % von reichen Erzen, bei 40 bis 55 % von guten Erzen, und unter 40 % von armen Erzen.

Die Gangart enthält vor allem Calciumoxyd, Magnesiumoxyd, Siliciumdioxyd oder Aluminiumoxyd. Überwiegen die beiden Basenanhydride Calciumoxyd und Magnesiumoxyd, so ist die Gangart basisch. Wenn die Gangart vorwiegend das Säureanhydrid Siliciumdioxyd oder Aluminiumoxyd enthält, so wird von saurer Gangart gesprochen.

Eisenerzlagerstätten gibt es in nahezu allen Teilen der Welt (Abb. 101). Die Sowjetunion besitzt die größten Eisenerzlager und damit die Hälfte der gesamten Weltvorräte. Die Volksrepublik China hat die nächstgrößten Eisenerzvorräte. Es folgen die Vereinigten Staaten von Amerika, Frankreich, Schweden, Großbritannien und andere Länder. Die sozialistischen Länder haben im größten Anteil der Weltvorräte an Eisenerz eine ausgezeichnete Rohstoffgrundlage für den weiteren Aufbau.

In der Deutschen Demokratischen Republik werden ebenfalls Eisenerze gefunden (Abb. 136, S. 119). Die wichtigsten Vorkommen liegen in Thüringen und im Harz. Ein Gemenge von Spateisenstein mit anderen Erzen kommt in der Gegend von Schmiedefeld vor. Bei Schmalkalden wird Brauneisenstein gefördert. Dieser findet sich neben Roteisenstein auch bei Büchenberg-Braunesumpf (Harz) und in den Vorkommen von Badeleben.

Eisenerze werden in zahlreichen Lagerstätten der Erde gefunden. Man unterscheidet oxydische und nichtoxydische Eisenerze. Sie treten mit basischer oder saurer Gangart auf.

2. Gewinnung. Eisenerze werden je nach der Mächtigkeit des Deckgebirges im **Tagebau** oder im **Tiefbau** abgebaut.

Im Tagebau werden Erz und Abraum nach dem Lockersprengen mit Baggern gewonnen und meist mit Zügen abtransportiert (Abb. 102). Die Anlagen für den Abbau der Erze im Tiefbau entsprechen denen eines Steinkohlenbergwerkes. Die Abbau-

[1]) Mangan ist ein Element. Es ist ein Metall mit dem Symbol Mn.

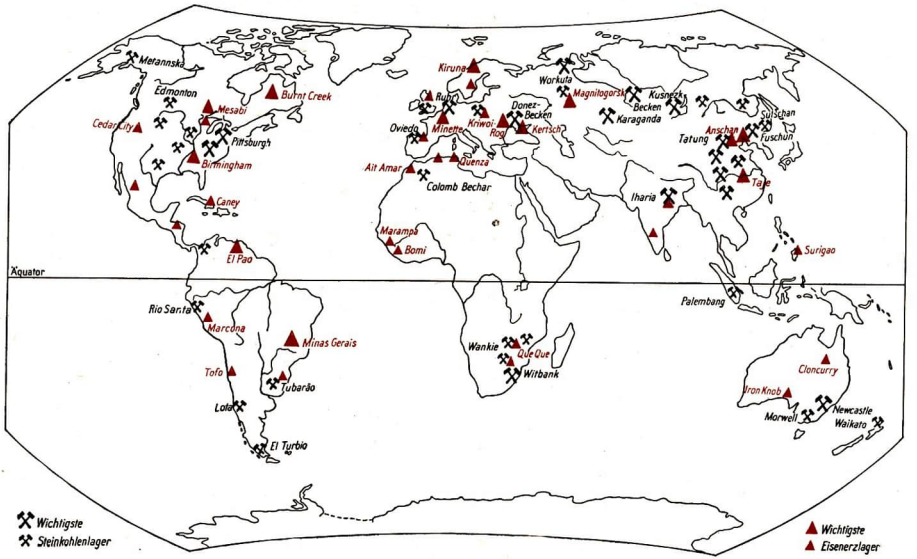


Abb. 101 Die wichtigsten Vorkommen von Eisenerz und Steinkohle auf der Erde

verfahren unterscheiden sich jedoch von denen des Kohlenbergbaus. Die Gewinnung erfolgt meist durch Sprengen (Abb. 103), lediglich bei wenigerfestem Erz mit dem Preßlufthammer. Verladen und Transport der abgebauten Eisenerze gehen ähnlich wie im Steinkohlenbergbau vor sich. Auch im Eisenerzbergbau werden heute moderne Maschinen eingesetzt. Das war in den Eisenerzbergwerken der Deutschen Demokratischen Republik erst möglich, nachdem die Betriebe Volkseigentum wurden.

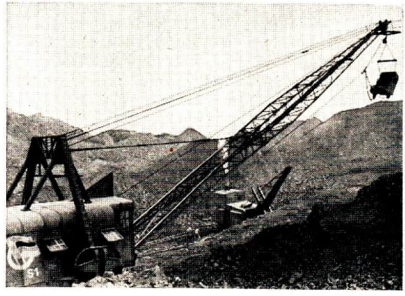


Abb. 102 Gewinnung von Eisenerz bei Badeleben

3. Aufbereitung. Das geförderte Eisenerz wird für die nachfolgende Verhüttung aufbereitet. Die Aufbereitung der Erze dient der Wirtschaftlichkeit des Verhüttungsprozesses und hat für die Verwertung eisenarmer Erze besondere Bedeutung.

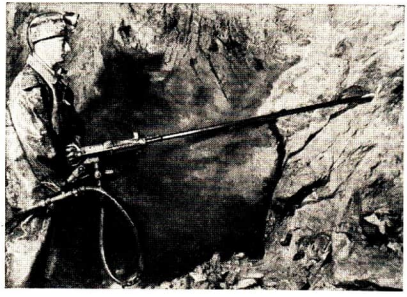


Abb. 103 Bohren von Sprenglöchern

Das gewonnene Erz fällt in verschiedener Stückgröße an. Die großen Brocken sind für die Verhüttung nicht geeignet und führen zu Betriebsstörungen. Das Erz wird daher zunächst in Brecheranlagen zerkleinert. Häufig werden dazu **Backenbrecher** verwendet. Die Abbildung 104 zeigt uns das Schema eines solchen Brechers. Das Eisenerz wird zwischen zwei senkrecht gerippte Platten (Brechbacken) aus besonders hartem Stahl geschüttet. Die eine Brechbacke ist senkrecht feststehend angeordnet, während sich die andere durch ein Hebelsystem stoßweise entgegen bewegt. Dadurch wird der keilförmige Raum zwischen den Brechbacken periodisch verengt und erweitert. Das Erz wird infolge des Druckes beim Verengen zerkleinert. Beim Erweitern rutscht es nach unten. Nachdem im oberen Teil des Raumes die großen Erzbrocken grob zerkleinert wurden, findet im unteren eine Zerkleinerung auf etwa Faustgröße statt.

Bei der Gewinnung und Zerkleinerung der Eisenerze entsteht auch Feinerz, das durch Siebe abgetrennt werden muß.

Die oftmals beträchtlichen Mengen von Feinerz können zum größten Teil erst nach weiterer Aufbereitung verhüttet werden. Das Ziel der Aufbereitung ist in diesem Falle die Verwandlung von Feinerz in **Stückerz.** Das kann durch **Sintern** geschehen. Beim Sintern backt das Feinerz mit Kalkstückchen bei hohen Temperaturen zu Stückerz zusammen. Das Sintern wird vorteilhaft auf einem **Sinterband** (Abb. 105) durchgeführt. Abb. 106 zeigt uns das Schema einer Sinterbandanlage. Das Sinterband besteht aus miteinander verbundenen eisernen Wagen, die einen engen Rost als Boden besitzen. Darauf wird am Anfang des Bandes etwa 25 cm hoch ein Gemisch aus Feinerz, Kalk und Feinkoks gegeben. Danach entzündet die Hitze einer Gasflamme an der Oberfläche des Sintergutes den Koks. Ein Gebläse saugt Sauerstoff zur Verbrennung des tiefer gelagerten Kokses an. Durch die entstehende Hitze werden Erz- und Kalkteilchen an der Oberfläche erweicht und sintern zusammen.

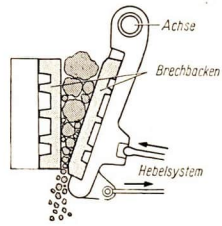


Abb. 104 Schematische Darstellung des Brechens mit dem Backenbrecher

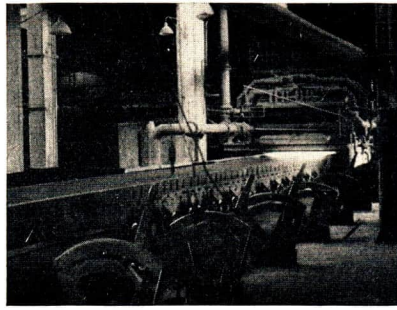


Abb. 105 Sinterbandanlage im VEB Eisenhüttenkombinat J. W. Stalin, Stalinstadt

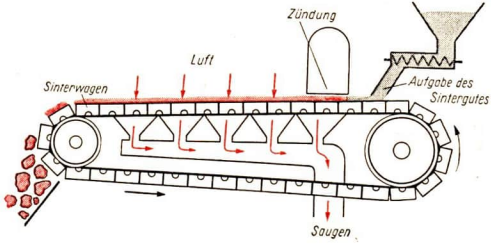


Abb. 106 Schematische Darstellung einer Sinterbandanlage

Die Aufbereitung der Eisenerze erfolgt durch Zerkleinern, Sieben und Sintern. Beim Sintern wird Feinerz in Stückerz umgewandelt.

Roheisen

1. Herstellung. Die Verfahren zur Herstellung des Roheisens aus den Eisenerzen werden unter der Bezeichnung **Verhüttung** zusammengefaßt. Wir wollen die Verhüttung der Eisenerze nun im einzelnen kennenlernen.

a) Chemische Grundlagen

Bei der Verhüttung werden die in den aufbereiteten Eisenerzen vorliegenden Eisenoxyde zu Eisen reduziert. Dazu werden große Mengen von möglichst billigen Reduktionsmitteln benötigt. In der Technik verwendet man zur Reduktion der Eisenoxyde Koks und Kohlenmonoxyd. Das Kohlenmonoxyd bildet sich bei dem Prozeß aus Koks. Die für die Verhüttung erforderliche Wärmemenge wird vor allem beim Verbrennen von Koks im Luftstrom frei.

Wir untersuchen eine der hier ablaufenden Hauptreaktionen im folgenden Versuch:

Versuch 31: *In einem bedeckten Porzellantiegel wird ein Gemisch von Eisen(III)-oxyd und Kohlepulver erhitzt (Abb. 107). Prüfe das Reaktionsprodukt mit einem Magneten!*



Abb. 107 Reduktion von Eisen(III)-oxyd

Aus Versuch 31 erkennen wir, daß Eisen(III)-oxyd durch Kohlenstoff zu Eisen reduziert wird:

$$Fe_2O_3 + 3C \rightarrow 2Fe + 3CO.$$

Kohlenmonoxyd wirkt bei hohen Temperaturen auf das Eisenoxyd ebenfalls reduzierend. Die folgende Gleichung soll uns diesen Vorgang veranschaulichen:

$$Fe_2O_3 + 3CO \rightarrow 2Fe + 3CO_2.$$

Dem Eisen(III)-oxyd werden durch Kohlenmonoxyd die Sauerstoffatome entzogen. Es wird zu Eisen reduziert. Das Kohlenmonoxyd wird dabei zu Kohlendioxyd oxydiert.

b) Technische Durchführung im Hochofen

Die Ausgangsstoffe. Für die Erzeugung von Roheisen im Hochofen werden als Ausgangsstoffe aufbereitetes Eisenerz, Zuschläge, Koks und Luft benötigt.

Bei saurer Gangart wird meist Kalkstein als basischer Zuschlag verwendet. Liegt basische Gangart vor, so erfolgt die Verhüttung der Erze zusammen mit solchen, die saure Gangart besitzen. Die **Zuschläge** sollen das Schmelzen der Gangart erleichtern. Sie verbindet sich mit den Zuschlägen und es entsteht flüssige Schlacke.

Das aufbereitete Eisenerz wird mit den Zuschlägen vermischt. Das Gemisch heißt **Möller.**

Der **Koks** hat eine dreifache Aufgabe. Er ist einmal Ausgangsstoff für die Herstellung des Hauptreduktionsmittels Kohlenmonoxyd und ist auch selbst Reduk-

tionsmittel. Daneben dient er als Brennstoff zur Erzeugung der hohen Temperaturen, die für den Ablauf der chemischen Reaktionen und den Schmelzprozeß erforderlich sind. Der für die Verhüttung im Hochofen bestimmte Koks muß eine dem dort herrschenden Druck entsprechende Festigkeit besitzen.

Die Luft, die zum Verbrennen des Kokses zugeführt werden muß, wird zunächst vorgewärmt. Sie wird daher **„Heißwind"** genannt.

In einem Hüttenwerk werden ferner große Mengen Wasser für Kühlzwecke und für die Verarbeitung der Schlacke benötigt.

Die Aufbereitungsanlagen, Aufzüge, Transporteinrichtungen usw. haben einen erheblichen Bedarf an Elektroenergie.

Der Aufbau des Hochofens. Die Abbildungen 108 und 109 zeigen den Aufbau einer Hochofenanlage. Der Hochofen ist ein Schachtofen. Er ist aus feuerfestem Material gemauert und mit einem Stahlblechmantel umgeben. Moderne Hochöfen haben eine Schachthöhe von etwa 30 m. Mit Aufbauten sind sie etwa 50 m hoch.

Der Hochofen ist auf einem mächtigen Fundament gebaut. Der untere Teil des Hochofens, das **Gestell,** hat die Form eines Zylinders von 3 bis 6 m Durchmesser. Auf dem Gestell erhebt sich ein nach oben etwas erweiterter Teil, die **Rast.** Daran schließt sich der kegelstumpfartig zulaufende **Schacht** an. Der größte Durchmesser des beschriebenen Hochofens beträgt etwa 7 m. Diese Bauweise ist nötig, weil sich die Ausgangsstoffe bei zunehmender Temperatur ausdehnen, durch Verbrennen des

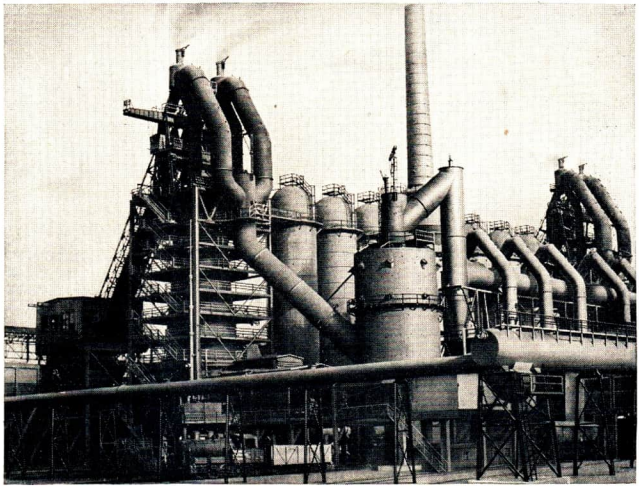


Abb. 108 Hochofenanlage im VEB Eisenhüttenkombinat J. W. Stalin, Stalinstadt

Kokses dann aber eine Raumminderung eintritt. Der Nutzinhalt eines solchen Hochofens beträgt rund 600 m³. Damit kann eine Tagesleistung von 500—600 t Roheisen erreicht werden.

Jeder Hochofen besitzt eine Reihe besonderer Vorrichtungen. Die Beschickung (Füllung) erfolgt mit Hilfe eines **Schrägaufzuges.** Der obere Teil des Schachtes, die **Gicht,** ist mit einem doppelten trichterförmigen Verschluß gasdicht abgeschlossen. Am Gestell befinden sich der **Schlackenabfluß** und darunter der **Roheisenabstich.** Der Heißwind tritt durch **Windformen** oberhalb des Gestells in den Hochofen ein. Die Windformen sind Rohre, die an eine um den Hochofen führende Ringleitung angeschlossen sind, und durch die der Heißwind in den Ofen geleitet wird.

Von der Gicht führen **Gichtgasleitungen** zur Gasreinigungsanlage und weiter zu den Winderhitzern.

Die Beschickung. Der Hochofen wird schichtweise mit Möller und Koks beschickt. Der Gichtverschluß ermöglicht eine Beschickung, ohne daß die Gichtgase entweichen können (Abb. 110).

Die Vorgänge im Hochofen. Die chemischen Gleichungen und die Reihenfolge der Reaktionen im Hochofen sind in der Abbildung 111 dargestellt. Das Einsatzgut durchläuft den Hochofen von oben nach unten, während der Gasstrom in entgegengesetzter Richtung geführt wird. Die Temperatur im Hochofen beträgt an der Gicht etwa 200°C und steigt bis zum Gestell auf etwa 1800°C an.

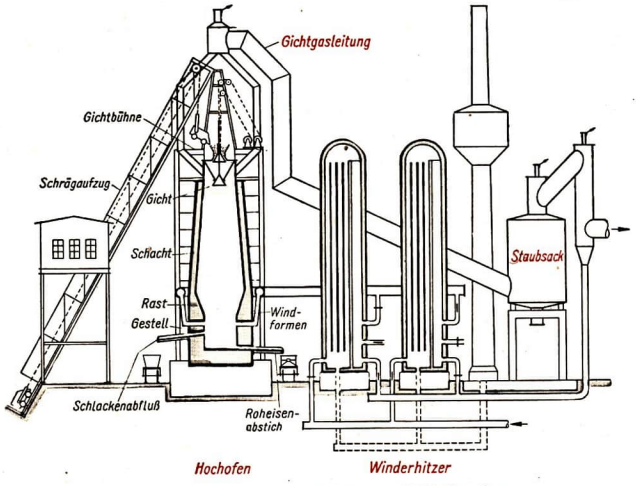


Abb. 109 Schematische Darstellung einer Hochofenanlage

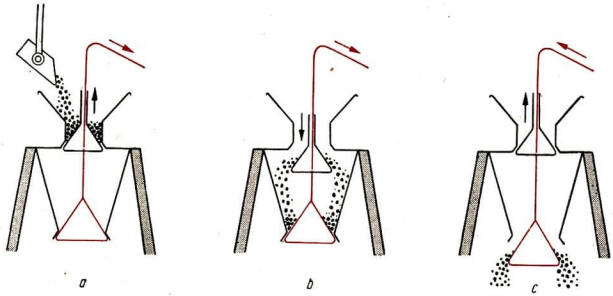


Abb. 110 Schematische Darstellung der Beschickung eines Hochofens

Im oberen Teil des Schachtes werden die festen Ausgangsstoffe durch die aufsteigenden heißen Gase bei Temperaturen von 200° bis 400°C entwässert und vorgewärmt. Man spricht deshalb von der **Vorwärmzone.**

Der vorgewärmte Möller und der Koks rutschen langsam durch den Schacht, weil bei ansteigender Temperatur durch die chemische Umsetzung des Möllers und das Verbrennen des Kokses im unteren Teil des Hochofens ständig Hohlräume entstehen. Der Temperaturbereich von 400° bis 1100°C heißt **Reduktionszone.** Da der Heißwind unmittelbar vor der Mündung der Windformen im Überschuß vorhanden ist, wird der dort lagernde Koks zu Kohlendioxyd verbrannt (Reaktion 1). Dabei wird auch die

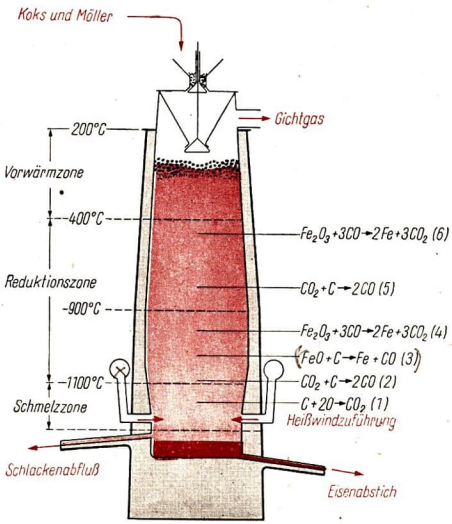


Abb. 111 Schematische Darstellung der Vorgänge im Hochofen

Wärme frei, die für die Verhüttung notwendig ist. Das Kohlendioxyd wird durch weiteren Koks zu Kohlenmonoxyd reduziert (Reaktion 2). Das Kohlenmonoxyd steigt auf und reduziert in der Reduktionszone die Eisenoxyde, wobei es selbst zu Kohlendioxyd oxydiert wird (Reaktion 4). Das so gebildete Kohlendioxyd geht in den darüberliegenden Koksschichten wiederum in Kohlenmonoxyd über (Reaktion 5). Dieses Kohlenmonoxyd kann bereits zu Beginn der Reduktionzone die Eisenoxyde teilweise zu schwammigem Eisen reduzieren (Reaktion 6). Die Reduktionsvorgänge verlaufen aber hier noch unvollständig. Es wird nur ein Teil des Erzes reduziert.

Im unteren Teil des Schachtes steigen die Temperaturen auf 900° bis 1100°C an. Die noch vorhandenen Eisenoxyde werden nunmehr von glühendem, festem Kohlenstoff reduziert (Reaktion 3). In diesem Teil des Hochofens bildet sich gleichzeitig eine Eisen-Kohlenstoff-Verbindung, das Eisencarbid. Außerdem nimmt das durch Reduktion entstandene Eisen festen Kohlenstoff in feinverteilter Form auf. Diese Vorgänge werden Aufkohlung genannt (**Kohlungszone**).

Oberhalb der Windformen werden im Hochofen Temperaturen bis zu 1800°C gemessen. Das kohlenstoffhaltige Eisen und die aus Gangart und Zuschlägen gebildete Schlacke schmelzen. Daher heißt die untere Zone des Hochofens **Schmelzzone.**

Flüssiges Eisen und Schlacke haben unterschiedliche Wichte. Daher schwimmt die leichte Schlacke auf dem sich am Boden des Gestells ansammelnden flüssigen Roheisen.

Die Winderhitzer. Die im Schacht nach oben strömenden Gase verlassen den Hochofen durch die Gicht. Sie heißen **Gichtgase.** Ihre Ableitung geschieht durch die Gichtgasleitung. Das Gichtgas wird im Staubsack grob entstaubt und geht dann zur weiteren Gasreinigung. Im Gichtgas ist Kohlenmonoxyd enthalten. Etwa 25 % des gereinigten, brennbaren Gichtgases werden zum Beheizen der Winderhitzer ausgenutzt. Die Winderhitzer werden nach ihrem Erfinder auch Cowper genannt. Zu jedem Hochofen gehören drei bis vier Winderhitzer. Das sind Stahlblechtürme von etwa 30 m Höhe und 8 m Durchmesser mit einer Ausmauerung aus Schamottesteinen. Sie besitzen einen schmalen Verbrennungsschacht und einen weiten Raum mit einem Gitterwerk aus Schamottesteinen. Das im Gichtgas enthaltene Kohlenmonoxyd verbrennt bei gleichzeitiger Luftzufuhr im Verbrennungsschacht. Die heißen Abgase strömen durch das Gitterwerk, erhitzen es und werden dann durch die Esse abgesaugt.

Wenn ein Winderhitzer genügend aufgeheizt ist, wird die Brenngaszufuhr abgeschaltet und von Gebläsen kalte Luft, **Kaltwind** genannt, in entgegengesetzter Richtung durch das heiße Gitterwerk gedrückt. Die Luft erwärmt sich auf 600° bis 700° C und tritt nun als **Heißwind** durch die Windformen in den Hochofen ein. Inzwischen werden die anderen Winderhitzer aufgeheizt, so daß im periodischen Betrieb jeweils ein Winderhitzer auf **„Kaltblasen"** geschaltet ist, während die übrigen auf **„Heißblasen"** eingestellt sind (Abb. 112).

Aus dem Gichtgas wird durch Verbrennung die Wärme gewonnen, die zur Erzeugung des Heißwindes nötig ist. Die freiwerdende Wärmemenge wird in Schamottesteinen gespeichert und dann unmittelbar auf den Wind übertragen. Auch hier findet also die **Regenerativfeuerung** Anwendung. Die Einführung der Winderhitzer in den Verhüttungsprozeß führte zu einer großen Einschränkung des Koksverbrauches je Tonne Roheisen.

Der Abstich. Die Schlacke wird etwa aller 2 Stunden in bereitstehende Wagen mit eisernen Kübeln oder in eine Rinne mit Wasser abgelassen.

Der Abstich des Roheisens erfolgt in Abständen von 4 bis 6 Stunden. Das Roheisen fließt dann meist in Roheisenpfannen, die auf Wagen bereitstehen. Die Roheisenpfannen unterscheiden sich von den Schlackenkübeln durch eine feuerfeste Ausmauerung.

Die Hauptreaktion im Hochofen ist die Reduktion der im Eisenerz enthaltenen Eisenoxyde durch Kohlenmonoxyd und teilweise durch glühenden Koks.

Bei der Verhüttung der Eisenerze im Hochofen werden die festen Ausgangsstoffe und der Heißwind sowie die entstehenden Gase im Gegenstrom zueinandergeführt. Dadurch erfolgen die chemischen Umsetzungen und der Wärmeaustausch.

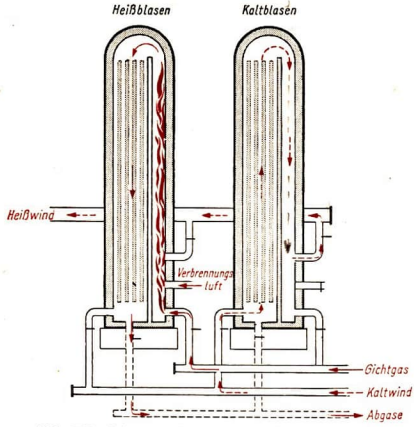


Abb. 112 Schematische Darstellung einer Winderhitzergruppe

Kennzeichnend für den Prozeß ist, daß der Hochofen laufend mit Ausgangsstoffen beschickt wird und die beschriebenen Umsetzungen ohne Unterbrechung ablaufen. Es handelt sich also um einen kontinuierlichen Prozeß.

Gewaltige Stoffmengen werden an einem Tag beim Hochofenprozeß umgesetzt und in einem Hüttenwerk transportiert. Die Tagesleistung eines Hochofens, wie wir ihn

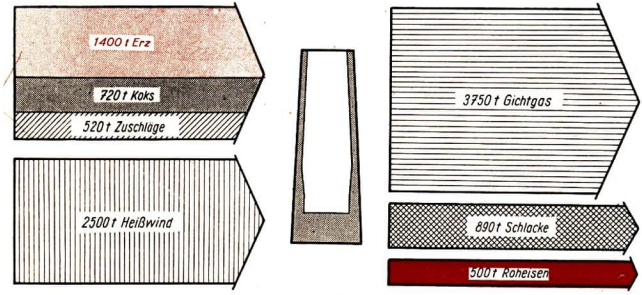


Abb. 113 Ausgangsstoffe und Endstoffe beim Hochofenprozeß am Beispiel eines Hochofens im VEB Eisenhüttenkombinat J. W. Stalin, Stalinstadt

hier beschrieben haben, geht aus Abbildung 113 hervor. Die Erzeugung von 500 t Roheisen verlangt den Einsatz von rund 1400 t Eisenerz und 520 t Zuschlägen. Ferner werden etwa 720 t Hüttenkoks und 2500 t Heißwind benötigt. Neben dem Roheisen entstehen etwa 3750 t Gichtgas und 890 t Schlacke.

Im VEB Eisenhüttenkombinat J. W. Stalin, Stalinstadt arbeiten 6 solcher Hochöfen. Überlege, wieviel Eisenerz, Zuschläge, Roheisen und Schlacke täglich befördert werden müssen!

Die schwere körperliche und oft gesundheitsschädigende Arbeit der Hüttenwerker und der anderen Beschäftigten eines derartigen Werkes ist heute weitgehend durch die Automatisierung und die Mechanisierung beseitigt. Das wird uns deutlich, wenn wir uns das Entladen von Eisenbahnwagen im VEB Eisenhüttenkombinat J. W. Stalin betrachten. Dort wird jeweils ein Waggon mit Kalk oder mit Erz auf den Waggonkipper gefahren, der im wesentlichen einen einseitigen Hebel darstellt. Dieser Hebebaum wird mit dem daraufstehenden Waggon angehoben, die tieferliegende Stirnwand klappt infolge des dagegen drückenden Waggoninhalts auf, und dieser rutscht nun in den Bunker. Das Entladen eines Eisenbahnwagens erfolgt auf diese Weise in wenigen Minuten. Die Entladearbeiter haben dabei nur die Aufgabe, den Waggonkipper zu bedienen und aus den entladenen Wagen geringfügige Reste zu entfernen.

Der Transport der Einsatzstoffe, das Mischen des Möllers, die Beschickung des Hochofens usw. sind ebenfalls vollkommen mechanisiert und automatisiert.

Beim Hochofenprozeß fällt den Hüttenwerkern vor allem die Aufgabe der Kontrolle und Steuerung des Ofens zu. Von einem Kommandoraum aus werden eine Vielzahl von Apparaturen und Meßinstrumenten überwacht, die Auskunft über das Nachrutschen der Stoffe im Hochofen, die Temperaturen von Heißwind und Gichtgas und vieles andere geben. Auf Grund dieser Angaben und der Ergebnisse von Untersuchungen der Ausgangsstoffe und der Endstoffe im Laboratorium wird der Hochofenprozeß von diesem Raum aus reguliert (Abb. 114).



Abb. 114 Im Kommandoraum für den Hochofen VI im VEB Eisenhüttenkombinat J. W. Stalin, Stalinstadt

c) Technische Durchführung im Niederschachtofen

Ein weiteres Verfahren zur Erzeugung von Roheisen ist das **Niederschachtofenverfahren,** das in der Deutschen Demokratischen Republik besondere Bedeutung erlangt hat.

Nach umfangreichen Forschungsarbeiten und der Anlage von Versuchsöfen im VEB Maxhütte Unterwellen-

born gelang es Nationalpreisträger Prof. Dr. KURT SÄUBERLICH (Abb. 115) und seinen Mitarbeitern dieses Verfahren zur Betriebsreife zu entwickeln. Nach Beschluß unserer Regierung begannen Arbeiter und Techniker im Jahre 1950 mit den Arbeiten zum Bau des ersten Niederschachtofenwerkes der Welt in Calbe/Saale (Abb. 116). Wo 1950 noch Ackerflächen waren, wurde bereits 1951 das erste Roheisen abgestochen (Abb. 117). 1953 war der **VEB Eisenwerke West** fertiggestellt. Er liefert heute aus 10 Niederschachtöfen die Roheisenmenge, die laut Plan 20 Öfen erzeugen sollten. Diese großartige Leistung unserer Wissenschaftler und Hüttenwerker wurde durch die sofortige Auswertung der beim Betrieb der ersten Öfen gesammelten Erfahrungen erreicht.

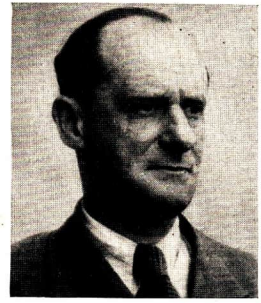


Abb. 115 Prof. Dr. KURT SÄUBERLICH

Die Niederschachtofenanlagen des VEB Eisenwerke West wurden entwickelt, um unsere eisenarmen Erze wirtschaftlich zu verhütten. Der im VEB Braunkohlenkombinat Lauchhammer erzeugte BHT-Koks wird in den Niederschachtöfen von Calbe vorteilhaft als Reduktionsmittel und Brennstoff eingesetzt. Mit dem Niederschachtofen ist es gelungen, auf der Grundlage einheimischer Rohstoffe große Mengen Roheisen herzustellen. Der Möller für das Niederschachtofenverfahren enthält Eisenerze und Kalkstein. Oft werden noch andere eisenhaltige Stoffe wie Generatorschlacken und Schlacken aus Stahlwerken zugesetzt.

Der Niederschachtofen ist ein Schachtofen mit rechteckigem oder rundem Querschnitt. Seine Höhe beträgt nur 12 Meter. Die chemischen Vorgänge im Niederschachtofen entsprechen denen des Hochofenprozesses. Die Tagesleistung des Niederschachtofens wurde von Jahr zu Jahr gesteigert. Sie beträgt jetzt etwa 100 bis 120 t Roheisen. Durch die Vollautomatisierung ganzer Betriebsteile wie der Möllerung und Beschickung konnten die Werktätigen dieses sozialistischen Betriebes die Kosten je Tonne Roheisen erheblich senken. An den Niederschachtöfen wurden ferner Verbesserungen vorgenommen. Zu ihnen gehören die Erhöhung der Anzahl der Windformen und die Vergrößerung ihrer Querschnitte.

d) Rennverfahren

Das **Rennverfahren**[1]) dient der Verhüttung eisenarmer Erze. Es wird im Drehrohrofen durchgeführt. Dieser wird mit einem Gemisch von stark zerkleinertem Eisenerz und Koksgrus beschickt. Dem Einsatzgut strömen die heißen Gase einer Kohlenstaubfeuerung entgegen. Aus dem größten Teil der Gangart entsteht dabei Schlacke, während das Eisen in Körnern anfällt, die etwa 93% Eisen enthalten. Sie werden zu Stahl verarbeitet oder dem Hochofen zugeführt. Das Rennverfahren wird in der Deutschen Demokratischen Republik im VEB Maxhütte Unterwellenborn angewendet.

Abbildung 118 gibt uns einen Überblick über die Roheisenerzeugung.

[1]) abgeleitet von rinnen.

Im Hochofen oder Niederschachtofen werden die aufbereiteten Eisenerze verhüttet. Die Eisenoxyde werden durch Kohlenmonoxyd oder Kohlenstoff reduziert. Der Hüttenkoks liefert die Reduktionsmittel und die für den Verhüttungsprozeß erforderliche Wärmemenge. Die Gangart der Eisenerze führt man mit geeigneten Zuschlägen in leichtflüssige Schlacke über. Das entstehende brennbare Gas heißt Gichtgas.

2. Eigenschaften und Verwendung. Das Roheisen ist das Hauptprodukt des Verhüttungsprozesses. Es wird nach dem Abstich in Roheisenpfannen entweder zum Stahlwerk oder zur Masselgießmaschine befördert. Die **Masselgießmaschine** (Abb. 119) besteht im wesentlichen aus einem endlosen Band miteinander verketteter eiserner Formen. In diese Formen wird das Roheisen gegossen. Es erstarrt darin zu **Masseln,** die ein Gewicht von etwa 30 kg besitzen. Am Ende der Bandanlage werden die noch

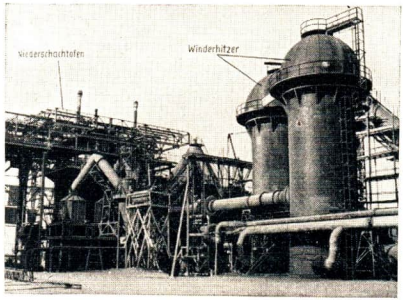


Abb. 116 Erste Niederschachtofenanlage im VEB Eisenwerke West, Calbe/Saale



Abb. 117 Roheisenabstich an einem Niederschachtofen im VEB Eisenwerke West, Calbe/Saale

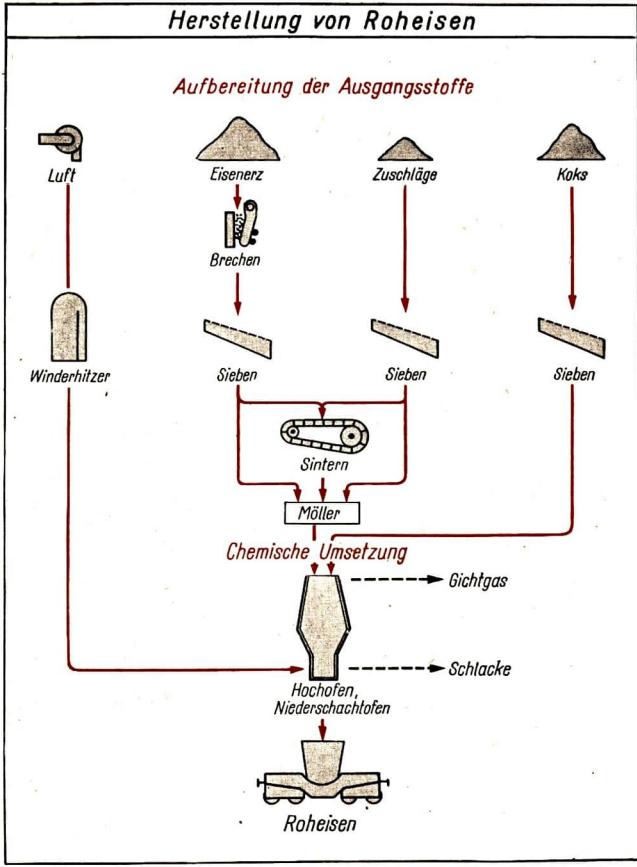


Abb. 118 Schematische Darstellung der Roheisenerzeugung

heißen Masseln aus den Formen in Eisenbahnwaggons gestürzt und durch Wasser abgekühlt.

Das Roheisen ist kein chemisch reines Eisen, sondern es enthält Kohlenstoff und andere Begleitelemente, wie Silicium, Mangan, Phosphor und Schwefel. Der folgende Versuch soll uns bestätigen, daß im Roheisen Kohlenstoff vorhanden ist.

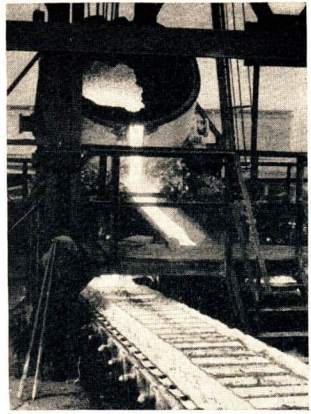


Abb. 119 Masselgießmaschine im VEB Eisenhüttenkombinat J.W. Stalin, Stalinstadt

Versuch 32: *Von Roheisen mit grauem Bruch wird mit einer groben Feile Pulver abgefeilt und in einem Verbrennungsrohr aufgehäuft. Wir saugen nun in der Versuchsanordnung nach Abbildung 120 Luft über das erhitzte Roheisenpulver. Beobachte das Kalkwasser in beiden Waschflaschen!*

Das Kalkwasser in der zweiten Waschflasche wird getrübt. Es muß Kohlendioxyd entstanden sein, das sich mit Kalkwasser zu unlöslichem Calciumcarbonat umsetzt. Das Kohlendioxyd kann jedoch nur bei der Verbrennung des im Roheisen enthaltenen Kohlenstoffs gebildet worden sein, da das Kohlendioxyd der Luft durch das Ätznatron gebunden wurde.

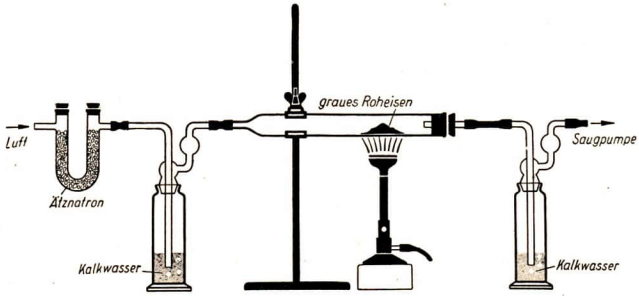


Abb. 120 Nachweis von Kohlenstoff im grauen Roheisen

Man unterscheidet im allgemeinen zwei Roheisensorten. Läßt man Roheisen mit hohem Silicium- und geringem Mangangehalt in Sandformen langsam abkühlen, so scheidet der enthaltene Kohlenstoff vorwiegend in Form feiner Graphitkristalle aus. Dadurch wird die Bruchfläche des Roheisens grau und körnig. Es entsteht **graues Roheisen.**

Bei rascher Abkühlung von Roheisen mit hohem Mangan- und geringem Siliciumgehalt in Eisenformen wird der Kohlenstoff chemisch gebunden als Eisencarbid abgeschieden. Die Bruchfläche ist dann weiß und strahlig. Man erhält **weißes Roheisen.** In der Tabelle 6 sind die Entstehung und Eigenschaften der beiden Roheisensorten gegenübergestellt.

Tabelle 6. Graues und weißes Roheisen

	Graues Roheisen	Weißes Roheisen
Silicium- und Mangangehalt	überwiegend Silicium	überwiegend Mangan
Abkühlung	langsames Abkühlen in Sandformen	schnelles Abkühlen in Eisenformen
Abscheidung des Kohlenstoffs	in feinen Graphitkristallen	als Eisencarbid
Beschaffenheit der Bruchfläche	grau, körnig	weiß, strahlig
Wichte in p/cm³	7,0 bis 7,3	7,4 bis 7,8
Schmelzpunkt in °C	1200	1100

Die Eigenschaften des Roheisens sind vor allem von den Begleitelementen und deren prozentualem Anteil abhängig. Roheisen enthält etwa 3,5 bis 4% Kohlenstoff. Es ist hart, aber auch spröde und bricht verhältnismäßig leicht. Außerdem geht es beim Erhitzen, ohne zu erweichen, aus dem festen in den flüssigen Zustand über. Es ist also nicht schmiedbar. Die im Roheisen enthaltenen Elemente Phosphor und Schwefel spielen bei der Bildung dieser Eigenschaften ebenfalls eine Rolle. Dadurch wird die technische Verwendung des Roheisens eingeschränkt.

Graues Roheisen wird nach dem Umschmelzen als **Gußeisen** verwendet. Grauguß ist die wichtigste Gußeisensorte zur Herstellung von wenig beanspruchten Maschinenteilen und Geräten. Herdplatten von Öfen werden aus diesem Werkstoff hergestellt. Das beim Verhüttungsprozeß im Niederschachtofen entstandene Roheisen wird zu Gußeisen umgeschmolzen.

Weißes Roheisen wird zu Stahl weiterverarbeitet. Auf seine Herstellung, Eigenschaften und Verwendung gehen wir noch näher ein.

Roheisen enthält an Begleitelementen vor allem Kohlenstoff. Je nachdem, ob der Kohlenstoff elementar oder gebunden vorliegt, unterscheidet man graues und weißes Roheisen. Aus grauem Roheisen wird besonders Gußeisen, aus weißem Roheisen Stahl hergestellt.

3. Nebenprodukte der Roheisenherstellung. Die Nebenprodukte beim Hochofenprozeß sind die Schlacke und das Gichtgas.

Die **Schlacke** ist ein Calcium-Aluminium-Silicat. Je nach der Verarbeitung hat sie unterschiedliche Beschaffenheit.

Kühlt man Schlacke durch Abschrecken mit Wasser rasch ab, dann entsteht ein feinkörniges, glasähnliches Silicat. Der so hergestellte **Schlackensand** dient als Betonzuschlagstoff bei der Herstellung von Schlackenbausteinen. Er wird auch zu hochwertigem Zement verarbeitet. Ein Gemisch von etwa 30 % Hochofenschlacke und etwa 70 % Portlandzement ist der **Eisenportlandzement.** Bei höherem Schlackenanteil (bis etwa 80 %) erhält man den **Hochofenzement.**

Beim Zerstäuben von flüssiger Schlacke durch Preßluft entsteht **Schlackenwolle.** Sie dient als Wärme- und Schallisoliermittel.

Erstarrt die Schlackenschmelze langsam, so kristallisiert sie aus. Durch Zerkleinern größerer Schlackenstücke in Brechern entstehen **Schotter** für den Straßenbau oder **Splitt** für die Betonbereitung. Bei der allmählichen Abkühlung der Schlacke unter Wassereinfluß entsteht der großporige, leichte **Hüttenbims.** Er dient als Füllstoff in der Bauindustrie bei der Herstellung von Leichtbetonteilen.

Das **Gichtgas** besteht aus etwa 30 % Kohlenmonoxyd, 10 % Kohlendioxyd und 1 % Wasserstoff. Der Rest ist Stickstoff und Staub. Gichtgas wird wegen seines Kohlenmonoxydgehaltes als Heizgas verwendet. Neben den 25 % des erzeugten Gichtgases, die zum Aufheizen der Winderhitzer dienen, werden weitere große Mengen zur Erzeugung von Elektroenergie ausgenutzt. Für Sinteranlagen und in den Hüttenwerken angeschlossenen Zementfabriken wird auch noch Gichtgas verwendet.

Der wirtschaftliche Grundsatz, die Ausgangsstoffe weitgehend auszunutzen und die Energie zum größtmöglichen Teil zu verwenden, ist in einem Verhüttungsbetrieb für Eisenerze in hohem Maße verwirklicht. Aus dem Nebenprodukt Schlacke, das früher ausschließlich auf die Halde gefahren wurde, werden heute wertvolle Baustoffe hergestellt. Die dem Verhüttungsprozeß mit dem Hüttenkoks zugeführte Energie wird wirtschaftlich verwertet.

Die Hochofenschlacke wird zu Baustoffen verarbeitet. Gichtgas ist wegen seines Kohlenmonoxydgehaltes ein wertvolles Heizgas.

Stahl

1. Eigenschaften. Der größte Teil des erzeugten Roheisens wird zu Stahl weiterverarbeitet. Stahl hat besonders wegen eines niederen Kohlenstoffgehaltes (weniger als 1,7 %) vorteilhaftere Eigenschaften als Roheisen. Die übrigen Begleitelemente des Eisens sind im Stahl ebenfalls in geringeren Anteilen enthalten. Stahl ist elastisch und dehnbar. Im Gegensatz zu Roheisen erweicht er vor dem Schmelzen und ist so schmiedbar.

Schmiedbares Eisen bezeichnet man als Stahl. Sein Kohlenstoffgehalt beträgt weniger als 1,7 %.

2. Herstellung. Für die Erzeugung von Stahl werden verschiedene Verfahren angewandt.

a) Chemische Grundlagen

Das Grundverfahren der Stahlerzeugung besteht darin, aus dem Roheisen die Begleitelemente Kohlenstoff, Silicium, Phosphor und Schwefel zu beseitigen. Man oxydiert sie mit Sauerstoff und trennt die entstehenden Oxyde ab. Auch Mangan wird entfernt. Die Vorgänge laufen bei höheren Temperaturen ab.

Die gasförmigen Oxyde des Kohlenstoffs entweichen aus der Schmelze. Die Oxyde des Siliciums, Schwefels, Mangans und Phosphors werden durch geeignete Zuschläge in leichtflüssige Schlacke übergeführt. Häufig wird dazu Kalk verwendet. Infolge der geringeren Wichte schwimmt die Schlacke auf der Stahlschmelze.

Die Oxydationsvorgänge bei diesem Prozeß werden als **Frischen** des Roheisens bezeichnet. Wird Sauerstoff aus der Luft (Wind) zum Frischen angewendet, so heißt das Verfahren **Windfrischen.** Bei Verwendung von chemisch gebundenem Sauerstoff wird der Frischprozeß in flachen Herden durchgeführt und als **Herdfrischen** bezeichnet.

b) Technische Durchführung des Windfrischens

Bereits im Jahre 1855 gelang es dem Engländer Henry Bessemer, aus phosphorarmem Roheisen durch Windfrischen Stahl zu erzeugen. Aus dem Bessemer-Verfahren wurde 1878 das Windfrischverfahren für phosphorreiches Roheisen von dem Engländer Sidney Gilchrist Thomas entwickelt. Es heißt nach ihm **Thomas-Verfahren.**

Das Windfrischen wird im **Konverter**[1]) (Abb. 121) durchgeführt. Der Konverter ist ein birnenförmiger Stahlbehälter, der **Bessemerbirne** oder **Thomasbirne** genannt wird.

Die Thomasbirne ist mit einem basisch wirkendem Futter ausgekleidet, während der Konverter beim Bessemer-Verfahren ein saures Futter besitzt.

Das basisch wirkende Futter der Thomasbirne, besteht aus gebranntem Dolomit, in dem die Basenanhydride Magnesiumoxyd und Calciumoxyd enthalten sind. Im Boden des Konverters befinden sich etwa 150 Düsen, durch die der Wind eingeblasen wird. Die Thomasbirne ist um ihre waagerechte Achse kippbar. Sie hat eine Höhe von 5 bis 6 m bei einem Durchmesser von 2 bis 3 m und faßt etwa 20 t flüssiges Roheisen.

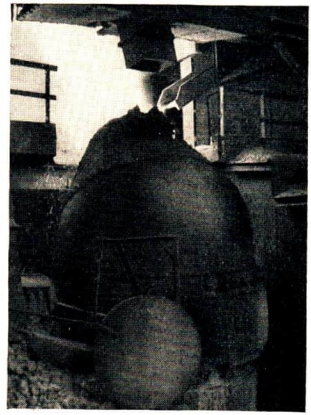


Abb. 121 Konverter in Blasstellung im VEB Maxhütte Unterwellenborn

[1]) to convert (englisch = umwandeln).

Als Zuschlag für die Schlackenbildung wird Branntkalk in den umgelegten Konverter gegeben. Das mit einer Gießpfanne antransportierte flüssige Roheisen wird eingefüllt (Abb. 122). Der Konverter wird nun zum Verblasen des Roheisens hochgekippt. Gleichzeitig wird unter Druck kalter Wind eingeblasen.

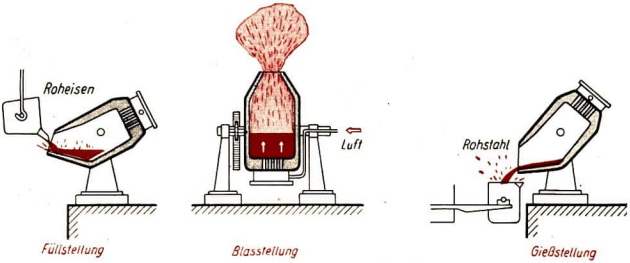


Abb. 122 Schematische Darstellung des Windfrischens im Konverter

Das Frischen dauert etwa 14 Minuten. Die Oxydationsprozesse laufen bei Temperaturen bis zu 1700 °C ab. Bereits in den ersten Minuten des Blasvorganges werden das Silicium und das Mangan oxydiert und die entstehenden Oxyde von der flüssigen Schlacke aufgenommen. Dann erst setzt die Oxydation des Kohlenstoffs ein. Gegen Ende des Prozesses wird der Phosphor oxydiert. Das entstehende Phosphorpentoxyd[1]) P_2O_5 reagiert mit dem zugeschlagenen Kalk und dem basischen Futter. Der Frischprozeß ist beendet, wenn der Phosphorgehalt bis zum geforderten Wert gesenkt ist. Der Konverter wird nun wieder gekippt. Nach dem Abschlacken wird der flüssige Stahl abgegossen. Die Schlacke, Thomas-Schlacke genannt, wird gesondert aufgefangen und weiterverarbeitet.

Das Thomas-Verfahren wird periodisch durchgeführt. Thomas-Stahlwerke liegen in unmittelbarer Nähe von Verhüttungsbetrieben für Eisenerze, da sie flüssiges Roheisen verarbeiten.

c) Technische Durchführung des Herdfrischens

In der Industrie fallen bei der Metallbearbeitung und bei der Erzeugung von Roheisen und Stahl ständig große Mengen an Eisen- und Stahlschrott an. In unseren Betrieben werden neue Maschinen aufgebaut und moderne Produktionsanlagen errichtet. Die veralteten Maschinen und Anlagen aus Gußeisen und Stahl werden verschrottet. Ferner liefern die Altstoffsammlungen Schrott.

Schon in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts versuchte man, aus Schrott unmittelbar Stahl herzustellen. Der Schrott wurde vor dieser Zeit erst dem Hochofen zugeführt. Mit der Entwicklung der Regenerativfeuerung durch Friedrich Siemens im Jahre 1856 war die Möglichkeit zur Erzeugung der für das Schmelzen von Schrott

1) penta (griechisch) = fünf; Phosphor ist fünfwertig.

erforderlichen hohen Temperatur von 1600—1700°C gegeben. Die Franzosen EMILE und PIERRE MARTIN entwickelten unter Anwendung der SIEMENSschen **Regenerativfeuerung** einen geeigneten Herdofen, in dem 1864 erstmalig Stahl erzeugt wurde.

Das **Herdfrischverfahren** wird heute in dem nach den Begründern des Verfahrens benannten **SIEMENS-MARTIN-Ofen** (Abb. 123) durchgeführt. Der SIEMENS-MARTIN-Ofen besteht im wesentlichen aus zwei Teilen. Im oberen Teil liegt der Herdraum. Ofentüren gestatten seine Beschickung. Den Ofentüren gegenüber liegt der Abstich (Abb. 124). In den Herdraum münden je zwei Kanäle für Gas und Luft beziehungsweise für die Abgase ein. Die Kanäle führen getrennt zu den vier Regeneratoren des unteren Ofenteils (Abb. 125). Die Regeneratoren sind mit einem Gitter aus feuerfesten Steinen versehen. Der gesamte Ofen ist mit feuerfestem Material ausgemauert. Die SIEMENS-MARTIN-Öfen in der Deutschen Demokratischen Republik fassen 20 bis 150 t Einsatzstoffe.

Beim Betrieb des SIEMENS-MARTIN-Ofens werden verschiedene Verfahren angewandt, von denen hier das **Roheisen-Schrott-Verfahren** erläutert werden soll.

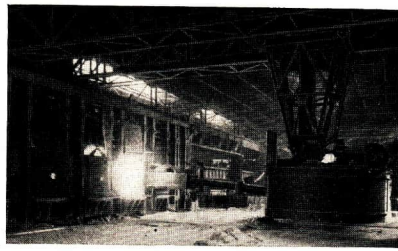


Abb. 123 Siemens-Martin-Ofen im VEB Stahl- und Walzwerk Riesa

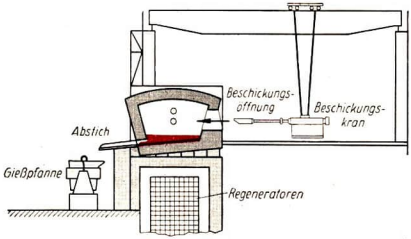


Abb. 124 Schematische Darstellung eines Siemens-Martin-Ofens

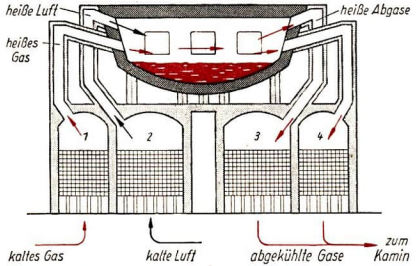


Abb. 125 Regenerativfeuerung beim Siemens-Martin-Ofen

Die festen Ausgangsstoffe, etwa 35—50% Roheisen, 55% Schrott und gebrannter Kalk oder Rohkalkstein als Zuschlag, werden in Mulden bereitgestellt und mit Hilfe eines fahrbaren Beschickungskranes in den Ofen eingesetzt.

Das Gas zur Beheizung des Ofens wird in Generatoren erzeugt. Aufgeheizte Regeneratoren (Regeneratoren 1 und 2) wärmen das Heizgas und die Verbrennungsluft vor. Das Gas tritt danach mit etwa 1000° C in den Herdraum ein und liefert bei der Verbrennung die Temperatur zum Schmelzen der Einsatzstoffe. Die heißen Abgase verlassen den Herdraum und heizen die Regeneratoren 3 und 4 auf (Abb. 125). Die Umschaltung der Strömungsrichtung der Gase erfolgt alle 10—25 Minuten.

Der Sauerstoff zum Frischen des Roheisens kommt aus der heißen Luft, die im Überschuß zugeführt wird, und vom Schrott. Dieser enthält den Sauerstoff in dem anhaftenden Rost chemisch gebunden.

Der Gesamtprozeß der Stahlerzeugung dauert je nach Ofengröße 6—14 Stunden. Er wird beendet, wenn die Schmelze den geforderten Kohlenstoffgehalt hat. Sie wird dann in Gießpfannen abgestochen. Beschickung und Abstich des SIEMENS-MARTIN-Ofens erfolgen periodisch. Durch die hohen Temperaturen, die bei diesem Verfahren angewandt werden, wird das Ofenfutter sehr stark beansprucht und muß nach jedem Schmelzvorgang ausgebessert werden.

Die Stahlschmelzer können das Herdfrischverfahren wegen der längeren Dauer durch häufigere Entnahme und Untersuchung von Proben besser kontrollieren und regeln, als es beim Windfrischen möglich ist.

In der Tabelle 7 werden das Windfrischverfahren und das Herdfrischverfahren noch einmal gegenübergestellt.

Tabelle 7. Frischverfahren

	THOMAS-Verfahren	SIEMENS-MARTIN-Verfahren
Einsatzgut	flüssiges phosphorreiches Roheisen und Zuschlagstoffe	festes phosphorarmes Roheisen, Schrott und Zuschlagstoffe
Grundprozeß	Oxydation der Begleitelemente	Oxydation der Begleitelemente
Oxydationsmittel	Sauerstoff aus der Luft	Sauerstoff aus der Luft und gebundener Sauerstoff
Dauer des Gesamtprozesses	etwa 20—30 Minuten	6—14 Stunden
Produkte	Thomas-Stahl und phosphorreiche Thomasschlacke	Siemens-Martin-Stahl und eisenreiche Siemens-Martin-Schlacke

d) Technische Durchführung im Elektrostahlofen

Die Eigenschaften der im Konverter oder im SIEMENS-MARTIN-Ofen hergestellten Stahlsorten genügen nicht auf allen Anwendungsgebieten des modernen Maschinenbaues, des Bauwesens und des Verkehrs den Anforderungen. Daher werden für bestimmte Anwendungsgebiete besondere Stahlsorten im **Elektrostahlofen** hergestellt.

Die Versuche zur Nutzung der elektrischen Energie bei der Stahlerzeugung reichen in die 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts zurück, sie führten aber erst nach 1900 zur praktischen Anwendung. Die Stahlerzeugung im Elektrostahlofen hat seitdem ständig zugenommen. Sie wird in Stahlwerken und Betrieben des Maschinenbaues angewendet.

Die gebräuchlichste Art des Elektrostahlofens ist der **Lichtbogenofen** (Abb. 126). Er hat einen runden Querschnitt. Wie beim SIEMENS-MARTIN-Ofen ist auch hier ein Herd vorhanden, dessen Decke jedoch abnehmbar ist. In diesem Ofendeckel sind Graphit- oder Kohleelektroden angeordnet. Lichtbogenöfen werden mit einem Fassungsvermögen bis zu 180 t gebaut. Abb. 127 zeigt uns das Schema eines solchen Ofens.

Die Beschickung erfolgt nach Abnahme des Ofendeckels von oben her. Neben festen Ausgangsstoffen kommt auch flüssiger Stahl aus dem SIEMENS-MARTIN-Ofen zum Einsatz.

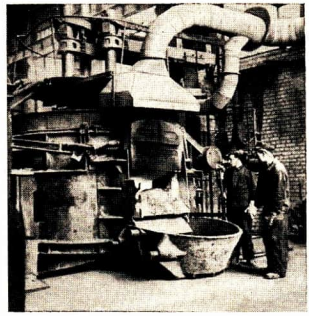


Abb. 126 Lichtbogenofen im VEB Stahl- und Walzwerk „Wilhelm Florin", Hennigsdorf bei Berlin

Die chemischen Vorgänge bei der Stahlerzeugung entsprechen denen des Herdfrischverfahrens. Der Sauerstoff zur Oxydation der Begleitelemente wird jedoch nicht von überschüssiger Verbrennungsluft geliefert, sondern er kommt aus Einsatzstoffen. Das Frischen des Stahls im Elektroofen kann auch durch Einsatz von Sauerstoff beschleunigt werden. Die Temperatur zum Schmelzen der Einsatzstoffe und der Herstellung des Stahles wird mit Hilfe eines Lichtbogens erzeugt, der von den Elektroden zu den Einsatzstoffen überspringt. Bei dieser Wärmeerzeugung bleibt bedeutend mehr Wärme im Ofen, als bei der Verbrennung von Heizgasen im SIEMENS-MARTIN-Ofen.

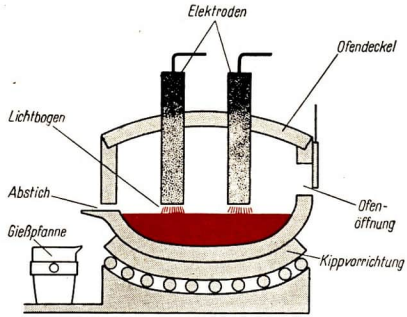


Abb. 127 Schematische Darstellung eines Lichtbogenofens

Elektrostahlöfen verbrauchen große Mengen Elektroenergie und werden daher gegenwärtig nur zur Erzeugung besonderer Stahlsorten angewandt. Derartige Stähle sind ein Gemisch von mehreren Metallen und Nichtmetallen. Sie gehören zu den **Legierungen.**

Wenn dem Stahl im Elektrostahlofen Mangan zugemischt wird, erhöht sich zum Beispiel seine Zähigkeit und er kann zu Brecherbacken verarbeitet werden. Das Legieren mit kleinen Mengen Silicium verbessert die Härte und Festigkeit.

Neben diesen beiden Legierungselementen gibt es noch eine Reihe weiterer, die wir zum Teil im nächsten Kapitel kennenlernen.

Die wichtigsten Betriebe der Deutschen Demokratischen Republik, in denen legierte Stähle im Elektrostahlofen erzeugt werden, sind der VEB Edelstahlwerk „8. Mai 1945" Freital, der VEB Stahl- und Walzwerk „Wilhelm Florin", Henningsdorf bei Berlin, der VEB Stahl- und Walzwerk Riesa und der VEB Stahl- und Walzwerk Gröditz.

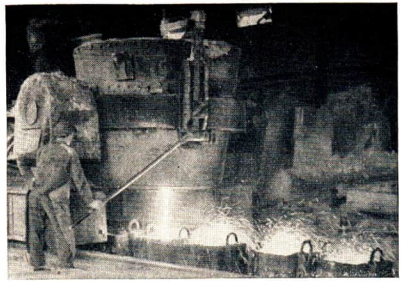


Abb. 128 Kokillenguß im VEB Maxhütte Unterwellenborn

3. Formgebung. Das Hauptprodukt der Frischverfahren ist der Stahl, der das Element Kohlenstoff nur noch bis 1,7% und andere Begleitelemente in geringen Anteilen enthält.

Der flüssige Stahl wird zum Teil in Gießereien unter Verwendung von Formen zu Maschinenteilen und Geräten gegossen. Große Mengen Stahl läßt man in den Stahlwerken in gußeisernen Blockformen, den **Kokillen,** zu Blöcken erstarren (Abb. 128). Diese Blöcke werden in glühendem Zustand durch **Walzen** oder **Schmieden** weiterverarbeitet. In den Walzwerken (Abb. 129) werden die Blöcke durch Walzen geführt, die ihnen allmählich den gewünschten Querschnitt geben (Abb. 130). Auf diese Weise entstehen **Profilstähle** und **Stahlbleche.** Abbildung 131 gibt einen Überblick über die wichtigsten Profilstahlformen. Durch Weiterverarbeitung der Profilstähle

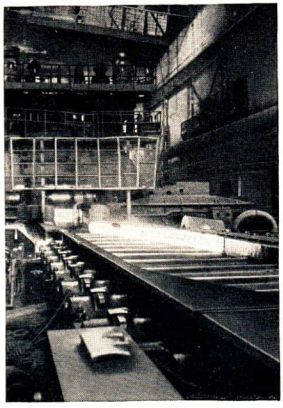


Abb. 129 Walzenstraße

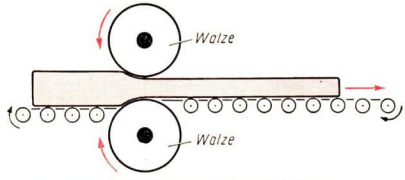


Abb. 130 Schematische Darstellung des Walzens

erhält man kleinere Profile, wie zum Beispiel **Stahldraht** oder Blech für Konservendosen. Besondere Formstücke werden mit Schmiedemaschinen und Schmiedepressen hergestellt.

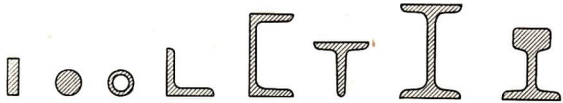


Abb. 131 Wichtige Profilstahlformen

4. Nebenprodukte der Stahlherstellung. Als Nebenprodukt fällt bei beiden Frischverfahren **Schlacke** an. Die THOMAS-Schlacke besteht im wesentlichen aus einer phosphorreichen Verbindung, die staubfein gemahlen als **THOMAS-Mehl** in den Handel kommt. THOMAS-Mehl ist ein wertvolles Phosphordüngemittel. Bei der Herstellung von 1 t THOMAS-Stahl entstehen etwa 0,2 t THOMAS-Schlacke.

SIEMENS-MARTIN-Schlacke fällt in verhältnismäßig geringen Mengen an. Auf 1 t SIEMENS-MARTIN-Stahl kommen etwa 0,08 t Schlacke. Die SIEMENS-MARTIN-Schlacke wird wegen ihres hohen Eisen- und Mangangehaltes wieder dem Verhüttungsprozeß zugeführt. Sie kann also ebenfalls noch wirtschaftlich genutzt werden.

Aus weißem Roheisen kann man durch Oxydation der Begleitelemente (Frischen) Stahl gewinnen. Die wichtigsten Frischverfahren sind das Windfrischen (THOMAS-Verfahren) und das Herdfrischen (SIEMENS-MARTIN-Verfahren). Als Endprodukte entstehen Stahl und Schlacke.

Abb. 132 gibt einen Überblick über die Stahlerzeugung.

Die Roheisen- und Stahlerzeugung in der Deutschen Demokratischen Republik

Roheisen und Stahl gehören zu den wichtigsten Erzeugnissen unserer Industrie. Stahl und Roheisen sind die wichtigsten Werkstoffe für den Bau von Maschinen aller Art. Aus Stahl bestehen die Maschinen für den Abbau von Bodenschätzen und deren weitere Verarbeitung und die zahlreichen Maschinen und Geräte zur spanabhebenden und spanlosen Verformung der Werkstoffe. In unserer Landwirtschaft werden viele moderne Geräte und Maschinen zur Bearbeitung des Bodens, zur Pflege der Kulturen und bei anderen Arbeiten eingesetzt. Stahl wird ferner zum Bau von Industrieanlagen, von landwirtschaftlichen Gebäuden und von Wohnhäusern benötigt. Neben dem Bauwesen benötigt das Verkehrswesen große Stahlmengen. Gleisanlagen, Lokomotiven, Waggons, Kraftwagen, Lastkähne und Schiffe werden unter Verwendung von Stahl hergestellt. Denken wir auch an die vielen großen und kleinen Geräte und Gegenstände des täglichen Bedarfs, wie Kochtöpfe, Eßbestecks, Taschenmesser usw., zu deren Herstellung in den Betrieben der Leichtindustrie ebenfalls Stahl gebraucht wird. Abbildung 133 gibt einen Überblick über die Stahlverwendung.

Die roheisen- und stahlerzeugenden Betriebe sind ein wichtiger Zweig der Schwerindustrie unserer Republik. Ihre Erzeugnisse haben für die Arbeit und die Entwicklung unserer gesamten Industrie und Landwirtschaft, des Bauwesens und des Ver-

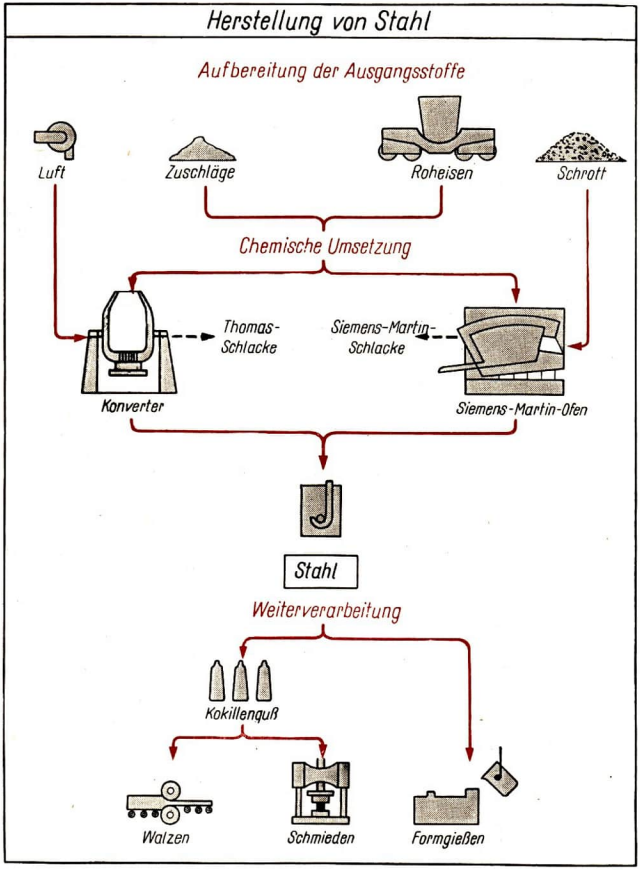


Abb. 132 Schematische Darstellung der Stahlerzeugung

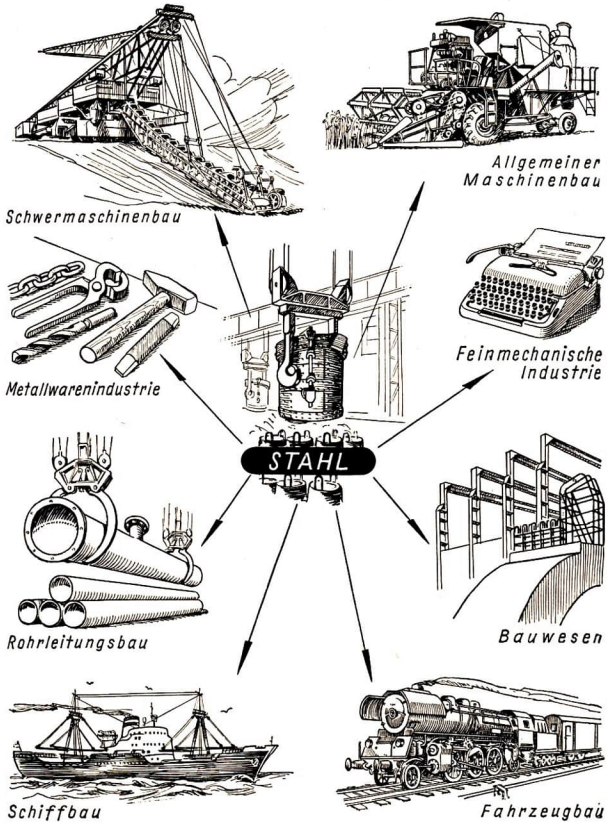


Abb. 133 Verwendung von Stahl

kehrs große Bedeutung. Die Entwicklung der Roheisen- und Stahlproduktion bildet daher eine wichtige Grundlage für unseren sozialistischen Aufbau und die Erhöhung unseres Lebensstandards.

Der Beginn unserer Roheisen- und Stahlproduktion nach 1945 war mit Schwierigkeiten verbunden. 1949 gab es in der Deutschen Demokratischen Republik nur einen Roheisen erzeugenden Betrieb, den VEB Maxhütte Unterwellenborn. Die Produktion wurde dort nach Beseitigung der größten Kriegsschäden wieder aufgenommen.

Roheisen und Stahl aus der Maxhütte reichten für den Aufbau bei weitem nicht aus. Die Sozialistische Einheitspartei Deutschlands unterbreitete daher den Vorschlag, im ersten Fünfjahrplan vor allem eine leistungsfähige Eisenhütten- und Stahlindustrie aufzubauen. Bei Calbe an der Saale wurde das erste Niederschachtofenwerk der Welt errichtet. Dank der Zusammenarbeit der sozialistischen Länder konnten unsere Werktätigen den VEB Eisenhüttenkombinat „J. W. Stalin", Stalinstadt mit seinen umfangreichen Aufbereitungsanlagen und den sechs großen Hochöfen zusammen mit einem Hüttenzementwerk und einem Kraftwerk erbauen. Die Sowjetunion, die Volksrepublik Polen und die Tschechoslowakische Republik versorgen diesen Betrieb mit dem größten Teil der Ausgangsstoffe.

Die Werktätigen unserer Eisenhüttenwerke eigneten sich, oft mit Unterstützung sowjetischer Ingenieure, Kenntnisse und Erfahrungen über die Arbeit in diesen Betrieben an. Ihre Leistungen zeigen sich in der bedeutenden Steigerung der Roheisenproduktion (Abb. 134). Durch Anwendung neuer Arbeitsmethoden wird die Roheisenerzeugung weiter erhöht. So wurden beim Hochofenprozeß durch Zusatz von Wasserdampf zum Heißwind schon gute Erfolge erzielt. Der Hochofen arbeitet dadurch gleichmäßiger, es wird Koks gespart und die Leistung des Ofens verbessert.

Die Stahlerzeugung konnte seit 1948 bedeutend erhöht werden (Abb. 135). Die Stahlwerke in Brandenburg, Hennigsdorf, Riesa, Freital, Gröditz und im VEB Maxhütte Unterwellenborn wurden aufgebaut oder wieder instand gesetzt. Zwischen den Stahlschmelzern der Sowjetunion und der Deutschen Demokratischen Republik fand ein reger Erfahrungsaustausch statt. Nach dem Vorbild des sowjetischen Stahlschmelzers Amossow wurde in den Stahlwerken der Deutschen Demokratischen Republik mit der Schnellschmelzbewegung begonnen.

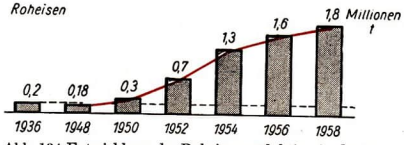


Abb. 134 Entwicklung der Roheisenproduktion in der Deutschen Demokratischen Republik

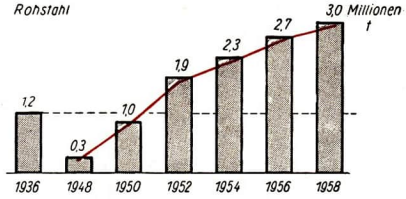


Abb. 135 Entwicklung der Stahlproduktion in der Deutschen Demokratischen Republik

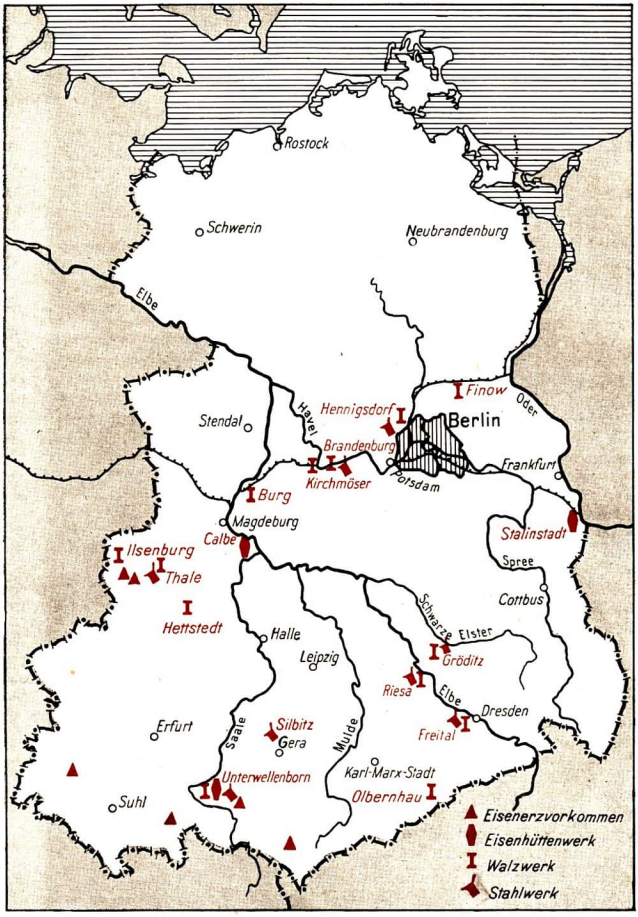


Abb. 136 Eisenerzvorkommen, Eisenhüttenwerke, Stahlwerke und Walzwerke in der Deutschen Demokratischen Republik

Dabei kommt es auf die Verkürzung der Beschickungszeit beim SIEMENS-MARTIN-Ofen durch gute Arbeitsorganisation, die größtmöglichste Ausnutzung des Herdes durch überlegte Beschickung des Ofens und vieles andere an.

Die Anwendung von Sauerstoff beim Herdfrischverfahren gibt uns weitere Möglichkeiten für die Steigerung der Stahlerzeugung. Im VEB Edelstahlwerk „8. Mai 1945" Freital ist bereits eine Sauerstoffanlage in Betrieb genommen. Dadurch ist es möglich, schneller und qualitätsgerechtere Edelstähle herzustellen.

Der Bau eines geplanten modernen Stahl- und Walzwerkes in Stalinstadt wird ebenfalls zur Versorgung unserer Republik mit Stahl beitragen.

Der in unserer Republik erzeugte Stahl wird in 13 zum Teil spezialisierten Walzwerken weiterverarbeitet. Der größte Teil dieser Walzwerke ist den Stahlwerken angeschlossen (Abb. 136). Unsere Walzwerke verarbeiten auch Stahl, der importiert wird. Von großer Bedeutung für den weiteren sozialistischen Aufbau sind die Stahllieferungen aus der Sowjetunion.

Die Wissenschaftler, Techniker und Arbeiter unserer Eisen- und Stahlindustrie erhielten vom V. Parteitag der Sozialistischen Einheitspartei Deutschlands den Auftrag, das Aufkommen an Werkstahl aus eigener Produktion und aus Importen bis 1965 auf 6,3 Millionen t zu erhöhen. Dieser Stahl ist besonders für die Verwirklichung unseres Chemieprogramms notwendig, denn für die Neubauten und Erweiterungen von Betrieben sowie die Errichtung moderner Anlagen werden große Mengen Stahl benötigt. Eine bessere Versorgung der Bevölkerung mit Industriewaren und Nahrungsmitteln ist ebenfalls von der Erhöhung der Roheisen- und Stahlproduktion abhängig. Ferner sind moderne und wertvolle Maschinen wichtige Exportgüter unserer Republik.

Wiederholungsfragen und Aufgaben:

1. *Erläutere die Gewinnung und Aufbereitung der Eisenerze!*
2. *Zeichne vereinfacht den Aufriß eines Hochofens, gib in der Zeichnung seine Hauptteile an und stelle die Vorgänge beim Hochofenprozeß in der Zeichnung dar!*
3. *Vergleiche die Nutzung der Wärme im Winderhitzer und SIEMENS-MARTIN-Ofen!*
4. *Erläutere die Besonderheiten des Niederschachtofens gegenüber dem Hochofen!*
5. *Welche Unterschiede bestehen zwischen grauem und weißem Roheisen?*
6. *Gib die beim Frischen ablaufenden chemischen Reaktionen in Gleichungen an!*
7. *Vergleiche das THOMAS-Verfahren mit dem SIEMENS-MARTIN-Verfahren!*
8. *Zeichne einen SIEMENS-MARTIN-Ofen im Aufriß!*
9. *Nenne die Unterschiede zwischen Roheisen und Stahl!*
10. *Nenne Gegenstände des Haushalts, die aus Gußeisen oder Stahl hergestellt sind!*
11. *Nenne unsere wichtigsten Eisenhüttenwerke, Stahlwerke und Walzwerke!*
12. *Erläutere die Bedeutung unserer Eisenhüttenwerke, Stahlwerke und Walzwerke für unseren sozialistischen Aufbau!*
13. *Nenne Maßnahmen, die zur Steigerung der Roheisen- und Stahlproduktion beitrugen!*



Passagierflugzeug der Deutschen Lufthansa vom Typ IL 14

Der Flugzeugverkehr in unserer Republik nimmt immer mehr zu. Eine große Anzahl von Menschen fliegt schnell und sicher mit den Passagierflugzeugen der Deutschen Lufthansa den Reisezielen entgegen. Viele Teile der Flugzeuge bestehen aus Legierungen der Leichtmetalle. Eine Reihe weiterer metallischer Werkstoffe finden beim Flugzeugbau ebenfalls Verwendung.

5. KAPITEL

Nichteisenmetalle und Legierungen

Nichteisenmetalle

Neben den Werkstoffen Roheisen und Stahl werden auch andere Metalle als Werkstoffe verwendet. Man bezeichnet diese als **Nichteisenmetalle.** Zu den Nichteisenmetallen gehören zum Beispiel Kupfer, Blei, Zink, Gold, Aluminium und Magnesium. Nach ihrer Wichte werden die Nichteisenmetalle in **Schwermetalle** und **Leichtmetalle** eingeteilt. Die Grenze zwischen den beiden Gruppen liegt bei der Wichte von 5 p/cm³.

Die Schwermetalle unterscheiden sich von den Leichtmetallen ferner durch ihre verschiedenen Farben. Kupfer weist zum Beispiel eine rote Färbung auf, Zink glänzt bläulichweiß, und Gold hat eine gelbe Farbe. Die Leichtmetalle sehen dagegen weiß aus. Auch die Verbindungen der Schwermetalle sind meist farbig. Denken wir dabei an das Kupferchlorid oder an das Kupfersulfat. Die Verbindungen der Leichtmetalle sind dagegen im allgemeinen weiß.

Die Schwermetalle werden wegen ihrer vielfach lebhaften Farbe und der Farbe ihrer Verbindungen auch **Buntmetalle** genannt. Tabelle 8 gibt uns einen Überblick über die Einteilung einiger wichtiger Nichteisenmetalle.

Tabelle 8. Nichteisenmetalle

Schwermetalle (Buntmetalle)		Leichtmetalle
Gold	Blei	Aluminium
Silber	Kupfer	Magnesium
Platin	Zinn	
	Zink	
	Nickel	
	Chrom	

Wir werden uns im folgenden mit einigen wichtigen Schwermetallen und Leichtmetallen beschäftigen.

1. Kupfer

Eigenschaften und Verwendung. Kupfer ist als einziges Metall von rotglänzender Farbe. Es hat je nach Reinheitsgrad eine Wichte von 8,5 bis 8,9 p/cm³.

Die Härte des Kupfers entspricht etwa der des Kalksteins. Es ist also ein verhältnismäßig weiches Metall. Kupfer ist dehnbar und dabei sehr zäh. Deshalb kann man es gut walzen, zu Drähten ausziehen und schmieden. Da Kupfer in geschmolzenem Zustand Sauerstoff aus der Luft aufnimmt und beim Erstarren wieder abgibt, entsteht ein blasiger Guß. Die Formgebung durch Gießen ist daher nicht möglich. Man kann Kupfer auch nicht ohne Schwierigkeiten zerspanen, da das reine Metall dabei schmiert. Verbindungen zwischen Werkstücken aus Kupfer können sowohl durch Löten als auch durch Schweißen hergestellt werden.

Nach Silber ist Kupfer der beste Leiter für Wärme und Elektrizität. Das Kupfer übertrifft alle anderen unedlen technisch wichtigen Metalle in diesen Eigenschaften um ein Vielfaches. Verunreinigungen des Kupfers setzen allerdings seine Leitfähigkeit herab. Kupfer wird wegen seiner günstigen Wärmeleitfähigkeit in der Heizungs- und Kühltechnik verwendet. Aus Kupfer werden zum Beispiel Flammrohre für Heizungskessel und Rohre für Kühler hergestellt. Es ist auf Grund seiner großen Leitfähigkeit für Elektrizität einer der wichtigsten Werkstoffe für die gesamte Elektroindustrie, besonders für die Nachrichten-, Funk- und Fernsehtechnik. Kabel, Drähte, Kontakte und andere Bauteile bestehen vielfach aus Kupfer.

Wir untersuchen einige chemische Eigenschaften des Kupfers.

Versuch 33: *Ein blankes Stück Kupferblech bleibt mehrere Tage an der Luft liegen. Ein zweites Stück blankes Kupferblech wird mit der Tiegelzange in die Flamme des Brenners gehalten.*
Beobachte das Kupferblech nach einigen Tagen, beziehungsweise nach dem Erhitzen!
Versuch 34: *Auf ein Stück Kupferblech geben wir einige Tropfen Essigsäure und lassen diese kurze Zeit einwirken.*
Wir geben in je ein Reagenzglas mit blanken Kupferspänen verdünnte Salzsäure oder Schwefelsäure.
Beobachte, ob eine Umsetzung stattfindet!

Wird Kupfer an der Luft erhitzt, so entsteht eine schwarze Schicht von **Kupfer-(II)-oxyd CuO.**

Kupfer, das sich in trockener Luft bei Zimmertemperatur nur wenig verändert, überzieht sich in der feuchten Luft mit einer grünen, dichten Schicht von **Patina.** Diese entsteht durch gleichzeitiges Einwirken von Sauerstoff, Wasser und Kohlendioxyd auf Kupfer. Patina ist eine Kupferverbindung, die Kupfercarbonat und Kupferhydroxyd enthält. Sie darf nicht mit **Grünspan,** einem Kupfersalz der Essigsäure, verwechselt werden. Früher wurde Kupferblech zum Decken der Dächer bedeutender Bauwerke benutzt. Noch heute beobachten wir ihre mit Patinaschichten überzogenen Dächer, die infolge dieser Schutzschicht sehr dauerhaft sind.

Kupfer reagiert mit den meisten verdünnten Säuren nicht. Viele Apparaturen der chemischen Industrie, besonders bei der Bier-, Spiritus- und Zuckererzeugung, sind daher aus Kupfer gefertigt.

Die löslichen Verbindungen des Kupfers, wie zum Beispiel Kupfersulfat, sind giftig. Sie wirken besonders auf Kleinlebewesen. Kupferverbindungen sind daher in einigen Schädlingsbekämpfungsmitteln enthalten.

Die Eigenschaften des Kupfers werden vielfach durch das Zusammenschmelzen mit anderen Metallen vorteilhaft verändert. Dabei entstehen Kupferlegierungen, die wir noch genauer kennenlernen.

Die auf den günstigen physikalischen und chemischen Eigenschaften beruhende Anwendung des Kupfers ist in Abb. 137 dargestellt.

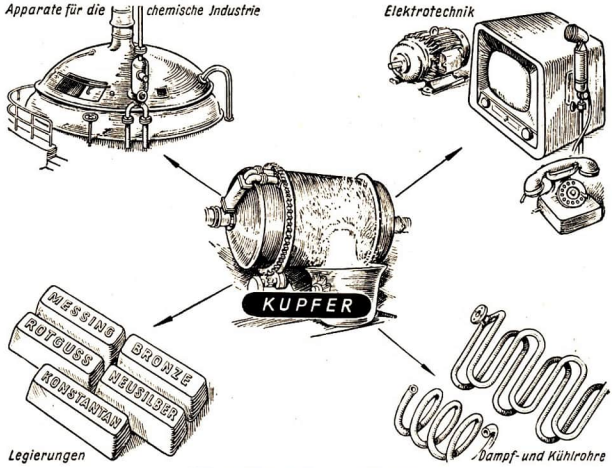


Abb. 137 Verwendung von Kupfer

Herstellung. Kupfer kommt in der Natur vorwiegend in Erzen vor, in denen Kupfer an Schwefel gebunden ist. Ein solches Kupfererz ist der **Kupferschiefer**, der in der Deutschen Demokratischen Republik im Mansfelder Revier abbauwürdig vorkommt. Der Kupferschiefer entstand vor Millionen Jahren in einem flachen Meer als dünne Ablagerung. Das beweisen auch die zahlreichen Funde von Fischabdrücken, die die Mansfelder Bergarbeiter mit dem Kupferschiefer zutage fördern. Da das Flöz nur eine Mächtigkeit von etwa 0,5 m aufweist, muß zur Erleichterung der schwierigen Arbeitsbedingungen des Bergmanns auch anderes Gestein abgebaut werden. Ein Teil davon wird über Tage auf Halden geschüttet. Der geförderte Kupferschiefer hat, wie die anderen auf der Erde vorkommenden Kupfererze, nur einen geringen Kupfergehalt. Neben den 2 bis 3% Kupfer sind im Mansfelder Kupferschiefer noch etwa 80 weitere Elemente enthalten, von denen verschiedene gewonnen und wirtschaftlich genutzt werden.

Das Kupfererz wird in den Hüttenbetrieben des VEB Mansfeld Hüttenkombinat „Wilhelm Pieck" sorgfältig aufbereitet, verhüttet und gereinigt. Dabei werden die Kupfer-Schwefel-Verbindungen zunächst mit Luftsauerstoff in Oxyde überführt. Diese muß man anschließend reduzieren. Es entsteht **Rohkupfer** mit einem Kupfergehalt von 97 bis 99%. Außerdem fallen große Mengen flüssiger Schlacke an, die zu Pflastersteinen vergossen wird. Die im Rohkupfer noch vorhandenen Verunreinigungen müssen weitestgehend entfernt werden, weil sie die Eigenschaften des Kupfers beeinträchtigen und andererseits die in Spuren vorhandenen anderen Metalle auch wirtschaftlich genutzt werden sollen. Bei dieser Reinigung durch Oxydation und mit Hilfe elektrochemischer Vorgänge erhält man **Reinkupfer** mit 99,97% Kupfer.

Im Mansfelder Gebiet wird seit über 750 Jahren Kupfererz abgebaut und daraus Kupfer erzeugt. Die Mansfelder Bergleute können auf ruhmreiche revolutionäre Traditionen zurückblicken. Sie kämpften im Großen Deutschen Bauernkrieg unter der Fahne Thomas Müntzers an der Seite der unterdrückten Bauern. Im März 1921 widersetzten sie sich mit Generalstreik und bewaffneten Aktionen erfolgreich den reaktionären Polizei- und Reichswehrtruppen. In der Zeit des Faschismus setzten antifaschistische Widerstandsgruppen illegal ihren Kampf fort, bis das Mansfelder Land endgültig befreit wurde. Das Leben der Mansfelder Arbeiter wurde nun systematisch verbessert. Viele mechanische Neuerungen und die breite Anwendung neuer Arbeitsmethoden erleichtern den Bergarbeitern die Arbeit und steigern die Förderung von Kupfererz beträchtlich.

Im Rahmen des planmäßigen sozialistischen Aufbaus in unserer Republik werden weitere Kupferbergwerke angelegt. Im jüngsten Kupferbergbaubetrieb unserer Republik, im VEB Kupferbergbau Niederröblingen, Kreis Sangerhausen, wird in den nächsten Jahren soviel Kupfererz gefördert werden, wie aus den zwei großen Schachtanlagen des Mansfelder Revieres, dem VEB Kupferbergbau „Ernst Thälmann" und dem VEB Kupferbergbau „Fortschritt".

2. Blei

Eigenschaften und Verwendung. Blei ist ein glänzendes, bläulichweißes Metall. Unter den Buntmetallen hat das Blei mit 11,4 p/cm³ die größte Wichte. Wir untersuchen seinen Schmelzpunkt und seine Härte.

Versuch 35: *Blei wird in einem Verbrennungslöffel oder Tontiegel erhitzt. Was kannst du über den Schmelzpunkt aussagen?*

Versuch 36: *Ein Stück Blei wird mit dem Fingernagel und einem Messer geritzt. Beobachte das Ergebnis der Ritz- und Schneideprobe!*

Der Schmelzpunkt von Blei ist sehr niedrig. Er liegt bei 327°C. Blei ist das weichste Schwermetall. Es ist außerordentlich dehnbar und biegsam. Das Blei kann durch Gießen, Walzen und Pressen leicht verformt werden. Werkstücke aus Blei können durch Sägen und Bohren bearbeitet werden. Dagegen wird Blei nicht durch Feilen bearbeitet, weil es dabei infolge seiner geringen Härte und großer Dehnbarkeit schmiert. Blei kann gelötet und geschweißt werden.

Unter allen Metallen ist Blei der schlechteste Leiter für Wärme und elektrischen Strom. Es wird von Röntgenstrahlen und von Strahlungen, wie sie bei der Umwandlung von Atomen auftreten, kaum durchdrungen. Diese Eigenschaft des Bleis wird in den Atomforschungsinstituten, in Atomkraftwerken und in der Medizin zum Schutz vor diesen gefährlichen Strahlungen ausgenutzt. Dazu werden Bleiwände und Brillen aus Bleiglas verwendet.

Blei und seine Verbindungen sind giftig. Sie können durch Einatmen oder bei der Nahrungsaufnahme in den Organismus gelangen. Da Blei vom Körper nicht wieder abgegeben wird, kann es bei dauerndem Umgang mit bleihaltigen Stoffen zu Bleivergiftungen kommen. Schweißer, Schriftsetzer und Maler, die Blei oder Bleiverbindungen verwenden, müssen sich besonders schützen.

Wir untersuchen nun einige chemische Eigenschaften des Bleis:

Versuch 37: *Das in Versuch 36 angeritzte Stück Blei bleibt einige Tage an der Luft liegen.*
Beobachte dann die Ritzfläche!

Versuch 38: *Blanke Bleispäne werden in 3 Reagenzgläser gegeben. Wir übergießen die Metallspäne mit destilliertem Wasser, Leitungswasser und mit verdünnter Schwefelsäure.*
Prüfe die mit Wasser gefüllten Reagenzgläser nach einigen Tagen mit rotem Lackmuspapier!
Beobachte den Ablauf der Umsetzung mit der verdünnten Schwefelsäure!

Das Blei läuft an seiner Oberfläche in Gegenwart der Luft an. Es bildet sich eine Schicht von **Blei(II)-oxyd PbO**, die das darunter liegende Metall vor weiterer Oxydation schützt. Blei wird von luftfreiem destilliertem Wasser nicht verändert. Auf dem Metall bildet sich aber bei Einwirkung von Leitungswasser eine festhaftende Oberflächenschutzschicht. Sie entsteht durch Reaktion von Blei mit im Leitungswasser enthaltenen gelösten Stoffen. Beim Vorhandensein des Säurerestes SO_4 entsteht zum Beispiel **Bleisulfat $PbSO_4$**. Auf der Oberfläche von Blei bildet sich bei Einwirkung von verdünnter Schwefelsäure schwerlösliches Bleisulfat. Die Gleichung für diesen Vorgang lautet:

$$Pb + H_2SO_4 \rightarrow PbSO_4 + 2\,H \uparrow .$$

Das Bleisulfat schützt das darunter liegende Metall vor weiterer Reaktion mit Schwefelsäure. Blei wird daher zu Rohrleitungen und zu der Auskleidung von Reaktionsräumen bei der Erzeugung von Schwefelsäure verwendet. Da sich Blei mit einer unlöslichen Schutzschicht bedeckt, kann es trotz seiner Giftigkeit auch für Wasserleitungsrohre verwendet werden. Diese chemische Eigenschaft sowie die geringe elektrische Leitfähigkeit gestatten seine Verwendung beim Verlegen elektrischer Kabel in der Erde und im Wasser. Große Bedeutung hat auch die Verwendung von

Blei in Bleiakkumulatoren, die zum Aufspeichern elektrischer Energie dienen. Ferner wird Blei für das Herstellen bestimmter Legierungen verwendet. Bei vielen Verwendungszwecken wird das Blei in steigendem Maße durch Plastwerkstoffe verdrängt.

Herstellung. Der **Bleiglanz** ist das verbreitetste Bleierz. Er ist eine Verbindung von Blei und Schwefel. Die Rohstoffgrundlage der Bleierzeugung in der Deutschen Demokratischen Republik bilden die Vorkommen im Mansfelder Kupferschiefer, die Bleierzvorkommen bei Freiberg, die neuentdeckten Blei-Zink-Erze in der Gegend von Hermsdorf im Erzgebirge und eingeführte Erze und Bleischrott.

Nach der Aufbereitung des schwefelhaltigen Bleierzes folgt die Oxydation, dann die Reduktion. Es entsteht **Werkblei**, aus dem noch die Begleitelemente durch Reinigung und elektrochemische Verfahren entfernt werden müssen. Reinblei enthält 99,97 bis 99,99% Blei.

In der Deutschen Demokratischen Republik wird Blei im VEB Mansfeld-Hüttenkombinat „Wilhelm Pieck" und im VEB Hüttenwerke Halsbrücke produziert.

3. Zink

Eigenschaften und Verwendung. Zink ist ein bläulichweißes und stark glänzendes Metall.

Seine Härte und Zugfestigkeit sind gering; es kann daher nur begrenzt mechanisch beansprucht werden. Das Metall ist gießbar. Die wichtigsten Verformungsverfahren für Zink sind das Walzen und Pressen. Zink kann auch zerspant, gelötet und geschweißt werden.

Zink hat eine große Wärmeausdehnung, die von keinem anderen Metall erreicht wird. So ist die Wärmeausdehnung von Zink zum Beispiel $2\frac{1}{2}$ mal so groß wie die von Eisen. Ein aus Zink und Eisen zusammengesetzter **Bimetallstreifen** biegt sich folglich stark nach der Seite des Eisens. In der Technik werden Bimetallstreifen zum automatischen Ein- und Ausschalten von Stromkreisen verwendet.

Wie bei den Metallen Kupfer und Blei, so bildet sich auch auf der Oberfläche des Zinks an feuchter Luft eine festhaftende Schicht, die in Wasser unlöslich ist und deshalb das Metall vor weiterer Einwirkung schützt. Sie besteht aus Zinkcarbonat und Zinkhydroxyd. Man verwendet Zink deshalb vor allem als Oberflächenschutzmittel für Stahlbleche, -rohre, -drähte und für Nägel (Verzinken).

Versuch 39: *Ein Streifen blankes Kupferblech wird in ein heißes Gemisch aus konzentrierter Kalilauge und Zinkstaub eingetaucht.*
Beobachte das Kupferblech!

In der Industrie kann der Metallüberzug durch Eintauchen des zu verzinkenden Teils in eine Zinkschmelze oder durch Aufspritzen flüssigen Zinks hergestellt werden. Auf der Oberfläche der verzinkten Geräte kristallisiert das Zink häufig. Die gebildeten Kristalle sind deutlich sichtbar.

Für Dachrinnen und Regenfallrohre setzt man heute an Stelle von verzinktem Stahlblech meist geeignete Plastwerkstoffe ein.

Zink ist ein unedles Metall. Es reagiert mit verdünnten Säuren.

Versuch 40: *Kleine Zinkstücke werden in einem Reagenzglas mit verdünnter Salzsäure übergossen.*
Beobachte die Umsetzung und stelle die chemische Gleichung auf!

Diese Reaktion läuft auch in den Taschenlampenbatterien ab. Die dabei freiwerdende Energie wird zur Erzeugung elektrischen Stromes ausgenutzt.

Wie die bereits behandelten Buntmetalle ist auch Zink ein wichtiges Legierungsmetall.

Herstellung. **Zinkblende**, eine Zink-Schwefel-Verbindung, kommt im Mansfelder Kupferschiefer vor. Daneben haben die erst in neuerer Zeit bekannt gewordenen Freiberger Zinkerze für die Zinkherstellung in unserer Republik große Bedeutung.

Bei Freiberg entsteht die erste Zinkhütte der Deutschen Demokratischen Republik. Diesem neuen volkseigenen Betrieb ist eine moderne Schwefelsäurefabrik angeschlossen. Die Schwefelsäure wird zur Umsetzung oxydierter Zinkerze zu Zinksulfat benötigt. Aus der Zinksulfatlösung erhält man durch elektrochemische Vorgänge sehr reines Zink mit nur 0,01% Fremdbestandteilen. Im VEB Mansfeld-Hüttenkombinat „Wilhelm Pieck" wird nach einem anderen Verfahren gearbeitet. Dabei werden die oxydierten Zinkerze mit Koks und Kohlenmonoxyd reduziert. Da Zink einen niedrigen Siedepunkt hat, erhält man nicht flüssiges, sondern dampfförmiges Zink. Der Zinkdampf wird abgekühlt und flüssiges Zink erstarrt.

4. Zinn

Eigenschaften und Verwendung. Zinn ist ein silberweißes, stark glänzendes Metall. Es hat das Symbol Sn. Zinn hat einen niedrigen Schmelzpunkt, es schmilzt bereits bei 232°C. Zinn ist sehr weich und stark dehnbar. Bei Temperaturen um 200°C wird es jedoch sehr spröde. Zinn läßt sich gießen, vor allem aber kalt walzen und ziehen. An der Luft überzieht sich das Zinn mit einer besonders dichten Schutzschicht von **Zinn(IV)-oxyd SnO_2**. Von schwachen Säuren wird es nur wenig angegriffen. Das reine Metall wird deshalb als Rostschutzüberzug für Stahlblech verwendet. Verzinntes Stahlblech heißt **Weißblech**. Aus ihm werden besonders Konservendosen hergestellt. An die Stelle von Weißblech treten in der Konservenindustrie Stahlbleche mit besonderen Schutzanstrichen, ferner Aluminiumbleche, Glas und Plastwerkstoffe.

Von weit größerer Bedeutung ist die Verwendung des Zinns für die Herstellung von Legierungen.

Herstellung. Das wichtigste Zinnerz ist der **Zinnstein** mit der Zusammensetzung SnO_2. Zinnstein wird in der Deutschen Demokratischen Republik im Erzgebirge bei Altenberg bergmännisch gefördert. Nach einer umfangreichen Aufbereitung folgt die chemische Hauptumsetzung, das Reduzieren, an die sich die Reinigung des Metalls anschließt. Das **Reinzinn** enthält nur 0,05% andere Bestandteile.

Zinn gehört zu den Metallen, die auf der Welt schon seit einigen tausend Jahren erzeugt werden. Da die Zinnerze heute nicht mehr weit verbreitet mit höherem Zinngehalt vorkommen, werden bereits Erze mit einem Gehalt von unter 1% Zinn als abbauwürdig angesehen.

5. Nickel

Eigenschaften und Verwendung. Nickel ist ein silberweißes, schwach magnetisches Schwermetall. Es hat das Symbol Ni. Nickel zeichnet sich durch hohe Festigkeit, Härte und Zähigkeit aus. Man kann es walzen, pressen, schmieden, ziehen und zerspanen. Es wird zum größten Teil zur Herstellung legierter Stähle verwendet, deren Festigkeit, Härte und Zähigkeit dadurch wesentlich gesteigert werden können.

Nickel ist besonders widerstandsfähig gegenüber feuchter Luft und Basen, es setzt sich aber mit Schwefelsäure um. Nickelüberzüge auf Erzeugnissen aus Stahl schützen diese vor dem Rosten. Mit dünnen Nickelblechen ausgekleidete Stahlbehälter werden in der chemischen Industrie verwendet. Nickel wird ferner zur Herstellung von Röhren für die Rundfunk- und Fernsehtechnik gebraucht.

Herstellung. Die Vorkommen an abbauwürdigen Nickelerzen in der Welt sind gering. In der Deutschen Demokratischen Republik kommen Nickelerze im Erzgebirge vor. Sie werden erst seit der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts genutzt, während das Nickel schon 2000 Jahre vor der Zeitrechnung in China verwendet wurde. Nach intensiver Forschungsarbeit wurde 1829 bei Oberschlema im Erzgebirge mit der Nickelproduktion begonnen. Heute verarbeiten die volkseigenen Nickelhütten in Oberschlema und bei Aue den größten Teil der erzgebirgischen Nickelerze. Neuerdings wurden abbauwürdige Nickelerze in der Nähe von Hohenstein-Ernstthal ermittelt und aufgeschlossen. Zur Verarbeitung dieser Vorkommen entsteht gegenwärtig in St. Egidien die größte Nickelhütte ihrer Art in ganz Deutschland. Aus den Erzen wird dort erstmalig in Deutschland nach dem Renn-Verfahren in langen Drehrohröfen unter Zusatz von Kohle und Kalkstein Nickel erzeugt. Es finden dabei ebenfalls Oxydations- und Reduktionsvorgänge Anwendung.

Durch diese Erweiterung der Nickelproduktion der Deutschen Demokratischen Republik wird es möglich, den Nickelbedarf aus eigenem Aufkommen zu decken.

6. Chrom

Eigenschaften und Verwendung. Chrom ist ein weißes bis stahlblaues, glänzendes Metall. Es hat das Symbol Cr.

Es ist das härteste Metall. Außerdem weist Chrom eine hohe Festigkeit auf. Deshalb wird es vor allem als Legierungsmetall für Stahl verwendet, dessen Härte und Festigkeit dabei bedeutend gesteigert werden. Man benutzt chromlegierte Stähle vor allem für die Herstellung von Werkzeugen und stark beanspruchten Maschinenteilen.

Chrom ist den atmosphärischen Einflüssen gegenüber sehr widerstandsfähig. Bei der durchschnittlichen Außentemperatur wird das Metall durch Luftsauerstoff nicht oxydiert. Auch unter Wassereinwirkung zeigt es keine Veränderungen. Chrom wird daher zur Oberflächenveredlung unedler Metalle verwendet. Kraftfahrzeug- und Fahrradteile werden durch Verchromen vor dem Rosten geschützt und erhalten glänzendes Aussehen.

Herstellung. Durch die engen Handelsbeziehungen zur Sowjetunion erhält die Deutsche Demokratische Republik Chromerze aus den reichen Chromerzlagern im Ural und in Kasachstan. Das wichtigste Chromerz ist **Chromeisenstein,** ein Chrom-Eisen-Oxyd, mit der Zusammensetzung $FeO \cdot Cr_2O_3$. Durch Reduktion mit Aluminium erhält man aus **Chromoxyd Cr_2O_3** elementares Chrom. Stelle für diesen Vorgang die chemische Gleichung auf!

Der weitaus größere Teil der Chromerze wird aber zu **Ferrochrom,** eine Eisen-Chrom-Legierung, verarbeitet. Ferrochrom wird zur Stahlveredlung verwendet.

7. Aluminium

Eigenschaften und Verwendung. Aluminium gehört zu den Elementen, die am Aufbau der Erdrinde am meisten beteiligt sind. Es ist das in der Erdrinde am häufigsten vorkommende Metall.

Aluminium sieht fast silberhell aus. Es zählt mit der Wichte von 2,7 p/cm³ zu den Leichtmetallen. Seine Verwendung im Maschinen-, Fahrzeug-, Flugzeug- und Motorenbau an Stelle von Eisen bewirkt eine beträchtliche Gewichtsverminderung, beträgt doch die Wichte des Aluminiums etwa $\frac{1}{3}$ der des Eisens. Das wirkt sich auf die Geschwindigkeiten und die Nutzlast von Fahrzeugen vorteilhaft aus.

Aluminium hat einen niedrigen Schmelzpunkt und eine verhältnismäßig geringe Festigkeit. Im erwärmten Zustand ist es gut dehnbar. Aluminium ist leicht zu verformen und zu bearbeiten. Zum Bearbeiten eines Werkstückes aus Aluminium mit einem Bohrer brauchen wir eine wesentlich geringere Kraftanwendung als bei der gleichartigen Bearbeitung von Stahl. Warum?

Man kann Aluminium durch Gießen, Pressen, Walzen und Ziehen spanlos leichter verformen als Eisen. Die Verbindung von Aluminiumwerkstücken kann durch Nieten oder Schweißen erfolgen. Diese Methoden zur Verbindung von Aluminiumteilen werden neuerdings vielfach durch Kleben mit Plastwerkstoffen ersetzt. Der VEB Leuna-Werke „Walter Ulbricht" stellt derartige Klebemittel her, die zu den besten ihrer Art in der Welt gehören.

Sehr dünn ausgewalzte Aluminiumfolien werden als Verpackungsmaterial verwendet. Sie sind an die Stelle der teueren Stanniolfolie getreten, die aus Zinn hergestellt wird.

Wegen seiner geringen Festigkeit ist reines Aluminium nicht für die Herstellung von Maschinenteilen wie Wellen und Zahnräder geeignet. Durch Legierungselemente wird die Festigkeit bedeutend erhöht und damit der Einsatz von Aluminium wesentlich erweitert.

Durch geeignete Behandlung läßt sich eine glatte Oberfläche des Aluminiums erzeugen, die den größten Teil von auftreffenden Licht- und Wärmestrahlen zurückwirft. Daher wird Aluminium bei der Herstellung von Spiegeln und Schutzverkleidungen vor Wärmestrahlen verwendet.

Unter den Leichtmetallen besitzt Aluminium die größte elektrische Leitfähigkeit. Sie ist allerdings nur etwa halb so groß wie die von Kupfer. Wählt man den Querschnitt eines Aluminiumdrahtes jedoch entsprechend größer, so erreicht man die gleiche elektrische Leitfähigkeit. Trotz des größeren Querschnitts ist der Aluminiumdraht dann nur halb so schwer wie der Kupferdraht gleicher Leitfähigkeit. Aluminium von hohem Reinheitsgrad wird deshalb als Material für Freileitungen und für Wicklungen von Elektromotoren eingesetzt.

Von großer Bedeutung für die Verwendung von Aluminium ist sein Verhalten gegenüber Sauerstoff.

Versuch 41: *Blase Aluminiumpulver, das in ein längeres Rohrstück gefüllt wird, in die nicht leuchtende Brennerflamme.*
Beobachte die Verbrennung!

Aluminium hat großes Bindungsstreben zu Sauerstoff. Das Metall wird daher im Blitzlichtpulver beim Fotografieren benutzt. Aluminium in Grießform wird mit Eisenoxydpulver beim aluminothermischen Schweißen angewendet. Beschreibe dieses Verfahren!

Das Leichtmetall Aluminium ist chemisch wenig beständig. An der Luft überzieht es sich mit einer dünnen, aber dichten Schicht von **Aluminium(III)-oxyd Al_2O_3**. Stelle die chemische Gleichung auf!
Diese Oxydschicht schützt das darunterliegende Metall vor der Oxydation.

Versuch 42: *Wir halten die Spitze eines Aluminiumdrahtes in die Flamme des Brenners.*

Der Versuch 42 zeigt uns, daß die Oxydschicht sehr fest ist. Wegen dieser Schutzschicht ist das Metall sehr witterungsbeständig. Zur Verbesserung der Widerstandsfähigkeit gegenüber atmosphärischen Einwirkungen wird diese Schutzschicht häufig künstlich verstärkt. Die Oxydschichten können verschiedene Farben haben.

Die meisten Säuren und Laugen greifen das Metall stark an. Es kann aber zum Bau von Kraftstoff-, Lack-, Milch- und Bierbehältern verwandt werden.

Das Aluminium wird in steigendem Maße an Stelle von Stahl und anderer Metalle auf vielen Gebieten eingesetzt. Besonders die Fortschritte bei der Entwicklung von Legierungen führen zur Steigerung des Verbrauchs von Aluminium.

Herstellung. Das heute so vielseitig angewandte und unentbehrlich gewordene Aluminium gehörte noch vor etwa 70 Jahren zu den kostbaren Seltenheiten. Es wurde erst 1827 von dem deutschen Chemiker FRIEDRICH WÖHLER entdeckt. Der Weg zur wirtschaftlichen Herstellung und umfangreichen Verwendung wurde durch die Erfindung der Dynamomaschine zur Erzeugung von Elektrizität geebnet. Zur Aluminiumherstellung werden große Mengen Elektrizität benötigt. Als Rohstoff zur Erzeugung des Metalls dient vor allem Aluminiumoxyd Al_2O_3, das in dem Mineral **Bauxit** enthalten ist. Dieses Mineral stellen uns vor allem die Volksrepublik Ungarn und die Volksrepublik Rumänien zur Verfügung. Im **Ton**, den es in der Deutschen Demokratischen Republik in großen Mengen gibt, befindet sich ebenfalls Aluminiumoxyd. In absehbarer Zeit wird auch der Ton als Rohstoff für die industrielle Herstellung von Aluminium verwendet werden können.

Bei der Aluminiumherstellung wird zunächst der Bauxit zu reinem Aluminiumoxyd aufbereitet, das dann unter Verwendung von Zusatzstoffen und mit Hilfe des elektrischen Stroms zu Aluminium reduziert wird. Das anfallende Aluminium kann man dann noch zu **Reinstaluminium** verarbeiten. Sowjetischen Wissenschaftlern ist es gelungen, das reinste Aluminium der Welt zu erzeugen. Es enthält als Fremdbestandteil lediglich 0,00001% Magnesium.

In der Deutschen Demokratischen Republik wird Aluminium im VEB Elektrochemisches Kombinat Bitterfeld hergestellt. Das diesem chemischen Großbetrieb angeschlossene Braunkohlengroßkraftwerk liefert die notwendige Elektrizität. 1950 wurden die Anlagen zur Aluminiumerzeugung in diesem Betrieb wieder aufgebaut.

Für den ständig steigenden Bedarf an Aluminium ist auch die Aufarbeitung von Aluminiumabfällen und von Aluminiumschrott für unsere Volkswirtschaft von großer Bedeutung. Es werden erhebliche Mengen Aluminiumschrott gesammelt und in dem VEB Berliner Metall-Hütten- und Halbzeugwerken durch Umschmelzen und Gießen zu Barren wieder volkswirtschaftlich nutzbar gemacht.

8. Magnesium

Eigenschaften und Verwendung. Magnesium ist ein silberweißes, stark glänzendes Metall. Es hat die Wichte von 1,74 p/cm³ und ist damit das leichteste Gebrauchsmetall. Magnesium hat geringe Festigkeit.

Es verbrennt mit blendend weißer Lichterscheinung zu weißem, krümeligem Magnesiumoxyd MgO. Stelle die Reaktionsgleichung auf! An der Luft bedeckt sich Magnesium wegen seines großen Bindungsbestrebens zu Sauerstoff mit einer grauen Oxydschicht, die es vor weiterer Umsetzung mit Sauerstoff schützt. Von Säuren wird das Magnesium leicht angegriffen. Es verbindet sich mit den Säureresten zu Salzen. Nenne Beispiele!

Wegen seiner ungenügenden Festigkeit und der geringen chemischen Widerstandsfähigkeit ist das reine Metall als Werkstoff ungeeignet. In Pulver- und Bandform wird es als Blitzlicht beim Fotografieren verwendet. Gemische von sauerstoffabgebenden Stoffen und Magnesium finden in Feuerwerkskörpern Verwendung.

Magnesium spielt als Legierungsmetall eine große Rolle.

Herstellung. Wie die anderen Leichtmetalle kommt auch das Magnesium in der Natur nur in Verbindungen vor. Wichtige Magnesiumverbindungen sind **Magnesiumchlorid $MgCl_2$** und **Magnesiumsulfat $MgSO_4$.** Sie kommen in der Deutschen Demokratischen Republik in den Salzlagerstätten in großen Mengen vor. Mit Hilfe des elektrischen Stromes wird das Magnesium bei der Herstellung von dem jeweiligen Säurerest entfernt.

Legierungen

Die Verwendung der elementaren Bunt- und Leichtmetalle ist durch bestimmte physikalische und chemische Eigenschaften eingeschränkt. Schon frühzeitig wurde erkannt, wie man die Eigenschaften von Metallen verändern kann. Bereits vor einigen Jahrtausenden wurde Bronze hergestellt, indem man Kupfer und Zinn in bestimmten Gewichtsverhältnissen zum Schmelzen brachte. Die entstandene Bronze zeichnete sich durch eine größere Härte und eine hellere Farbe als das Kupfer aus. Sie ist eine **Legierung.**

Die Entdeckung von weiteren Metallen und die intensiven Forschungen versetzten die Menschen in die Lage, eine große Anzahl von Legierungen herzustellen. Dadurch entstanden neue Werkstoffe und die Verwendung der Nichteisenmetalle wurde bedeutend erweitert.

Wir wollen im folgenden die Herstellung einer Legierung am Beispiel des **Messings** kennenlernen. Zur Herstellung von Messing werden Kupfer und Zink geschmolzen; sie gehen in den flüssigen Aggregatzustand über und vermischen sich. Das Zusammenschmelzen und Vermischen von Metallen mit anderen Metallen heißt legieren. Wir sagen daher, Kupfer wird mit Zink legiert. Das durch Legieren von Kupfer und Zink entstandene Metallgemisch ist eine Kupfer-Zink-Legierung. Sie erstarrt beim Abkühlen.

Die Kupfer- und Zinkmengen können für die Herstellung von Messing in gewissen Grenzen verändert werden. Man kann deshalb für Legierungen keine Formel angeben. Im Messing überwiegt der Kupfergehalt den Zinkanteil. Kupfer ist demnach das Grundmetall, das Zink bezeichnet man als zulegiertes Metall.

Beim Vergleich der Eigenschaften von Kupfer und Zink mit den Eigenschaften der daraus hergestellten Legierung stellen wir bemerkenswerte Unterschiede fest. Kupfer ist rotglänzend, Zink bläulichweiß und glänzend. Messing hat jedoch goldgelbe bis rötlichgelbe Färbung. Kupfer und Zink sind weiche Metalle. Die Legierung ist aber härter als die reinen Metalle. Sie hat auch einen niederen Schmelzpunkt als Kupfer. Allgemein können wir sagen, daß die Legierung gegenüber ihren Bestandteilen neue Eigenschaften besitzt. Legierungen sind aber keine chemischen Verbindungen.

Die Anzahl der Legierungsbestandteile kann erhöht werden. So gibt man zu Kupfer und Zink noch Blei hinzu, um eine größere Härte der Legierung zu erreichen.

Metalle vermischen sich beim Schmelzen. Die entstandenen Metallgemische heißen Legierungen. Legierungen haben andere Eigenschaften als ihre Bestandteile.

Da bestimmte Eigenschaften eines Grundmetalls durch Legierungszusätze verbessert werden können, haben die Legierungen große technische und wirtschaftliche Bedeutung. Sie sind wertvolle Werkstoffe. Wir werden nun die wichtigsten Legierungen kennenlernen.

1. Kupferlegierungen. Kupfer, das verhältnismäßig weich ist und sich nur schwer gießen läßt, wird durch Legierungszusätze von Zink und Zinn härter und läßt sich besser gießen und bearbeiten. Es gibt zahlreiche Kupferlegierungen. Die wichtigsten sind in Tabelle 9 zusammengestellt.

Tabelle 9. Wichtige Kupferlegierungen

Legierung	Legierungsbestandteile			Eigenschaften	Verwendung
	Cu	Zn	Sn		
Messinge	54 bis 90%	10 bis 46%	—	ockergelb bis goldrot	Drähte, Bleche, Profile, Armaturen, elektrische Apparateteile
Bronzen	70 bis 96%	—	4 bis 30%	chemisch sehr widerstandsfähig	Drähte, Bleche, hochbeanspruchte Teile, wie Lager, Armaturen
Rotguß	86%	4%	10%	gut gießbar	Maschinenteile

2. Bleilegierungen. Die geringe Festigkeit des Bleis wird durch geeignete Legierungszusätze erhöht.

Während das unlegierte Blei als Weichblei bezeichnet wird, werden Blei-Antimon[1])-Legierungen **Hartblei** genannt. Man verwendet sie für Akkumulatorenplatten. Mit Antimon und Zinn legiertes Blei dient als Schriftmetall und Lagermetall. **Schriftmetall** wird in erheblichen Mengen bei der Herstellung vieler Druckereierzeugnisse gebraucht. Für den Druck dieses Lehrbuches waren zum Beispiel etwa 800 kg dieser Legierung erforderlich. Lagermetall wird für den Bau hochbeanspruchter Gleitlager von Maschinenwellen verwendet. Besonders harte Lagermetalle entstehen, wenn Blei mit geringen Zusätzen von Natrium, Barium, Calcium und Magnesium legiert wird. Diese harten Lagermetalle werden vor allem für Schienenfahrzeuge benötigt.

3. Zinnlegierungen. Die wichtigsten Zinnlegierungen sind die **Lote** oder **Lötzinne.** Sie bestehen aus 25 bis 50% Zinn und 50 bis 75% Blei. Ihr Schmelzpunkt liegt niedrig und ihre Festigkeit ist gering. Man benutzt sie besonders bei Klempnerarbeiten. Sie sind für das Löten von Kupfer, Zink und Stahl geeignet.

Im Gegensatz zum Schweißen wird beim **Löten** zur Verbindung zweier Werkstücke ein Zusatzwerkstoff anderer Zusammensetzung benötigt.

Wir wissen, daß sich die unedlen Metalle an der Luft mit einer dünnen Oxydschicht bedecken. Diese Oxydschicht wird von den Metallteilen entfernt, die miteinander durch Löten verbunden werden sollen. Sie verhindert das Haften des Lotes und seine Verbindung mit den Metallteilen. Das Entfernen der Oxydschicht erfolgt zunächst durch mechanische Bearbeitung der Metallteile. Die Reste der Oxydschicht können mit Lötwasser entfernt werden.

[1]) Antimon ist ein Element mit dem Symbol Sb.

4. Nickel- und chromlegierte Stähle. Wir wissen bereits, daß Roheisen und Stahl kein elementares Eisen sind. Im grauen Roheisen sind Graphit und Eisen enthalten, ohne daß sich diese beiden Stoffe chemisch miteinander verbunden haben. Der Kohlenstoff verändert die Eigenschaften des elementaren Eisens. Demzufolge ist graues Roheisen eine Eisen-Kohlenstoff-Legierung. Das trifft auch für Stahl zu. Es gibt also nicht nur Legierungen von Metallen. Auch das Nichtmetall Kohlenstoff kann Legierungsbestandteil sein.

Zur Verbesserung der Eigenschaften von Stahl werden vielfach Nickel und Chrom zulegiert. Nickel steigert die Zähigkeit des Stahls. Er kann dann stärker ausgewalzt werden. Bei Zusatz von Chrom erhöht sich seine Härte. **Chrom-Nickel-Stähle** sind besonders hart und zugfest. Sie sind auch chemisch sehr widerstandsfähig und rosten nicht. Besondere Bedeutung hat zum Beispiel ein Chrom-Nickel-Stahl mit einem Gehalt von 71% Eisen, 20% Chrom, 8% Nickel und geringen Anteilen von Kohlenstoff, Silicium und Mangan. Er dient zur Herstellung von hochbeanspruchten Kurbelwellen, Achsen, Zahnrädern und von Apparaten für die chemische Industrie.

5. Aluminiumlegierungen. Das reine Aluminium ist für viele Anwendungsgebiete nicht fest genug. Durch Legieren mit bestimmten Mengen geeigneter Metalle erhöht sich die Festigkeit bedeutend. Es gibt eine große Zahl von Aluminiumlegierungen. Zu den wichtigsten gehören die **Aluminium-Kupfer-Magnesium-Legierungen.** Die sind wegen des zulegierten Magnesiums sehr fest, aber infolge des Kupfergehalts nicht witterungsbeständig. Aus ihnen stellt man mechanisch stark beanspruchte Fahrzeugteile her.

Legierungen aus Aluminium und Magnesium zeichnen sich durch chemische Beständigkeit aus. Da sie durch Seewasser nicht angegriffen werden, finden sie im Schiffsbau Verwendung. Ihre Oberfläche läßt sich durch Polieren spiegelglatt bearbeiten. Es sind Stoffe, die zum Bau von Weltraumlaboratorien, wie sie zum Beispiel die sowjetischen künstlichen Erdtrabanten darstellen, verwendet werden. Aluminium läßt sich auch mit Silicium legieren. **Aluminium-Silicium-Legierungen** haben gute Festigkeit und chemische Beständigkeit. Sie weisen gute Gußeigenschaften auf und werden daher für die Herstellung besonderer Gußstücke verwendet.

Abb. 138 gibt einen Überblick über die Verwendung von Aluminiumlegierungen.

6. Magnesiumlegierungen. Die Legierungen des Magnesiums sind die leichtesten metallischen Werkstoffe. Ihre Wichte liegt bei 1,8 p/cm³. Die aus diesen Legierungen hergestellten Kraftfahrzeug-, Flugzeug- und Maschinenteile zeigen eine beträchtliche Gewichtsverminderung. Ihr Gewicht beträgt $\frac{1}{4}$ von entsprechenden Eisenteilen. Magnesiumlegierungen sind genügend fest und leicht bearbeitbar. Die chemische Widerstandsfähigkeit ist allerdings gering. Deshalb sind bei den meisten Verwendungszwecken Schutzanstriche nötig.

Die Formgebung für alle Legierungen erfolgt durch Gießen, Pressen, Schmieden oder Walzen.

Wiederholungsfragen und Aufgaben:

1. *Nenne Unterschiede zwischen Schwermetallen und Leichtmetallen!*
2. *Nenne Eigenschaften und Bearbeitungsmöglichkeiten von Kupfer! Sprich über die Verwendung dieses Metalls!*
3. *Sprich über Eigenschaften, Bearbeitung und Verwendung von Blei!*

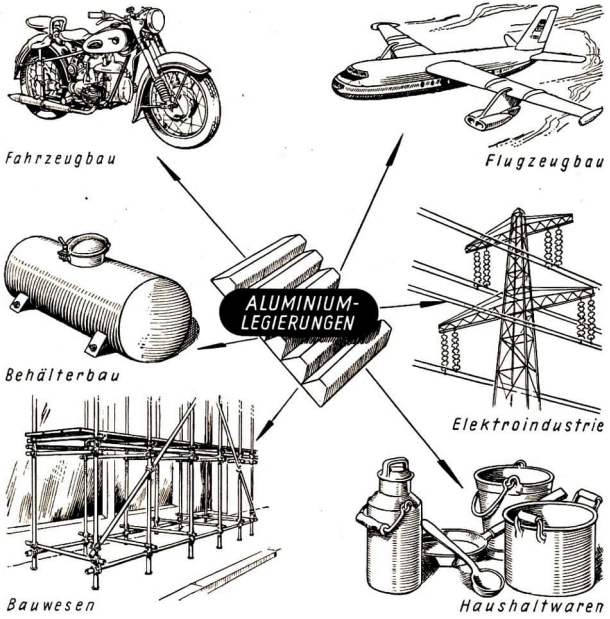


Abb. 138 Verwendung von Aluminiumlegierungen

4. *Welche Metalle können als Oberflächenschutzmittel verwendet werden? Begründe deine Antworten!*
5. *Sprich über die Verwendung von Chrom und Nickel!*
6. *Nenne Eigenschaften und entsprechende Verwendungszwecke von Aluminium!*
7. *Erkläre, wie Legierungen hergestellt werden!*
8. *Nenne Kupferlegierungen und sprich über deren Verwendung!*
9. *Sprich über die Zusammensetzung von Stählen!*
10. *Sprich über die Bedeutung von Aluminiumlegierungen!*
11. *Welche Maschinenteile in deinem Betrieb bestehen aus Legierungen?*



Schüler besichtigen ein Salzbergwerk

Kalisalze sind das „weiße Gold" unserer Republik. Sie kommen in großen Mengen in den Salzlagern vor. Unsere Bergarbeiter gewinnen die Kalisalze unter Tage. Aus Kalisalzen werden hochwertige Düngemittel erzeugt, die unserer Landwirtschaft ermöglichen, höhere Erträge zu erzielen. Viele Länder beziehen im Handel mit der Deutschen Demokratischen Republik diese wichtigen Düngemittel. Kalisalze gehören zu den wirtschaftlich bedeutenden Verbindungen des Elements Chlor.

6. KAPITEL

Halogene

Wir erkannten durch Untersuchungen und Vergleiche der Eigenschaften und Verbindungen von Kohlenstoff und Silicium, daß zwischen diesen Elementen Ähnlichkeiten bestehen. Im folgenden lernen wir einige weitere chemische Elemente kennen, die einander in ihren Eigenschaften ebenfalls sehr ähnlich sind. Man faßt sie daher zu einer Gruppe chemischer Elemente zusammen. Die Elemente dieser Gruppe werden **Halogene** genannt.

Chlor

1. Darstellung und Eigenschaften. Zu den Halogenen gehört das Element **Chlor**, das wir bereits als einen Bestandteil der Salzsäure HCl kennen. Es hat das Symbol Cl. Wir stellen Chlor aus Salzsäure dar, indem wir den Säurewasserstoff chemisch mit

Sauerstoff zu Wasser binden. Den erforderlichen Sauerstoff erhalten wir aus der Verbindung Kaliumpermanganat.

Versuch 43. *In einem Reagenzglas wird eine Spatelspitze Kaliumpermanganat erhitzt. Dann führen wir die Spanprobe durch.*
Was beobachtest du?

Wir stellen nun Chlor dar, indem wir Salzsäure mit Kaliumpermanganat zusammengeben.

Versuch 44: *Wir verwenden die Versuchsapparatur nach Abbildung 139. In den Kolben mit Kaliumpermanganat lassen wir aus dem Tropftrichter konzentrierte Salzsäure tropfen. Was beobachtest du?*
Zunächst ist der Quetschhahn geschlossen. Wenn die Luft aus dem Gasentwickler vertrieben ist, öffnen wir den Hahn und füllen den Standzylinder mit Chlor. Danach ist der Hahn wieder zu schließen. Das überschüssige Chlor wird so in die Waschflaschen geleitet.
Beobachte den Standzylinder, hinter den ein weißes Papier gehalten wird! Betrachte das Wasser in der Waschflasche!

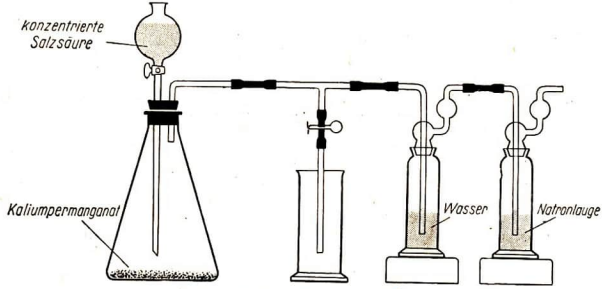


Abb. 139 Darstellung von Chlor

Chlor ist ein gelbgrünes Gas mit stechendem Geruch. Auf Grund seiner Farbe hat man ihm den Namen Chlor[1]) gegeben. Chlor wirkt auf die Atemorgane stark schädigend. Es ist außerordentlich giftig. Wir können uns beim Experimentieren vor dem Einatmen von Chlor schützen, indem wir es in Natronlauge einleiten.

Vorsicht beim Arbeiten mit Chlor! Chlor schädigt die Atemorgane!

Die Dichte des Chlors ist $2\frac{1}{2}$ mal so groß wie die der Luft. Daher läßt es sich gut durch Luftverdrängung in Gefäße füllen. Es ist unzweckmäßig, dieses Gas pneumatisch aufzufangen, da es sich in beträchtlichen Mengen in Wasser löst. Dabei entsteht das gelbgrün gefärbte Chlorwasser.

[1]) chloros (griechisch) = grün

Wir stellen weitere Eigenschaften des Chlors fest.

Versuch 45: *Wir nähern der Öffnung des mit Chlor gefüllten Standzylinders einen brennenden Holzspan und tauchen ihn anschließend in das Chlorgas.*

Chlor ist nicht brennbar und unterhält die Verbrennung nicht.

Versuch 46: *In zwei Kolben gießen wir etwas abgestandenes Wasser aus Blumenvasen oder von einem Heuaufguß. Dann wird der eine Kolben mit Chlorgas gefüllt und durch einen Stopfen verschlossen. In den anderen gießen wir etwas Chlorwasser.*

Versuch 47: *a) Wir gießen in einen Standzylinder bis zur Höhe von etwa 2 cm konzentrierte Schwefelsäure und in einen zweiten die gleiche Menge Wasser. Beide Zylinder bedecken wir mit Glasplatten. Die Standzylinder werden anschließend durch Luftverdrängung mit Chlor gefüllt. Nach etwa 5 Minuten hängen wir je einen Streifen Lackmuspapier hinein.*
b) Ein Reagenzglas wird zur Hälfte mit Chlorwasser gefüllt und ein Streifen Lackmuspapier über den Rand gehängt.
Beobachte die Farbe der Lackmuspapierstreifen in allen drei Fällen! Was können wir daraus folgern?

Feuchtes Chlor wirkt desinfizierend und bleichend.

Das Element Chlor ist ein gelbgrünes, unangenehm riechendes Gas, das nicht brennt und die Verbrennung nicht fördert. Es löst sich in Wasser zu Chlorwasser. Feuchtes Chlor wirkt bleichend und keimtötend. Chlor ist ein sehr giftiges Gas.

2. Verwendung und Bedeutung. Vor einigen Jahrzehnten wurde das Chlor nur in geringem Umfang in der Industrie genutzt. Man verwendete es schon damals zum Desinfizieren und zum Bleichen. In Wasserwerken wird das Trinkwasser durch einen Zusatz von kleinen Mengen Chlor (1 Liter Chlor auf 50000 Liter Wasser) keimfrei gemacht. Dieser geringe Chlorgehalt des Trinkwassers ist für den Menschen unschädlich. Er beeinflußt den Geschmack des Wassers nicht nachteilig. Auch in vielen anderen Fällen dient Chlor als Desinfektionsmittel. Allerdings ist es dabei vielfach schwierig, mit gasförmigem Chlor zu arbeiten. Man verwendet dann Chlorkalk, der aus Chlorgas und Calciumhydroxyd hergestellt wird. Die bleichende Wirkung des feuchten Chlors läßt sich auch technisch nutzen. Gelbliche Papiermassen und Textilien aus Pflanzenfasern werden in der Industrie durch Einwirkung von Chlor gebleicht.

Der größte Teil des in der Industrie bisher als Nebenprodukt anfallenden Chlors mußte früher oft mit erheblichem Kostenaufwand vernichtet werden. Das war unwirtschaftlich, denn der wichtige Grundsatz über die Nutzung der Nebenprodukte eines Verfahrens kam hier noch nicht zur Anwendung. Mit der Weiterentwicklung der Wissenschaft und der chemischen Industrie wurde aus dem Abfallprodukt Chlor ein vielseitig verwendbarer Rohstoff für die Herstellung einer großen Zahl von Erzeugnissen. So werden große Mengen Chlor für die Herstellung von Plasten benötigt. Zur Erzeugung von Farbstoffen, Arzneimitteln und Schmierölen wird auch Chlor verwendet. Eine Reihe hochwertiger Schädlingsbekämpfungsmittel enthalten Chlor. Ihre Anwendung führt zu höheren Erträgen in der Landwirtschaft.

In den chemischen Großbetrieben unserer Republik wird so viel Chlor hergestellt, daß wir unseren Bedarf voll decken und darüber hinaus unter Verwendung von Chlor hergestellte Produkte exportieren können. Die größten Chlor herstellenden Betriebe sind der VEB Elektrochemisches Kombinat Bitterfeld und der VEB Chemische Werke Buna Schkopau. Sie verbrauchen auch den größten Teil des in der Deutschen Demokratischen Republik erzeugten Chlors. Die großen Aufgaben des Chemieprogramms auf dem Gebiet der Plasterzeugung erfordern erhebliche Mengen Chlor. Die Produktionsanlagen für die Herstellung von Chlor werden daher ständig weiter ausgebaut. So wird zum Beispiel einer unserer chlorerzeugenden Betriebe, der VEB Chemiewerk Nünchritz, zu einem chemischen Großbetrieb erweitert.

In Deutschland wurde vor 1945 der größte Teil des Chlors in Chemiebetrieben des IG-Farben-Konzerns produziert. Kapitalisten verfügten über die Verwendung des Chlors, das damals noch vorwiegend Abfallprodukt war. Dieses Abfallprodukt machten sie sich in einer verbrecherischen Weise nutzbar, indem sie es für die Herstellung von Giftgasen verwendeten. Der IG-Farben-Konzern wurde damit für die Vernichtung hunderttausender Menschen verantwortlich. Im ersten Weltkrieg setzten deutsche Truppen Chlor als Kampfstoff ein. In der Zeit des Faschismus stellten Betriebe des IG-Farben-Konzerns mit Hilfe von Chlor das Giftgas Zyklon B her. Die Kapitalisten des Konzerns verdienten hohe Summen durch die Verwendung dieses Giftgases zur grausamen Tötung unzähliger aufrechter Menschen in den Gaskammern der faschistischen Konzentrationslager. Allein im Konzentrationslager Auschwitz wurden von den faschistischen Henkern über 4 Millionen Menschen ermordet, von denen die meisten in den Gaskammern sterben mußten.

Die auf dem Gebiete der Deutschen Demokratischen Republik gelegenen Chemiebetriebe des IG-Farben-Konzerns sind nach 1945 in Volkseigentum übergegangen. Dadurch wurde die Macht der Kapitalisten dieses Konzerns in der Deutschen Demokratischen Republik gebrochen, und es ist bei uns die Gewähr gegeben, daß das Chlor niemals wieder zu verbrecherischen Zwecken verwendet wird.

Chlorwasserstoff — Salzsäure

Salzsäure ist uns als eine Verbindung aus Wasserstoff und Chlor bekannt. Durch Entzug des Säurewasserstoffs erhielten wir erwartungsgemäß das Element Chlor. Zur endgültigen Bestätigung der Zusammensetzung der Salzsäure ist noch die Synthese aus den Elementen Wasserstoff und Chlor notwendig.

Versuch 48: *Durch ein zur Spitze ausgezogenes Glasrohr leiten wir Wasserstoff und entzünden ihn, nachdem die Knallgasprobe ausgeführt wurde. Nun senken wir die Wasserstoffflamme in einen mit trockenem Chlor gefüllten Standzylinder (Abb. 140). Prüfe mit feuchtem Lackmuspapier, ob die entweichenden Nebel sauer reagieren!*

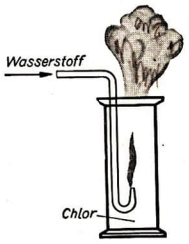


Abb. 140 Reaktion von Chlor mit Wasserstoff

Unter Flammenerscheinungen vereinigen sich die Elemente Wasserstoff und Chlor zu einem farblosen Gas, dem **Chlorwasserstoff:**

$$H + Cl \rightarrow HCl.$$

Chlorwasserstoff bildet an der Luft Nebel. Ein in diese Nebel gehaltener Streifen blaues Lackmuspapier wird gerötet.

Bei der Synthese der Verbindung Wasser aus dem Element Wasserstoff haben wir ein Gemisch dieser beiden Gase (Knallgas) entzündet. Wir wollen nun prüfen, ob wir in ähnlicher Weise Chlorwasserstoff synthetisch herstellen können.

Versuch 49: *In einen kleinen Standzylinder leiten wir pneumatisch bis zur halben Höhe Chlor ein. Als Absperrflüssigkeit benutzen wir nicht Wasser, sondern eine gesättigte Kochsalzlösung, da sich in dieser Chlor schwerer löst. Dann leiten wir Wasserstoff ein, bis der Zylinder gerade gefüllt ist und verschließen ihn mit einer Glasplatte. Durch mehrfaches Umschwenken des verschlossenen Zylinders wird für eine möglichst gute Durchmischung der Gase gesorgt. Der gesamte Vorgang ist in einem halbdunklen Raum, keinesfalls im Sonnenlicht, durchzuführen! Die Platte wird sodann weggezogen und das Gasgemisch mit einem langen brennenden Holzspan zur Reaktion gebracht.*
Stelle die chemische Gleichung auf!
Prüfe nach der Reaktion das im Zylinder befindliche Gas mit feuchtem Lackmuspapier!

Ein Gemisch aus Chlor und Wasserstoff ist explosiv. Man bezeichnet es als **Chlorknallgas.** Beim Arbeiten mit einem solchen Gemisch ist äußerste Vorsicht geboten, weil die Reaktion bereits durch die Einwirkung von Sonnenlicht ausgelöst werden kann. Wir untersuchen weitere Eigenschaften des Chlorwasserstoffs.

Versuch 50: *In einen Standzylinder mit Chlorwasserstoff wird etwas Wasser gegeben. Wir verschließen die Öffnung des Zylinders durch eine Handfläche und schütteln. Danach wird die Flüssigkeit mit Lackmuspapier geprüft.*
Was beobachten wir?

Chlorwasserstoff löst sich sehr leicht in Wasser. Dadurch kam es infolge von Unterdruck zum Festsaugen des Standzylinders an der Handfläche. Chlorwasserstoff ist hygroskopisch. Damit läßt sich auch die Nebelbildung bei den Versuchen 48 und 49 erklären: Chlorwasserstoff zieht den in der Luft enthaltenen Wasserdampf an. Ein Liter Wasser vermag 450 Liter Chlorwasserstoff zu lösen. Es entsteht dabei eine sauer reagierende Lösung, die Salzsäure. **Salzsäure** ist also eine Lösung von Chlorwasserstoff in Wasser. Sie reagiert sauer. Die Formel der Salzsäure ist HCl.

Wir vergleichen in Tabelle 10 die Salzsäure mit anderen uns bekannten Säuren:

Tabelle 10. Säuren

Säure	Formel	Bestandteile	
		Wasserstoff	Säurerest
Schwefelsäure	H_2SO_4	2H	SO_4
Schweflige Säure	H_2SO_3	2H	SO_3
Kohlensäure	H_2CO_3	2H	CO_3
Salzsäure	HCl	H	Cl

Wir erkennen aus Tabelle 10, daß der Säurerest der Salzsäure im Gegensatz zum Säurerest der anderen Säuren keinen Sauerstoff enthält. Man spricht daher auch von

einer sauerstofffreien Säure. Das zeigt uns noch einmal deutlich, daß nicht der Sauerstoff, sondern der Wasserstoff der für jede Säure typische Bestandteil ist.

Salzsäure hat die Formel HCl. Sie ist die Lösung des farblosen Chlorwasserstoffgases (HCl) in Wasser. Salzsäure ist eine sauerstofffreie Säure.

Ähnlich wie wir bei Versuch 48 Chlorwasserstoff hergestellt haben, gewinnt man in der Technik große Mengen dieses Gases. Man benutzt dazu eine dem Daniellschen Sicherheitshahn entsprechende Apparatur (Abb. 141). Aus einer Quarzdüse strömt Wasserstoff. Er wird entzündet und vereinigt sich unter Flammenerscheinung mit dem zuströmenden Chlor zu Chlorwasserstoff. Das gebildete Chlorwasserstoffgas wird aus der Apparatur abgeleitet, gekühlt und in Wasser zu Salzsäure gelöst.

Salzsäure und andere Chlorverbindungen werden in der Deutschen Demokratischen Republik vor allem im VEB Elektrochemisches Kombinat Bitterfeld hergestellt.

Zusammenfassend sind in Tabelle 11 noch einmal die wichtigsten Eigenschaften des Chlors und des Chlorwasserstoffs gegenübergestellt.

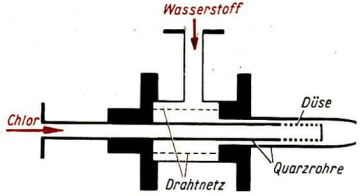


Abb. 141 Schematische Darstellung einer Anlage zur Gewinnung von Chlorwasserstoff

Tabelle 11. Wichtige Eigenschaften von Chlor und Chlorwasserstoff

	Chlor (Element)	Chlorwasserstoff (Verbindung)
Farbe	gelbgrün	farblos
Löslichkeit in Wasser	löslich	sehr leicht löslich
Lösung in Wasser	gelb (Chlorwasser)	farblos (Salzsäure)
Dichte	größer als die der Luft	größer als die der Luft
Besondere Eigenschaften	sehr giftig; feuchtes Chlor wirkt bleichend und desinfizierend	bildet an der Luft Nebel

Chloride

1. Herstellung und Eigenschaften von Chloriden. Chlor kommt in der Natur nicht elementar, sondern nur in Verbindungen vor. Daraus kann man schließen, daß es sich leicht mit anderen Stoffen verbindet. Wir prüfen das Verhalten von Chlor gegenüber Metallen.

Versuch 51: *Ein mit Chlor gefüllter Standzylinder wird mit einer Glasplatte verschlossen. An einem auf den Zylinder passenden Stopfen befestigen wir eine Spirale aus dünnem Kupferdraht und bringen die Spitze der Spirale zum Glühen. Danach ziehen wir die Glasplatte vom Zylinder und tauchen die Kupferspirale schnell in das Chlor. Dabei wird der Standzylinder mit dem Stopfen verschlossen. Nach Beendigung der Reaktion untersuchen wir die Löslichkeit des entstandenen Stoffes in Wasser.*

Versuch 52: *Die Versuchsapparatur wird nach Abb. 142 zusammengestellt. Aus einem Gasentwickler leitet man langsam Chlor durch das Glasrohr und erwärmt das Natrium vorsichtig. Der Versuch wird erst abgebrochen, wenn sich das Natrium vollständig umgesetzt hat.*

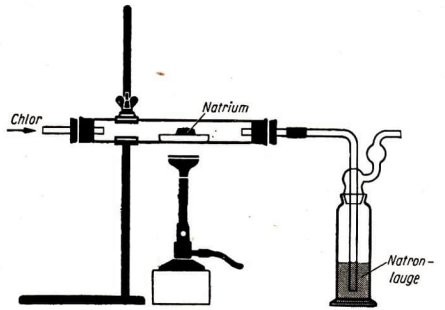


Abb. 142 Reaktion von Natrium mit Chlor

Chlor reagiert lebhaft mit Metallen. Die Reaktionen mit einigen Metallen verlaufen unter Feuererscheinungen. Es entstehen Verbindungen, die sich leicht in Wasser lösen. Sie müssen aus Metall und Chlor bestehen, da nur diese beiden Stoffe bei der Reaktion anwesend waren. Derartige Stoffe bezeichnet man als **Chloride.** Bei Versuch 51 ist Kupferchlorid, bei Versuch 52 Natriumchlorid entstanden. Chlor ist in den Chloriden einwertig. Die Reaktionsgleichungen für die beiden Vorgänge lauten:

Versuch 51:

$$\begin{array}{l} Cu + \begin{matrix} Cl \\ Cl \end{matrix} \rightarrow Cu \begin{matrix} Cl \\ Cl \end{matrix} \\ \hline Cu + 2\,Cl \rightarrow Cu\,Cl_2 \end{array}$$

Versuch 52:

$$Na + Cl \rightarrow NaCl.$$

Wir vergleichen die Formeln von Natriumchlorid und Salzsäure:

$$Na\,Cl \qquad\qquad H\,Cl$$

Beide Verbindungen enthalten den Säurerest –Cl. Natriumchlorid setzt sich also aus dem Metall Natrium und dem Säurerest der Salzsäure zusammen. Zu ähnlichen Ergebnissen kommt man auch beim Vergleich von Kupferchlorid und Salzsäure. Davon ausgehend, versuchen wir die Herstellung von Chloriden nach den uns bekannten Methoden der Salzbildung, wobei der Säurerest der Salzsäure mit einem Metall verbunden werden soll.

Versuch 53: *In je einem Reagenzglas werden Stückchen von Zink und Kupfer mit verdünnter Salzsäure übergossen.*
Beobachte die Reaktion! Begründe das Ergebnis!

Versuch 54: *Eine Spatelspitze Kupferoxyd wird im Reagenzglas mit verdünnter Salzsäure zusammengegeben. Ein kleiner Teil des Reaktionsproduktes wird eingedampft.*
Beachte die Farbe der Lösung!

Versuch 55: *Wir neutralisieren verdünnte Natronlauge mit verdünnter Salzsäure. Eine kleine Probe der Lösung wird eingedampft.*

Die entstandenen festen Reaktionsprodukte haben die gleichen Eigenschaften wie die Chloride, die durch Verbindung von elementarem Chlor mit Metallen entstehen.

Salzsäure bildet mit unedlen Metallen, Metalloxyden und Hydroxyden Chloride. Diese bestehen aus Metall und dem Säurerest –Cl. Chloride sind die Salze der Salzsäure.

Für die chemischen Vorgänge bei den Versuchen 53 bis 55 lassen sich folgende Gleichungen aufstellen:

Versuch 53: $Zn + 2\,HCl \rightarrow 2\,H + ZnCl_2$

Versuch 54: $Cu\,O + \begin{matrix} H \\ H \end{matrix}\,\begin{matrix} Cl \\ Cl \end{matrix} \rightarrow H_2O + CuCl_2$

Versuch 55: $Na\,OH + H\,Cl \rightarrow H_2O + NaCl.$

Nenne für diese drei Reaktionen die allgemeinen Gleichungen der Salzbildung!

In den Versuchen 51 und 52 haben wir durch direkte Vereinigung von Metallen mit Chlor Chloride erhalten. Damit lernten wir eine neue Art der Salzbildung kennen:

Metall + Nichtmetall → Salz

Auf diesem Wege können jedoch nur Salze sauerstofffreier Säuren entstehen.

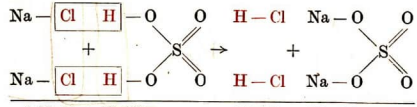
Salzsäure bildet durch Reaktion mit unedelen Metallen, Metalloxyden und Hydroxyden Salze. Die Salze der Salzsäure heißen Chloride. Chloride können auch durch direkte Vereinigung von Metall und Chlor entstehen.

Aus den Carbonaten konnte durch Einwirkung stärkerer und schwerer flüchtiger Säuren die Kohlensäure ausgetrieben werden. Wir versuchen Chlorwasserstoff in ähnlicher Weise aus den Chloriden darzustellen.

Versuch 56: *In einer Gasentwicklungsapparatur wird Natriumchlorid mit konzentrierter Schwefelsäure zusammengegeben. Das entweichende Gas prüfen wir mit feuchtem Lackmuspapier und führen vorsichtig eine Geruchsprobe durch.*

Die Untersuchungen beweisen, daß es sich bei dem entstandenen Gas um Chlorwasserstoff handelt.

Die Gleichung für die Umsetzung von Natriumchlorid mit Schwefelsäure lautet:



$$2\,NaCl + H_2SO_4 \rightarrow 2\,HCl + Na_2SO_4.$$

In einem weiteren Versuch wollen wir die große Löslichkeit des Chlorwasserstoffs in Wasser besonders deutlich zeigen.

Versuch 57: *Ein Kolben wird durch Luftverdrängung mit dem im Versuch 56 dargestellten Chlorwasserstoff gefüllt. Dieser wird mit einem zweiten, mit Wasser gefülltem Kolben verbunden (Abb. 143). Durch das Ansatzrohr bläst man so lange Luft ein, bis der erste Tropfen Wasser in den oberen Kolben gedrückt ist. Sofort strömt das Wasser springbrunnenartig in diesen Kolben. Nach Beendigung des Versuches prüfen wir die Lösung im oberen Kolben mit Lackmuspapier.*

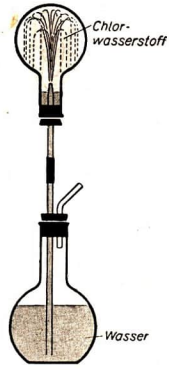


Abb. 143 Chlorwasserstoff löst sich sehr leicht in Wasser

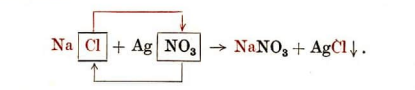
2. Nachweis der Salzsäure und der Chloride. Fast alle Chloride sind in Wasser leicht löslich. Eines der wenigen schwer löslichen ist das Silberchlorid AgCl. Diese Eigenschaft des Silberchlorids wird beim Nachweis von Chloriden genutzt.

Versuch 58: *In Reagenzgläser gibt man je 5 bis 10 ml folgender Stoffe: destilliertes Wasser, Natriumsulfatlösung, Natriumchloridlösung, Zinkchloridlösung, verdünnte Salzsäure. In jedes Glas werden dann 2 Tropfen Silbernitratlösung*[1]) *gegeben.*

Gibt man zu der Lösung eines Chlorids oder zu verdünnter Salzsäure einige Tropfen Silbernitratlösung, so fällt ein weißer, unlöslicher Stoff aus (Abb. 144a). Eine solche Reaktion wird **Fällung** genannt. Der ausgefällte Stoff setzt sich nach einiger Zeit am Boden des Reagenzglases ab (Abb. 144b). Man sagt: Es bildet sich ein **Niederschlag.**

Versuch 58 zeigt, daß von den untersuchten Stoffen nur Salzsäure und Chloridlösungen mit Silbernitrat einen Niederschlag ergeben. Die Salzsäure und die Chloride enthalten den gleichen Säurerest —Cl. Silbernitratlösung kann daher als Nachweismittel (*Reagenz*) für den Säurerest —Cl benutzt werden.

Die Reaktionsgleichung für den Nachweis des Säurerestes –Cl im Natriumchlorid mit Silbernitrat lautet:



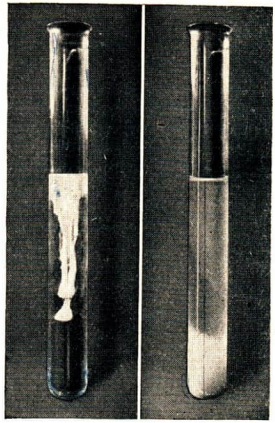
$$Na\,Cl + Ag\,NO_3 \rightarrow NaNO_3 + AgCl\downarrow.$$

[1]) Silbernitrat ist das Silbersalz der Salpetersäure HNO_3. Es hat die Formel $AgNO_3$.

Wir erkennen, daß die Säurereste bei diesem Vorgang ausgetauscht werden. Dabei entstehen Silberchlorid und Natriumnitrat. Das in Wasser schwer lösliche Silberchlorid fällt als Niederschlag aus. Wir deuten das in der Gleichung durch einen senkrecht nach unten gerichteten Pfeil an.

Die Erkenntnis aus Versuch 58 benutzen wir, um in den auf verschiedenen Wegen hergestellten Chloriden den Säurerest –Cl nachzuweisen.

Versuch 59: *Wir stellen Lösungen der bei den Versuchen 51 bis 55 erhaltenen Salze her und versetzen je 5 ml dieser Lösungen mit einigen Tropfen Silbernitratlösung.*
Beobachte!



a b

Abb. 144 Nachweis des Säurerestes –Cl durch Silbernitratlösung
a) Fällung b) Niederschlag

Der Säurerest –Cl kann mit Silbernitrat nachgewiesen werden.

Chloride in den Salzlagerstätten

1. Vorkommen. In Mitteleuropa befinden sich mächtige Salzlagerstätten, in denen vor allem **Natriumchlorid NaCl, Kaliumchlorid KCl, Magnesiumchlorid $MgCl_2$** und **Magnesiumsulfat $MgSO_4$** enthalten sind. Diese Stoffe sind in Mineralien und in Salzgesteinen enthalten. Zu den **Mineralien** der Salzlagerstätten gehören zum Beispiel **Steinsalz NaCl** und **Sylvin KCl**. Das Mineral **Carnallit** setzt sich aus Kaliumchlorid, Magnesiumchlorid und Wasser zusammen. **Kainit** besteht aus Kaliumchlorid, Magnesiumsulfat und Wasser. Zu den wichtigsten **Salzgesteinen** zählt das **Hartsalz**. Es enthält Natriumchlorid, Kaliumchlorid, Magnesiumsulfat und Wasser.

Die Salzlager in Mitteleuropa entstanden vor vielen Millionen Jahren. Trotzdem sind wir dazu in der Lage, die Entstehung der Salzlagerstätten zu erklären, denn viele Bedingungen für ihre Entstehung konnten durch unermüdliche Forschungen und Überlegungen von Wissenschaftlern erkannt werden. Wir wissen heute, daß die Salzvorkommen als eine Folge von Naturerscheinungen entstanden sind.

Vor etwa 200 bis 300 Millionen Jahren war das heutige Mitteleuropa von einem riesigen Meer bedeckt, dessen Wasser die Stoffe der Salzlager gelöst enthielt. Durch Erdbewegungen wurden Teile dieses Meeres abgetrennt. Der Verlauf der so entstandenen Becken kann noch genau verfolgt werden. In diesen großen Becken dunstete das salzhaltige Meerwasser infolge der hohen Lufttemperatur langsam ein. Dabei schieden sich die Salze nach ihrer Löslichkeit ab. Zunächst setzte sich auf dem Meeresboden

vor allem das schwer lösliche Calciumsulfat als **Anhydrit** ab. Das später aus dem damaligen Meerwasser abgeschiedene Natriumchlorid lagerte sich als **Steinsalz** über den Anhydrit. Gegen Ende des Prozesses teilen sich vor allem Kaliumchlorid und Magnesiumsalze ein. Diese oberen Schichten der Salzlager bilden die **Kalisalze**.

Die Abb. 145 zeigt uns einen Schnitt durch eine Salzlagerstätte. Wir erkennen die verschiedenen Schichten, die sich infolge der unterschiedlichen Löslichkeit der Salze bildeten. Aus dieser Abbildung entnehmen wir auch, daß in die Meeresbecken nach längerer Unterbrechung neues salzhaltiges Meerwasser strömte. Dadurch kam es zur Bildung des älteren und jüngeren Steinsalzes und zu der Wiederholung bestimmter Schichten. Die Salzlager wurden nach ihrer Entstehung durch Druck und Wasser umgewandelt und von anderen Schichten überlagert, so daß sie meist in ihrer ursprünglichen Anlage gestört sind. Sie befinden sich heute in einer Tiefe von 300 bis 1000 m.

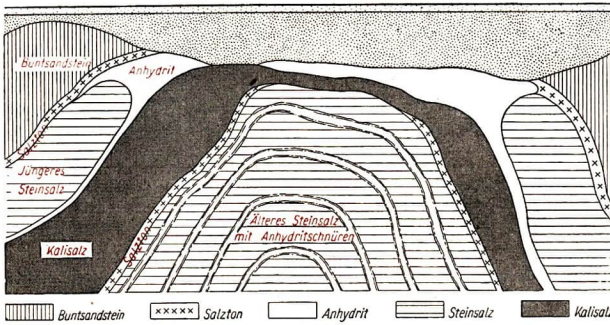


Abb. 145 Senkrechter Schnitt durch eine Salzlagerstätte

2. Gewinnung. Die Salze werden bergmännisch aus den Salzlagerstätten gewonnen. Ursprünglich gewann man nur das Steinsalz. Das dabei anfallende Kalisalz wurde als lästiges Nebenprodukt betrachtet und auf Abraumhalden geschüttet. Erst im 19. Jahrhundert erkannte man die große Bedeutung dieser Abraumsalze als Düngemittel. Heute ist die Gewinnung der Kalisalze die Hauptaufgabe des Salzbergbaus.

Das **Salzbergwerk** weist in seinen Grundzügen denselben Aufbau wie das Steinkohlenbergwerk auf. Von einem zentralgelegenen Schacht gelangen die Bergarbeiter in vielen Salzbergwerken mit verschiedenen Beförderungsmitteln (Abb. 146) durch lange Strecken „vor Ort". Die Gewinnung der Kalisalze erfolgt durch Bohr- und Schießarbeit. In Bohrlöcher werden dabei Sprengladungen eingebracht. Das Zünden der Sprengladungen geschieht oft nach Schichtende von über Tage aus auf elektrischem Wege. Dadurch werden die Bergarbeiter den Gefahren durch plötzlich auftretende Gase nicht ausgesetzt.

Der bergmännische Abbau der Salzlager unterscheidet sich vom Abbau eines Kohlenflözes. Die abzubauenden Salzschichten sind meist mächtiger und die darüberliegenden Schichten oftmals fester. Der Abbau erfolgt daher größtenteils in **Kammern** (Abb. 147), deren Abmessungen sich nach der Mächtigkeit und Lage der Schichten richten. Die Kammern können zum Beispiel 250 m lang und 20 m breit sein und eine Höhe von 12 m haben. Zwischen den Kammern bleiben bis zu 20 m starke **Pfeiler** stehen, die die **First** (Decke der Kammer) vor Zerstörung durch das Deckgebirge schützen.

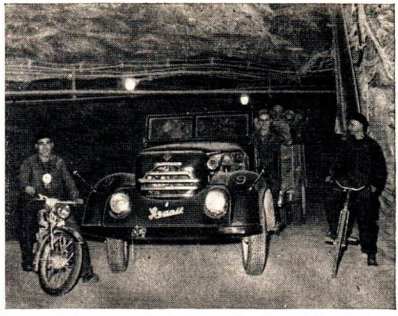


Abb. 146 Fahrzeuge zur Beförderung der Bergarbeiter in einem Salzbergwerk

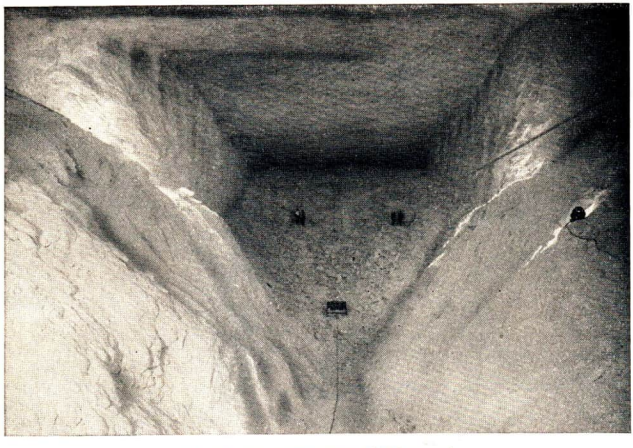


Abb. 147 Kammer in einem Salzbergwerk

Nach jedem Sprengen fallen in den Kammern viele Tonnen Kali- oder Steinsalze an. Ihre Förderung ist vollständig mechanisiert. Mit **Schrappern** (Abb. 148) wird das Salz in **Förderwagen** mit einem Fassungsvermögen bis zu 4 t geschrappt. Der Transport der Förderwagen erfolgt durch die **Streckenförderung**. Dabei werden die Förderwagen durch ein an ihnen befestigtes Seil oder auch durch kleine Elektrolokomotiven zum Schacht gezogen (Abb. 149).

Das Salz wird bereits unter Tage grob zerkleinert und dann entweder in Förderwagen oder besonderen **Fördergefäßen**, die bis zu 15 t fassen, nach über Tage gefördert.

Das Steinsalz wird auch durch Lösen unter Tage gewonnen. Diese Methode bezeichnet man als Aussolen. Der Vorgang kann so erfolgen, daß im Bergwerk ständig Wasser

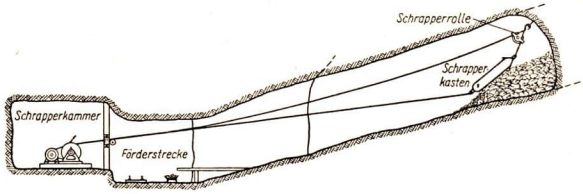


Abb. 148 Schematische Darstellung einer Schrapperanlage

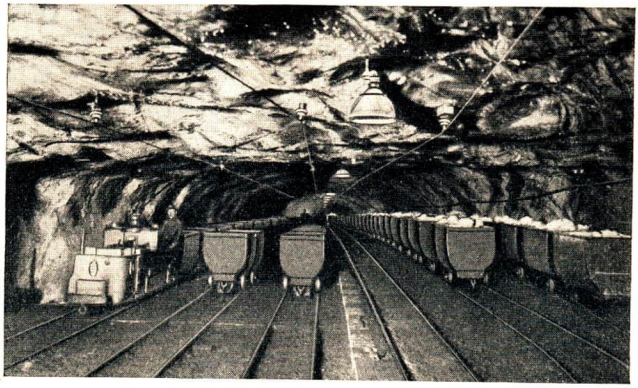


Abb. 149 Elektrische Grubenbahn

gegen die Salzschichten gespritzt wird und beim Lösen des Salzes glockenförmige Hohlräume entstehen. Die Salzlösung (Sole) wird durch Rohrleitungen nach über Tage gefördert. Diese Art der Steinsalzgewinnung ist deshalb vorteilhaft, weil bei ihr die Sprengarbeiten weitgehend wegfallen, Arbeitskräfte gespart werden und in verschiedenen Betrieben das Steinsalz in Form von Sole verarbeitet wird. Das Aussolen wird in der Deutschen Demokratischen Republik im VEB Saline Schönbeck, Schönebeck (Elbe) angewendet.

Chloride werden in den Salzlagern gefunden. Die Salzlager entstanden vor vielen Millionen Jahren durch das Eindunsten von Meerwasser. Die Lager werden zur Gewinnung von Natriumchlorid und Kalisalzen bergmännisch abgebaut.

3. Aufbereitung der Kalisalze. Die geförderten Kalisalze weisen sehr unterschiedliche Stückigkeit auf. Neben staubfeinen Teilchen enthalten sie große, viele Kilogramm schwere Brocken. In den Kaliwerken wird durch Brechen, Sieben und Mahlen eine annähernd gleiche Korngröße von 4 mm erzielt. Die so aufbereiteten Kalisalze werden als **Rohsalz** bezeichnet. Ein kleiner Teil davon kann ohne weitere Verarbeitung in der Landwirtschaft als Düngemittel verwendet werden. Der Gehalt an Kaliumchlorid ist in den Rohsalzen jedoch verhältnismäßig gering. Das Kaliumchlorid ist aber das Salz, das Landwirtschaft und Industrie benötigen. Der größte Teil des Rohsalzes wird daher in den Kaliwerken weiter aufbereitet. Hierbei kommt es auf die Trennung des Kaliumchlorids von den Natrium- und Magnesiumsalzen an. Diesen Prozeß bezeichnen wir als **Anreicherung.**

a) Chemische Grundlagen

Wir wissen bereits, daß die Löslichkeit der einzelnen Stoffe unterschiedlich ist. Das wird bei der Trennung der Bestandteile des Rohsalzes ausgenutzt. Wir vergleichen zunächst die Löslichkeit von Natriumchlorid NaCl und Kaliumchlorid KCl.

Versuch 60: *Wir geben 5 g Natriumchlorid und 5 g Kaliumchlorid in je ein Reagenzglas und markieren die Höhe der Salze. Zu jeder Substanz fügen wir mit einer Pipette 10 ml Wasser und schütteln die Reagenzgläser.*

Wir erkennen, daß sich das Natriumchlorid besser auflöst als das Kaliumchlorid. Bei diesem Versuch haben wir die beiden Salze bei Zimmertemperatur gelöst. Uns ist aber bekannt, daß die Löslichkeit fester Stoffe durch Erhöhung der Temperatur verändert werden kann. Wir wollen nun feststellen, welche Veränderungen in der Löslichkeit von Natriumchlorid und Kaliumchlorid eintreten, wenn wir die Temperatur erhöhen.

Versuch 61: *Die beiden Reagenzgläser aus Versuch 60 werden allmählich erhitzt. Beobachte!*
Nun geben wir in das Reagenzglas mit der Kaliumchloridlösung so lange weiteres Kaliumchlorid hinzu, bis sich wieder ein Bodensatz bildet. Wir dekantieren und kühlen die heißen gesättigten Lösungen ab, indem wir an den Reagenzgläsern Wasser herunterlaufen lassen.

Die Löslichkeit von Natriumchlorid in Wasser nimmt mit steigender Temperatur nur unwesentlich zu, dagegen lösen sich beim Erhitzen erhebliche Mengen Kaliumchlorid. Bei Siedetemperatur der Lösungen löst sich mehr Kaliumchlorid als Natriumchlorid auf. Wir erkennen, daß die Löslichkeit von Kaliumchlorid bedeutend stärker von der Temperatur abhängig ist, als die des Natriumchlorids (Abb. 150). Beim Abkühlen der heißen Kaliumchloridlösung fällt Kaliumchlorid in Form feiner Kristalle aus. Es bildet sich ein Bodensatz. Da die Löslichkeit von Natriumchlorid nicht so stark temperaturabhängig ist, scheidet sich bedeutend weniger festes Nariumchlorid ab.

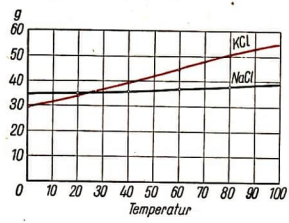


Abb. 150 Löslichkeit von Kaliumchlorid und Natriumchlorid in 100 g Wasser

Die unterschiedliche Löslichkeit der Salze in Abhängigkeit von der Temperatur nutzt man in den Kaliwerken zur Anreicherung der Kalisalze an Kaliumchlorid aus. Wir wollen diesen Vorgang am Beispiel der Trennung eines Gemisches von Kaliumchlorid und Natriumchlorid durchführen. Als Lösungsmittel verwenden wir eine Lösung, die bei Zimmertemperatur sowohl an Natriumchlorid, wie auch an Kaliumchlorid gesättigt ist. Wir stellen sie zunächst her.

Versuch 62: *In ein Reagenzglas füllen wir 10 ml Wasser und geben unter ständigem Schütteln in kleinen Mengen Natriumchlorid hinzu, bis sich das Salz nicht mehr auflöst. Dann wird filtriert und das klare Filtrat in gleicher Weise an Kaliumchlorid gesättigt und abermals filtriert.*

In dem folgenden Versuch benutzen wir die kaltgesättigte Natriumchlorid-Kaliumchloridlösung zur Trennung eines zu gleichen Teilen aus Natriumchlorid und Kaliumchlorid bestehenden Gemisches.

Versuch 63: *1 g Kaliumchlorid und 1 g Natriumchlorid werden gemischt. Wir erwärmen die im Versuch 62 hergestellte Lösung und geben das Gemisch hinzu. Was beobachtest du?*
Wir lassen den ungelösten Teil absetzen, indem wir das Glas dicht neben die Flamme halten. Dann dekantieren wir die überstehende klare Lösung. Anschließend wird das Reagenzglas unter der Wasserleitung auf Zimmertemperatur abgekühlt.
Beobachte!

In der kaltgesättigten Salzlösung löst sich auch beim Erhitzen kaum Natriumchlorid auf, da die Löslichkeit dieses Salzes annähernd konstant bleibt. Das zugesetzte Kaliumchlorid wird dagegen aufgelöst, denn seine Löslichkeit nimmt mit steigender Temperatur zu. Im Bodensatz befindet sich daher das Natriumchlorid aus dem Gemisch, das durch Dekantieren abgetrennt werden kann. Das beim Erhitzen aufgelöste Kaliumchlorid fällt beim Abkühlen aus. In der verbleibenden Salzlösung sind noch soviel Natriumchlorid und Kaliumchlorid enthalten, wie bei der erreichten Temperatur gelöst werden können.

Durch die von uns in Versuch 63 angewandte Methode war es möglich, das gesamte im Gemisch enthaltene Kaliumchlorid abzutrennen. Verwenden wir dagegen Wasser als Lösungsmittel, dann bleibt soviel Kaliumchlorid in der Lösung, bis diese kalt gesättigt ist. Daher verwendet man auch bei der Aufbereitung der Kalisalze in der Technik eine gesättigte Salzlösung als Lösungsmittel.

Abbildung 151 gibt uns einen Überblick über die Trennung eines Gemisches aus Natriumchlorid und Kaliumchlorid.

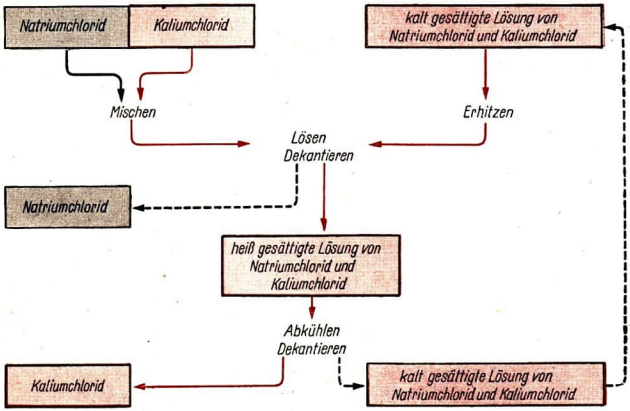


Abb. 151 Trennung eines Gemisches von Kaliumchlorid und Natriumchlorid

b) Technische Durchführung

In den Kaliwerken wird das in kleinen Korngrößen vorliegende Rohsalz in einer auf 125° C erwärmten kaltgesättigten Salzlösung gelöst. Dazu wird der **Löseapparat** verwendet. Er hat die Form eines waagerecht liegenden Zylinders. Im Löseapparat befindet sich eine Schnecke, die das Salz transportiert und mit dem Lösungsmittel verrührt. Dabei entsteht eine heißgesättigte Lösung, in der das Kaliumchlorid aus dem Rohsalz enthalten ist. Natriumchlorid, Magnesiumsulfat und andere Bestandteile des Rohsalzes bleiben ungelöst. Die Trennung der heißgesättigten Lösung von diesem Rückstand erfolgt durch Filtrieren und Dekantieren. Zum Dekantieren dienen kontinuierlich arbeitende **Klärbehälter** (Abb. 152), in denen sich die feinen, mitgerissenen und ungelösten Bestandteile absetzen. Die geklärte Lösung fließt über den oberen Rand der Behälter ab. Sie hat eine Temperatur von 95° C und muß zur Gewinnung des darin enthaltenen Kaliumchlorids zunächst abgekühlt werden. Das Abkühlen erfolgt in den **Verdampfern** einer Vakuumkühlanlage. Die Verdampfer sind

Kessel, in denen Unterdruck erzeugt wird. Da bei Druckminderung der Siedepunkt der Salzlösung sinkt, beginnt sie zu sieden. Es bildet sich Wasserdampf, der in Vorwärmern zum Erwärmen der kaltgesättigten Salzlösung dient, die in die Löseapparate geleitet wird. Durch das Verdampfen von Wasser wird die heiße gesättigte Salzlösung abgekühlt und gleichzeitig konzentriert. Das Kaliumchlorid kristallisiert dabei aus. In Klärbehältern setzt es sich ab und wird vom größten Teil der Salzlösung abgetrennt. Aus den Klärbehältern läuft unten ein flüssiger Salzbrei ab, aus dem durch Schleudern oder Filtrieren das Kaliumchlorid gewonnen wird.

Zum Filtrieren werden oft **Zellenfilter** verwendet. Diese Filter bestehen aus einem Zylinder, dessen Wand in mehrere Zellen unterteilt ist. Die Zellen sind mit Filtergewebe bespannt. Der Zylinder läuft durch einen Trog, in den ständig der Salzbrei eingeleitet wird. In den eintauchenden Zellen besteht Unterdruck, so daß Salz angesaugt wird. Die dem Salz noch anhaftende Lösung gelangt infolge des weiteren Saugens in die Zellen und läuft ab. Das Salz wird dadurch entwässert. Zum Abnehmen des Filterkuchens wird vor dem Abstreifen in die Zellen Preßluft gedrückt. Abbildung 153 zeigt uns Aufbau und Arbeitsweise eines Zellenfilters. Wir erkennen, daß das Zellenfilter kontinuierlich arbeitet.

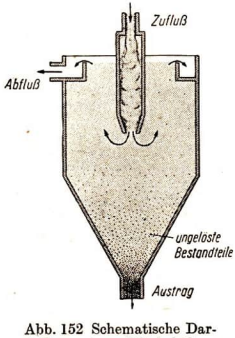


Abb. 152 Schematische Darstellung eines Klärbehälters

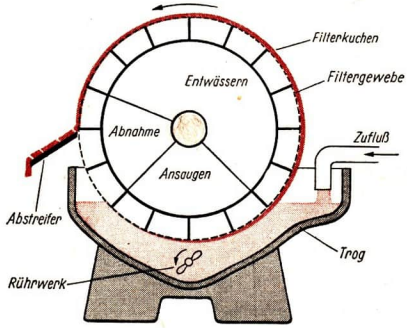


Abb. 153 Schematische Darstellung eines Zellenfilters

Das noch feuchte Kaliumchlorid wird im **Drehrohrofen** getrocknet.

Die Aufbereitung des Rohsalzes gestattet auch die Gewinnung einer Reihe wichtiger Nebenprodukte, zu denen Natriumchlorid, Magnesiumchlorid und Magnesiumsulfat gehören. Sie werden zum Teil aus dem beim Lösen anfallenden Rückstand gewonnen. Abbildung 154 gibt einen Überblick über die Aufbereitung der Kalisalze.

Die Aufbereitung des Steinsalzes ist mit der Aufbereitung der Kalisalze vergleichbar. Reines Steinsalz wird häufig gebrochen, gemahlen und gesiebt und kommt dann in den Handel. Durch Lösen von Steinsalz werden gesättigte Solen hergestellt, die nach erfolgter Reinigung eingedampft werden. Das dabei kristallisierte Natrium-

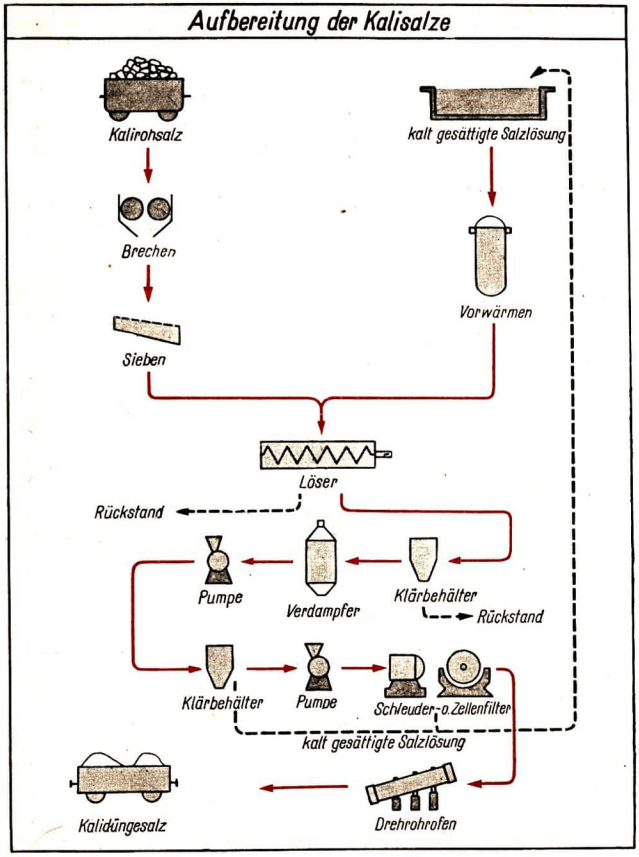


Abb. 154 Schematische Darstellung der Aufbereitung von Kalisalzen

chlorid bezeichnet man als **Siedesalz**. Es wird auch Kochsalz genannt. Beim Eindampfen der Sole in Siedepfannen erhält man größere Kristalle als bei Verwendung von Verdampfern. Das Siedesalz aus dem VEB Kaliwerk „Deutschland", Teutschental, wird im Vakuum auskristallisiert und zeichnet sich deshalb durch seine feinen Kristalle aus.

4. Verwendung. Die Kalisalze finden vor allem als **Düngemittel** in der Land- und Forstwirtschaft Verwendung. Das Kalium ist für die Festigkeit der Pflanzen wichtig. Es spielt auch in den Pflanzen für die Erzeugung von Stärke und Zucker eine bedeutende Rolle. Die Kalidüngung ist eine wesentliche Maßnahme bei der Steigerung der Hektarerträge von Getreide, Rüben, Kartoffeln und Heu.

In der Landwirtschaft werden verschiedene Kalidüngemittel benutzt. **Kainit** und **Hederichkainit** sind Kalisalze, die nicht angereichert wurden. Der Hederichkainit dient neben seiner Aufgabe als Düngemittel auch zur Unkrautbekämpfung, wenn er auf regenfeuchte behaarte Blätter von Unkrautpflanzen fällt. Neben diesen beiden Kalidüngemitteln werden verschieden stark angereicherte Kalisalze in der Landwirtschaft verwendet. Die Anwendung des jeweiligen Kalidüngesalzes ist von den Gegebenheiten abhängig, zu denen Eigenschaften des Bodens und Fruchtart gehören.

Mit gutem Erfolg werden seit einiger Zeit auch Kalidünger eingesetzt, die einen Teil Magnesiumsulfat enthalten. Dazu gehört das sogenannte **„Emgekali"**[1]). Das Magnesium ist besonders für die Ausbildung des Blattgrüns wichtig. Ein begehrtes neues Kalidüngemittel aus der Deutschen Demokratischen Republik ist **„Magnakali"**, das neben Kalium und Magnesium noch 7 weitere für die Pflanzen wichtige chemische Grundstoffe enthält.

In der chemischen Industrie werden aus Kalisalzen Kaliumhydroxyd und Kaliumcarbonat hergestellt. Kaliumhydroxyd ist ein wichtiger Ausgangsstoff zur Seifenherstellung. Kaliumcarbonat lernten wir bei der Glasherstellung kennen. Die Förderung der Kalisalze gestattet auch die Herstellung von Sprengstoffen, die im Bergbau Anwendung finden.

Die Kaliindustrie liefert ferner eine Reihe wichtiger Nebenprodukte, die zum Teil bei der weiteren Behandlung der vom Kaliumchlorid abgetrennten Lösung gewonnen werden. Magnesiumchlorid wird in der Bauindustrie zur Herstellung von Steinholzfußböden und Bauplatten verwendet. Es ist auch Ausgangsstoff für die Herstellung von Magnesium. Magnesiumsulfat dient zur Herstellung von Schwefelsäure und einer Reihe anderer Produkte.

In Abbildung 155 ist die Verwendung der Kalisalze dargestellt.

Das Natriumchlorid besitzt ebenfalls große wirtschaftliche Bedeutung. Der weitaus größte Teil des geförderten Natriumchlorids wird in der Industrie zur Herstellung von Soda, Salzsäure, Ätznatron und Chlor benötigt. Damit ist die Erzeugung vieler anderer Stoffe unseres täglichen Bedarfes, wie Glaswaren, Waschmittel, Chemiefasern, Plaste usw., vom Kochsalz abhängig. Nach der Aufbereitung zu Speisesalz ist es ein unentbehrlicher Zusatz für unsere Nahrung. Es genügen jedoch bereits geringste Mengen Natriumchlorid, die meist schon in den Nahrungsmitteln enthalten sind, um unseren Körper mit diesem Stoff zu versorgen. Natriumchlorid dient ferner zum Konservieren von Nahrungsmitteln.

Abb. 156 gibt einen Überblick über die Verwendung von Natriumchlorid.

[1]) Emge = Mg (Magnesium).

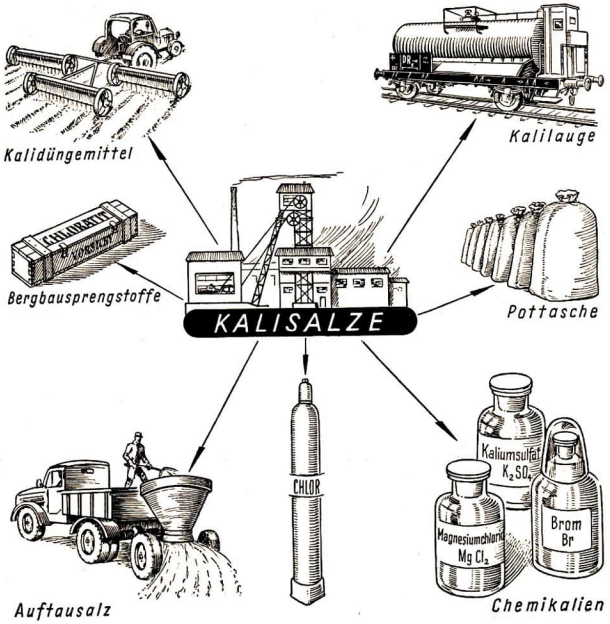


Abb. 155 Verwendung der Kalisalze

Die Kaliindustrie der Deutschen Demokratischen Republik

Die Nutzung der Kalisalze als Düngemittel in der Landwirtschaft wurde in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts erst durch die Arbeiten der beiden Staßfurter Chemiker FRANK und GRÜNEBERG möglich, die Liebigs Forschungen über die Ernährung der Pflanze berücksichtigen. In der Landwirtschaft des In- und Auslandes wurden die Kalisalze ein äußerst begehrtes Düngemittel. In Deutschland, dem Ausgangsland der Kaliindustrie, ließen kapitalistische Unternehmer eine große Anzahl von Kalibergwerken anlegen, in denen die Bergarbeiter bei niedrigen Löhnen arbeiten mußten. Die Kapitalisten versprachen sich davon große Gewinne. Die Anlage der Kalibergwerke erfolgte jedoch oftmals ohne vorhergehende gründliche geologische Untersuchungen. Die planlose kapitalistische Wirtschaftsweise führte in der Zeit von 1920

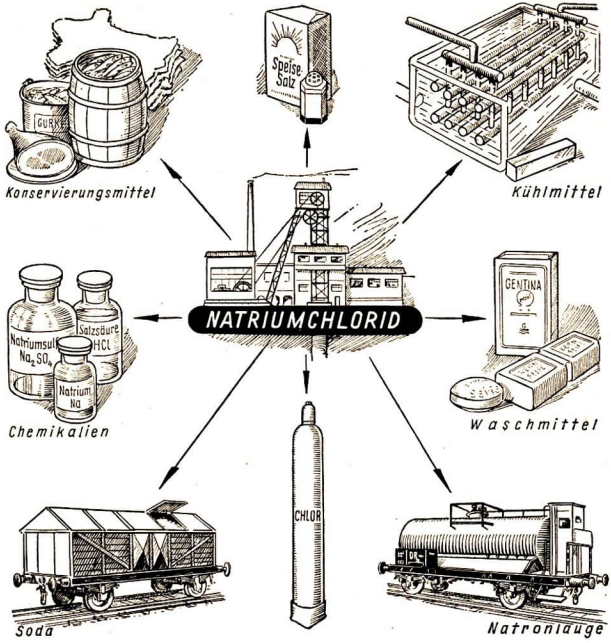


Abb. 156 Verwendung von Natriumchlorid

bis 1926 dazu, daß von den Konzernen 136 Bergwerke stillgelegt wurden. Sie ließen Fördertürme und Schachtanlagen verschrotten und Schächte zumauern. Die Maßnahmen hatten Arbeitslosigkeit und Elend unter den Arbeitern in der Kaliindustrie zur Folge. Nach der Befreiung vom Faschismus durch die Sowjetarmee wurden auch die Salzlagerstätten und Kaliwerke in Volkseigentum überführt.

Unsere Bergarbeiter und Ingenieure haben in den letzten Jahren große Anstrengungen unternommen, um die Produktion von Kalisalzen weiter zu steigern. 1950 wurden bereits fast 400000 t Kalisalze[1]) mehr produziert als 1936. 1958 stellten die Kaliwerke 1,6 Millionen t Kalisalze[1]) her.

[1]) Auf Kaligehalt berechnet.

Das größte Kaliwerk der Deutschen Demokratischen Republik ist der VEB Kalikombinat „Werra", Merkers (Rhön) mit den Teilbetrieben „Ernst Thälmann", „Einheit" und „Marx-Engels". Weitere bekannte Kaliwerke sind der VEB Kaliwerk Staßfurt, der VEB Kaliwerk „Karl Liebknecht", Bleicherode (Harz) und der VEB Kaliwerk „Glückauf", Sondershausen (Thüringen). In diesen und den anderen Betrieben der Kaliindustrie wurde die Produktion ständig gesteigert (Abb. 157), so daß wir in der Förderung von Kalisalzen an dritter Stelle in der Welt liegen. In den nächsten Jahren wird unsere Kaliindustrie mehr Kalidüngemittel erzeugen als Westdeutschland. Dazu trägt der Einsatz moderner Maschinen wesentlich bei. Beim Vortrieb der Strecken kommen Großbohrlochwagen (Abb. 158) und Vortriebsmaschinen zum Einsatz. Neben technisch vervollkommneten Schrappern sind moderne Ladegeräte, wie der Zweischeibenfräslader, in Anwendung (Abb. 159).

Diese Maßnahmen zur Steigerung der Produktion von Kalisalzen haben große Bedeutung für die vom V. Parteitag der SED vorgeschlagene Erhöhung der Hektarerträge von Kartoffeln, Zuckerrüben und Futterpflanzen.

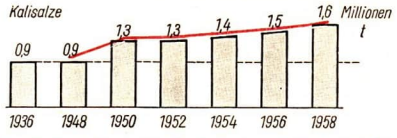


Abb. 157 Entwicklung der Produktion von Kalisalzen in der Deutschen Demokratischen Republik

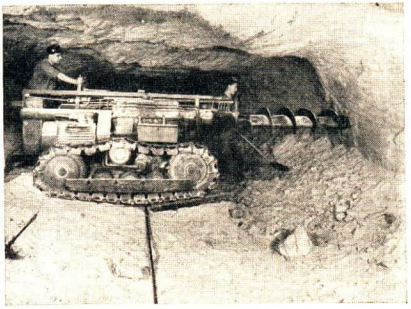


Abb. 158 Großbohrlochwagen



Abb. 159 Zweischeibenfräslader

Die Kalidüngemittel sind ferner ein wichtiges Exportgut unseres Landes, das im Export dieser Stoffe an erster Stelle in der Welt steht. Etwa zwei Drittel unserer Produktion an Kalidüngemitteln werden in über 40 Länder exportiert. Im Hafen von Wismar sind dazu moderne Verladeanlagen gebaut worden (Abb. 160). Im Rahmen der gegenseitigen Wirtschaftshilfe der sozialistischen Staaten entwickeln die Deutsche Demokratische Republik und die Sowjetunion, die über zwei Drittel der Weltvorräte an Kalisalzen verfügen, ihre Kaliindustrie besonders weiter.

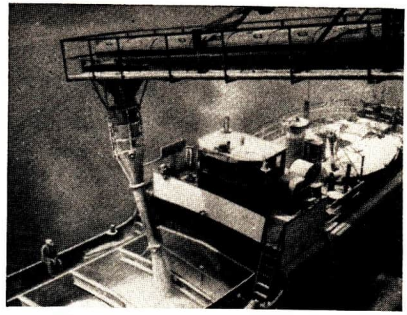


Abb. 160 Verladen von Kalisalzen in Wismar

Die Kaliwerke liefern wichtige Rohstoffe für Industrie und Landwirtschaft. Kaliumchlorid, Natriumchlorid, Magnesiumchlorid und Magnesiumsulfat haben für unsere Wirtschaft große Bedeutung.

Brom und Jod

1. Eigenschaften. Brom und Jod sind zwei weitere chemische Elemente, die zur Gruppe der Halogene gehören. In ihren Eigenschaften und ihrem chemischen Verhalten haben sie große Ähnlichkeiten mit dem Chlor.

Brom finden wir in Form von Verbindungen in den Salzlagern. Es wird bei der Aufbereitung der Kalisalze als Nebenprodukt aus der kaltgesättigten Salzlösung gewonnen. Brom ist neben dem Quecksilber das einzige bei normaler Temperatur flüssige Element. Die dunkelbraune Flüssigkeit entwickelt schon bei Zimmertemperatur lebhaft rotbraune Dämpfe, die schwerer als Luft sind und einen sehr unangenehmen, erstickenden Geruch aufweisen. Daher hat das Element auch seinen Namen erhalten.[1]) Sein Symbol ist Br. Es ist wie Chlor einwertig. Kommt Brom auf die Haut, so treten schwer heilende Verätzungen auf. Es ist giftig. Brom löst sich in Wasser zu braunem **Bromwasser**. Seine Löslichkeit in Wasser ist jedoch geringer als die von Chlor.

Versuch 64: *Ein Reagenzglas wird zur Hälfte mit Wasser gefüllt, dann geben wir einen Tropfen Brom zu, verschließen das Glas mit einem Stopfen und schütteln.*

Jod kommt in der Natur ebenfalls nicht elementar vor. Jodverbindungen sind im Meereswasser in ganz geringer Menge enthalten. Verschiedene Meerespflanzen rei-

[1]) bromos (griechisch) = Gestank.

chern das Jod an, so daß sie für die Herstellung des Elementes in Frage kommen. Jod bildet bei normaler Temperatur metallisch glänzende Kristallplättchen. Es hat dieselbe Wertigkeit wie Chlor und Brom. Jod ist giftig.

Vorsicht beim Arbeiten mit Brom und Jod!

Versuch 65: *Ein kleiner Jodkristall wird in einem Reagenzglas erhitzt. Beobachte die entstehenden Dämpfe!*

Beim Erhitzen der Kristalle entsteht violett gefärbter Dampf, der schwerer als Luft ist und dessen Farbe dem Element den Namen gegeben hat[1]). Jod hat das Symbol J.

Versuch 66: *Kleine Jodkristalle werden in Reagenzgläsern mit Wasser bzw. Alkohol geschüttelt.*
Beobachte die Farbe der Lösung gegen einen weißen Hintergrund!

Wie Chlor und Brom löst sich Jod in Wasser. Die Lösung heißt **Jodwasser**. Allerdings ist die Löslichkeit des Jod in Wasser noch geringer als die von Brom. Dagegen löst es sich in anderen Lösungsmitteln, wie zum Beispiel Alkohol, besser. Die Lösung von Jod in Alkohol wird als **Jodtinktur** bezeichnet.

Versuch 67: *a) Wir geben ein Gemisch von Stärke und Wasser in ein Reagenzglas und setzen einige Tropfen Jodlösung hinzu. b) Auf Kartoffel- und Rübenscheiben tropfen wir etwas Jodlösung.*
Was stellst du fest?

Jodlösung färbt Stärke blau. Diese Erscheinung kann man benutzen, um bei der Untersuchung von Pflanzen Stärke nachzuweisen.

Die chemischen Elemente Brom (Br) und Jod (J) weisen Ähnlichkeiten mit dem Chlor auf. Sie sind einwertig. Beide Elemente bilden intensiv gefärbte Dämpfe und sind in Wasser löslich.

2. Verbindungen. Brom und Jod kommen auf Grund ihrer guten Reaktionsfähigkeit in der Natur nicht elementar vor. Sie weisen in ihren Reaktionen und Verbindungen große Ähnlichkeiten mit dem Chlor und dessen Verbindungen auf.

Versuch 68: *Bromwasser wird mit Magnesiumpulver kräftig bis zur Entfärbung geschüttelt. Einen kleinen Teil der abfiltrierten Lösung dampfen wir ein. Betrachte den verbleibenden Rückstand!*

Versuch 69: *Einige Jodkristalle werden mit Eisenpulver unter Zugabe von etwas Wasser geschüttelt. Nach dem Filtrieren wird ebenfalls eine kleine Probe eingedampft.*

[1]) ioeides (griechisch) = veilchenblau.

Brom und Jod reagieren wie Chlor mit Metallen nach der allgemeinen Gleichung für die Salzbildung:

$$\text{Metall} + \text{Nichtmetall} \rightarrow \text{Salz}.$$

Die entstehenden Salze heißen **Bromide**, beziehungsweise **Jodide.**

Die Gleichungen für die beiden Vorgänge lauten:

$$\text{Versuch 68: } Mg + 2Br \rightarrow MgBr_2$$

$$\text{Versuch 69: } Fe + 2J \rightarrow FeJ_2.$$

Mit Wasserstoff verbinden sich Brom und Jod zu **Bromwasserstoff (HBr)** beziehungsweise **Jodwasserstoff (HJ)**. Diese Verbindungen sind wie Chlorwasserstoff farblose Gase, die stark Wasser anziehen und an der Luft Nebel bilden.

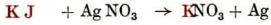
Die wäßrigen Lösungen von Bromwasserstoff und Jodwasserstoff sind Säuren, die wie die Salzsäure mit unedlen Metallen, Metalloxyden und Hydroxyden Salze bilden. Dabei entstehen Bromide, beziehungsweise Jodide. Diese Salze gehören zusammen mit den Chloriden zu den Halogeniden. Als **Halogenide** bezeichnen wir solche Salze, die neben Metall ein Halogen enthalten. Durch Einwirkung von schwer flüchtigen Säuren kann aus den Bromiden Bromwasserstoff, aus den Jodiden Jodwasserstoff ausgetrieben werden.

Versuch 70: *Im Reagenzglas wird eine Spatelspitze Kaliumbromid, in einem zweiten eine Spatelspitze Kaliumjodid mit halbkonzentrierter Schwefelsäure übergossen.*
Beobachte die entstehenden Gase! Prüfe vorsichtig ihren Geruch! Prüfe ihr Verhalten gegenüber feuchtem blauem Lackmuspapier! Vergleich mit den Ergebnissen des Versuches 56!

Die Silbersalze der Brom- und Jodwasserstoffsäure sind wie das Silberchlorid in Wasser schwer löslich. Man kann deshalb mit Silbernitrat auch den Säurerest der Bromwasserstoffsäure –Br und den Säurerest der Jodwasserstoffsäure –J nachweisen.

Versuch 71: *In Reagenzgläser gibt man je 5 ml folgender Stoffe: destilliertes Wasser, Natriumchloridlösung, Kaliumjodidlösung und Kaliumbromidlösung. In jedes Glas werden dann 2 Tropfen Silbernitratlösung gebracht.*
Vergleiche die auftretenden Niederschläge!

Bei Anwesenheit der Säurereste –Br und –J bilden sich Niederschläge von gelblichweißem Silberbromid AgBr oder blaßgelbem Silberjodid AgJ. Die Gleichungen für diese beiden Vorgänge lauten:



Brom und Jod verbinden sich mit Wasserstoff. Beim Lösen ihrer Wasserstoffverbindungen in Wasser entstehen Säuren (Bromwasserstoffsäure, Jodwasserstoffsäure). Die Salze dieser Säuren heißen Bromide und Jodide. Ihre Darstellung erfolgt entsprechend der der Chloride.

3. Verwendung. Brom wird zur Herstellung nervenberuhigender und schlaffördernder Arzneimittel verwendet. In der Filmindustrie werden erhebliche Mengen Brom bei der Herstellung fotografischer Filme und Platten benötigt. Auch Jod dient zur Erzeugung von Medikamenten. Im menschlichen Körper wirkt es auf den Stoffwechsel regulierend. Bei Jodmangel kommt es zu Schilddrüsenerkrankungen (Kropf). Diesen Erkrankungen kann durch den Genuß jodhaltigen Speisesalzes vorgebeugt werden. Eine 5%ige Lösung von Jod in Alkohol wird als Jodtinktur zur Desinfektion kleinerer Wunden verwendet.

Die Gruppe der Halogene

Die Untersuchungen der Elemente Chlor, Brom und Jod zeigten uns mehrfach die große Ähnlichkeit, die diese Stoffe aufweisen. Wir erkannten das zum Beispiel an der Wertigkeit und der Wasserlöslichkeit dieser Elemente. Entsprechende Verbindungen von Chlor, Brom und Jod weisen in ihrer Zusammensetzung und in ihren Eigenschaften ebenfalls viele Übereinstimmungen auf. Die Wasserstoffverbindungen Chlorwasserstoff HCl, Bromwasserstoff HBr und Jodwasserstoff HJ sind farblos und hygroskopisch. Wenn sie in Wasser gelöst werden, entstehen Säuren. Die Darstellung der Wasserstoffverbindungen erfolgt in allen drei Fällen nach derselben Gesetzmäßigkeit durch die direkte Vereinigung der Elemente mit Wasserstoff oder durch das Verdrängen aus den Salzen bei Zugabe von schwerer flüchtigen Säuren.

Die Salze der Chlorwasserstoffsäure, die Chloride, werden nach denselben allgemeinen Gleichungen für die Salzbildung dargestellt, die auch für die Bildung der Bromide und Jodide zutreffen. Als Nachweis für den Säurerest der Salzsäure –Cl, sowie die Säurereste der Brom- und Jodwasserstoffsäure –Br und –J, kann die Reaktion mit Silbernitrat verwendet werden, da sich in allen drei Fällen ein Niederschlag bildet.

Die Elemente Chlor, Brom und Jod wurden wegen der vielen Übereinstimmungen und Ähnlichkeiten zu einer Elementengruppe vereinigt. Man nennt die Elemente dieser Gruppe **Halogene.**[1]) Sie vereinigen sich direkt mit Metallen zu Salzen. Diese Salze heißen **Halogenide.**

Die Elemente Chlor, Brom und Jod zeigen jedoch neben den Ähnlichkeiten und Übereinstimmungen auch unterschiedliches Verhalten (Abb. 161). Das kommt zum Ausdruck, wenn wir an die unterschiedliche Farbe, die Löslichkeit in Wasser, das Bindungsstreben zu Wasserstoff und die Aggregatzustände bei normaler Temperatur denken.

Was kannst du über die Siedepunkte von Chlor, Brom und Jod aussagen, wenn du die Aggregatzustände bei normaler Temperatur berücksichtigst?



Abb. 161 Vergleich einiger Eigenschaften der Halogene

[1]) hals (griechisch) = Salz; genere (lateinisch) = bilden.

Beim Vergleich der Unterschiede der Halogene erkennen wir eine gesetzmäßige Veränderung verschiedener Eigenschaften. Ordnen wir zum Beispiel die Gase der betrachteten Elemente nach der Tiefe ihrer Färbung, so beginnt die Reihe mit dem Chlor und endet mit dem Jod. Die Löslichkeit in Wasser nimmt vom Chlor zum Jod hin ab. Dasselbe gilt auch für das Bindungsstreben zu Wasserstoff. Während sich Chlor sehr heftig mit Wasserstoff vereinigt, erfolgt die Bildung des Jodwasserstoffs nur langsam. Untersuchungen und unsere Überlegungen zu den Siedepunkten beweisen, daß die Siedetemperatur von Chlor zum Jod hin ansteigt.

Chlor, Brom und Jod sind Elemente der Halogengruppe. Innerhalb einer Elementengruppe bestehen viele Übereinstimmungen im Verhalten der Elemente sowie in der Zusammensetzung und den Eigenschaften ihrer Verbindungen. Bestimmte Eigenschaften verändern sich innerhalb der Gruppe gesetzmäßig.

Chemische Vorgänge bei der Fotografie

Verbindungen der Halogene spielen in der Fotografie eine große Rolle. Von der Aufnahme eines Gegenstandes durch die Kamera bis zum fertigen Bild auf dem fotografischen Papier laufen eine Reihe chemischer Vorgänge ab, bei denen die verwendeten Halogenverbindungen bestimmten Umwandlungen unterworfen sind. Wir wollen im folgenden in vereinfachter Form einige chemische Vorgänge bei der Fotografie kennenlernen.

Versuch 72: *Der Versuch 71 ist so zu wiederholen, daß jeweils zwei Niederschläge von jedem Silbersalz hergestellt werden. Je eines der beiden Reagenzgläser ist sofort mit schwarzem Papier zu umwickeln. Alle 6 Reagenzgläser werden dann in einem Reagenzglasständer ans Fenster gestellt. Nach 10 Minuten werden die Papierumhüllungen entfernt.*
Vergleiche jeweils die im Dunkeln gehaltene Fällung mit derjenigen, die dem Licht ausgesetzt war!

Die Niederschläge, die unter Lichteinfluß standen, färbten sich dunkel. Das tritt bei allen Silbersalzen der Halogene auf und zeigt wieder die Ähnlichkeit im Verhalten der Chlor-, Brom- und Jodverbindungen. Die Dunkelfärbung des Niederschlages von Silberhalogeniden ist das Ergebnis eines chemischen Vorganges, der unter der Einwirkung des Lichtes abläuft. Dabei werden die Silberhalogenide zersetzt. Die Zersetzung von Silberbromid infolge Lichteinwirkung wollen wir wie folgt formulieren:

$$AgBr \xrightarrow{Licht} Ag + Br.$$

Das entstandene elementare Silber sieht in feiner Verteilung schwarz aus. Derartige chemische Vorgänge, die unter der Einwirkung von Licht ablaufen, bezeichnet man als **fotochemische Vorgänge.**

Die Abscheidung von Silber aus Silberhalogeniden unter Einwirkung des Lichtes nutzt man in der Fotografie praktisch aus. Der wirksame Bestandteil fotografischer Filme, Platten und Papiere sind Silberhalogenide, besonders Silberbromid.

Versuch 73: *In ein Reagenzglas bringen wir Kaliumbromidlösung, in ein zweites ein Gemisch aus Gelatine und Kaliumbromidlösung. Beiden Lösungen*

werden einige Tropfen Silbernitratlösung zugesetzt. Die Reagenzgläser werden kräftig geschüttelt und am Fenster 5 Minuten lang dem Licht ausgesetzt. Betrachte den Inhalt der Reagenzgläser vor und nach der Belichtung!

Die Gelatine verhindert das Zusammenballen des Silberbromids, so daß es in der Flüssigkeit fein verteilt vorliegt. Nach der Belichtung zeigt sich in der Gelatinelösung eine starke Schwärzung. Das Silberbromid zersetzt sich in feiner Verteilung unter Lichteinwirkung besonders gut.

In den Filmfabriken wird zur Erzeugung von fotografischem Material eine Fällung von Silberbromid in Gelatine hergestellt. Dieses Gemisch wird **fotografische Emulsion** genannt. Diese Emulsion wird auf eine feste Unterlage aufgetragen. Die Unterlage besteht bei fotografischen Platten aus Glas und bei Filmen meist aus dem durchsichtigen Cellon, das aus Cellulose erzeugt wird. Bei der Herstellung fotografischer Papiere werden besondere Papiersorten mit einer fotografischen Emulsion versehen.

In der Deutschen Demokratischen Republik wird eine Vielfalt von Fotomaterialien hergestellt. Die entsprechenden chemischen Betriebe sind auf die Herstellung bestimmter fotografischer Materialien spezialisiert und erzeugen so Produkte, die Weltruf besitzen. Der in der Deutschen Demokratischen Republik größte und bekannteste Betrieb dieser Art ist der VEB Filmfabrik Agfa Wolfen. Dort werden Filme und Platten für alle Gebiete der Fotografie hergestellt. Die Erzeugnisse des VEB Filmfabrik Agfa Wolfen sind auf Grund ihrer ausgezeichneten Qualität ein begehrter Exportartikel. Von großer Bedeutung für unsere Versorgung mit Fotomaterial ist auch der VEB Fotochemische Werke Berlin, der neben den bekannten Dekopan-Filmen auch Fotopapier herstellt. Fotopapiere werden ferner vom VEB Photopapierwerk Dresden und dem VEB Turaphot, Wernigerode erzeugt.

Beim Fotografieren wird die fotografische Emulsion meist nur für kurze Zeit dem Licht ausgesetzt. Es werden daher nur wenige Silberbromidteilchen in Silber und Brom zersetzt, so daß die Schwärzung ohne Hilfsmittel nicht sichtbar ist. Daher müssen, um ein Bild zu erhalten, weitere Silberbromidteilchen zersetzt werden.

Versuch 74: *In ein Reagenzglas geben wir Silberbromidfällung und fügen etwas Entwicklerlösung hinzu.*

Die **Entwicklerlösung** enthält eine Reihe von Stoffen, die weiteres Silberbromid zersetzen. Dieser Vorgang wird durch das bei der Belichtung entstandene wenige Silber begünstigt, ohne daß es dabei verbraucht wird. Das Silber wirkt also beim Entwickeln von Fotomaterial als Katalysator.

Die Silberbromidteilchen werden jedoch beim Belichten verschieden weit zu Silber zersetzt, da die abzubildenden Gegenstände unterschiedliche Helligkeiten aufweisen. An den Stellen der fotografischen Emulsion, auf die viel Licht einwirkt, entsteht mehr Silber als an anderen Stellen. Der Vorgang des Entwickelns wird daher an den stärker belichteten Stellen der fotografischen Emulsion besonders gefördert, und es tritt dort eine stärkere Schwärzung auf. An den weniger stark belichteten Stellen des Fotomaterials ist nach dem Entwickeln noch Silberbromid vorhanden, das sich im Licht unter Silberabscheidung zersetzen würde. Man muß es deshalb nach dem Entwicklungsprozeß entfernen. Das geschieht durch Einwirkung von Fixiersalz. **Fixiersalz** ist eine Substanz, die Silberbromid aufzulösen vermag. Den Vorgang nennt man fixieren.

Versuch 73: *Ein Silberbromidniederschlag wird in einem Reagenzglas mit Fixiersalzlösung versetzt.*

Nach dem Entwickeln und Fixieren eines Filmes oder einer fotografischen Platte erscheinen die hellen Stellen des Aufnahmegegenstandes schwarz, die dunklen dagegen hell, da an den hellen Stellen mehr Silberbromidteilchen zersetzt wurden als an den dunklen. Das so entstandene Bild zeigt die entgegengesetzten Helligkeitswerte des aufgenommenen Gegenstandes. Man bezeichnet es als **Negativ** (Abb. 162).

Um ein Bild zu erhalten, das den Helligkeitswerten des aufgenommenen Gegenstandes entspricht, muß man durch das Negativ hindurch nochmals eine fotografische Schicht belichten. Man verwendet dazu oft fotografische Papiere. Dabei werden dann die dunklen Stellen des Aufnahmegegenstandes am stärksten und die hellen Stellen am geringsten belichtet. Das nach dem Entwickeln und Fixieren entstandene Bild ist das **Positiv** (Abb. 163).

Abbildung 164 gibt einen schematischen Überblick über die Vorgänge beim Herstellen fotografischer Bilder.

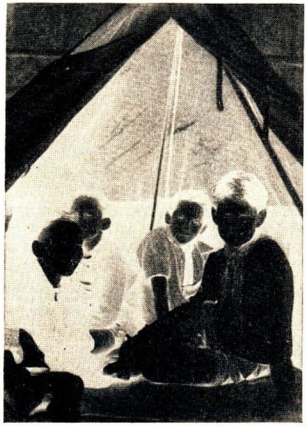


Abb. 162 Negativ einer fotografischen Aufnahme

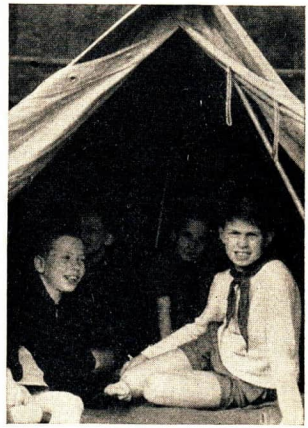


Abb. 163 Positiv einer fotografischen Aufnahme

Silberhalogenide zersetzen sich bei Lichteinwirkung unter Bildung von Silber. Diesen Vorgang nutzt man praktisch in der Fotografie aus.

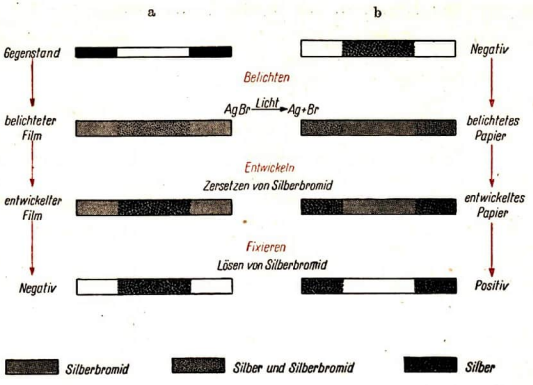


Abb. 164 Schematische Darstellung der Vorgänge bei der Herstellung a) eines Negativs, b) eines Positivs

Wiederholungsfragen und Aufgaben:

1. *Sprich über die Verwendung und Bedeutung von Chlor!*
2. *Beim Betreten eines Raumes, in dem die Luft Chlor enthält, kann man sich durch ein vor Mund und Nase gehaltenes nasses Tuch vor dem Einatmen des giftigen Gases für einige Zeit schützen. Erkläre die Wirkung! Warum ist der Schutz nur vorübergehend?*
3. *Nenne verschiedene Möglichkeiten der Gewinnung von Chlorwasserstoff! Gib die Reaktionsgleichungen für die Vorgänge an!*
4. *Magnesium, Kupfer, Eisen, Aluminium und Silber werden mit verdünnter Salzsäure übergossen. In welchen Fällen findet eine Umsetzung statt? Stelle die Reaktionsgleichungen auf!*
5. *Erläutere an Beispielen den Nachweis des Säurerestes –Cl!*
6. *Sprich über den Abbau der Kalisalze!*
7. *Erläutere das Prinzip der Aufbereitung von Kalisalzen!*
8. *Nenne wichtige Verwendungszwecke des Kali- und Steinsalzes!*
9. *Sprich über die Entwicklung und Bedeutung unserer Kaliindustrie!*
10. *Nenne die Elemente, die zur Gruppe der Halogene gehören und begründe diese Zusammenfassung an Beispielen!*
11. *Erläutere die chemischen Vorgänge bei der Herstellung eines fotografischen Bildes anhand der Abbildung 164!*

Zusammenfassung des Jahresstoffes

In den nachfolgenden Abschnitten sind wichtige Elemente und ihre Verbindungen, Mineralien und Erze, die wichtigsten technischen Verfahren und Produkte unserer Industrie, die wir kennengelernt haben, zusammengefaßt.

1. Elemente und Verbindungen

Elemente	Oxyde	Säuren	Salze
Kohlenstoff C	Kohlenmonoxyd CO Kohlendioxyd CO_2	Kohlensäure H_2CO_3	Carbonate Metall | CO_3 Hydrogencarbonate Metall | HCO_3
Silicium Si	Siliciumdioxyd SiO_2	Kieselsäure H_2SiO_3	Silicate Metall | SiO_3
Chlor Cl		Salzsäure HCl	Chloride Metall | Cl
Brom Br		Bromwasserstoffsäure HBr	Bromide Metall | Br
Jod J		Jodwasserstoffsäure HJ	Jodide Metall | J
Eisen Fe	Eisen(II)-oxyd FeO Eisen(II, III)-oxyd Fe_3O_4 Eisen(III)-oxyd Fe_2O_3		

2. Nachweisreaktionen

	Reagenz	Reaktionsmerkmal
Kohlendioxyd	Kalkwasser $Ca(OH)_2$	**Fällung:** weißes Calciumcarbonat $CaCO_3$
Säurerest –Cl	Silbernitrat $AgNO_3$	**Fällung:** weißes Silberchlorid $AgCl$
Säurerest –Br	Silbernitrat $AgNO_3$	**Fällung:** gelblichweißes Silberbromid $AgBr$
Säurerest –J	Silbernitrat $AgNO_3$	**Fällung:** blaßgelbes Silberjodid AgJ

3. Mineralien und Erze

Kalkstein $CaCO_3$

Vorkommen: Rand der Mittelgebirge, Rüdersdorf bei Berlin.
Gewinnung: Im Tagebau durch Sprengen; Verladen mit Baggern.
Verwendung: Ausgangsstoff für die Erzeugung von Branntkalk, Zement, Kohlendioxyd, Glas, Calciumcarbid; Zuschlagstoff bei der Roheisen- und Stahlerzeugung; Düngemittel.

Kreide $CaCO_3$

Vorkommen: Insel Rügen.
Gewinnung: Im Tagebau mit Baggern.
Verwendung: Anstrichfarbe, Kitte (Glaserkitt), Putzmittel.

Braunkohle

Vorkommen: Ausgedehnte Lagerstätten in den Bezirken Halle, Leipzig und Cottbus.
Gewinnung: Abbau im Tagebau, Abraumförderung mit Eimerkettenbaggern oder Schaufelradbaggern. Transport des Abraums in Abraumzügen oder auf Förderbändern über die Abraumförderbrücke. Kohlenabbau mit Baggern, Transport in Kohlenzügen oder auf Förderbändern.
Verwendung: Wichtiger Ausgangsstoff für die chemische Industrie; zur Herstellung von BHT-Koks, Heizgasen und Kohlenwertstoffen; Brennstoff für Kohlekraftwerke, Industriebetriebe, Verkehr und Haushalte.

Steinkohle

Vorkommen: Zwickau-Oelsnitzer Revier, Freital.
Gewinnung: Abbau im Tiefbau durch Preßlufthammer, Schrämmaschine, Kohlenkombine oder Kohlenhobel. Transport auf Förderbändern und in Hunten.
Verwendung: Ausgangsstoff für die chemische Industrie; zur Herstellung von Steinkohlenkoks, Heizgasen und anderen Kohlenwertstoffen; Brennstoff für Industrie und Verkehr.

Quarzsand SiO_2

Vorkommen: in zahlreichen Lagerstätten.
Verwendung: Ausgangsstoff für die Herstellung von Glas und Silikonen; Bereitung von Mörtel.

Magneteisenstein Fe_3O_4

Roteisenstein Fe_2O_3

Brauneisenstein $2\,Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$

Spateisenstein $FeCO_3$

Vorkommen: Thüringen und Harz.
Gewinnung: im Tagebau oder im Tiefbau durch Sprengarbeiten. Verladen im Tagebau mit Baggern.
Verwendung: Ausgangsstoff für die Erzeugung von Roheisen.

Kalisalze

Vorkommen: in Salzlagerstätten.
Gewinnung: im Tiefbau durch Sprengen und nachfolgender Schrapperförderung. Transport in Förderwagen und Fördergefäßen. Anreichern an Kaliumchlorid durch Lösen, Dekantieren und Filtrieren.
Verwendung: Düngemittel, Ausgangsstoff für die Herstellung anderer Kaliumverbindungen und die Gewinnung von Brom.

Steinsalz NaCl

Vorkommen: in Salzlagerstätten.
Gewinnung: Abbau unter Tage durch Sprengen und nachfolgender Schrapperförderung oder Lösen und Emporpumpen der entstandenen Sole.
Verwendung: Ausgangsstoff für die Herstellung von Soda, Ätznatron, Chlor, Salzsäure und anderer Chemikalien für die Industrie; Zusatz zur Nahrung; Konservierungsmittel.

4. Wichtige technische Verfahren

Erzeugung von Branntkalk

Ausgangsstoffe: Kalkstein, Koks, Luft.
Verfahren: Brennen des Kalksteins im Schachtofen bei etwa 1000°C:

$$CaCO_3 \xrightarrow{1000^\circ C} CaO + CO_2\uparrow$$

Hauptprodukt: Branntkalk.
Nebenprodukt: Kohlendioxyd.

Erzeugung von Löschkalk

Ausgangsstoffe: Branntkalk, Wasser.
Verfahren: Reaktion von Branntkalk mit Wasser unter Wärmeabgabe:

$$CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2$$

Produkt: Löschkalk (Kalkteig).

Erzeugung von Portlandzement

Ausgangsstoffe: Kalkstein, Ton.
Verfahren: Brennen der aufbereiteten Ausgangsstoffe im Drehrohrofen bei 1400° bis 1500°C zu Klinkern. Mahlen der Klinker unter Zusatz von Gips.
Produkt: Portlandzement.

Verkokung der Steinkohle

Ausgangsstoff: Steinkohle.
Verfahren: Erhitzen der aufbereiteten Steinkohle unter Luftabschluß im Kammerofen bei 1100°C (Gaswerk, Kokerei).
Hauptprodukte: Steinkohlenkokereigas, Steinkohlenkoks.
Nebenprodukte: Teer, Ammoniak, Schwefelverbindungen, Benzol, Naphthalin.

Verkokung der Braunkohle nach Rammler-Bilkenroth

Ausgangsstoff: Feinstkornbriketts aus asche- und schwefelarmer Braunkohle.
Verfahren: Erhitzen der Feinstkornbriketts unter Luftabschluß im Kammerofen bei 1000°C.
Hauptprodukt: BHT-Koks.
Nebenprodukte: Braunkohlenkokereigas, Teer, Teeröle, Phenole.

Erzeugung von Generatorgas

Ausgangsstoffe: Luft, Brennstoff, (Koks, Braunkohle oder gasarme Steinkohle).
Verfahren: Vergasung der Brennstoffe im Generator. Luft wird durch den glühenden Brennstoff geblasen:

$$C + 2O \rightarrow CO_2$$
$$CO_2 + C \rightarrow 2CO$$

Hauptprodukt: Generatorgas.

Erzeugung von Wassergas

Ausgangsstoffe: Braunkohle oder Koks, Wasser, Sauerstoff.
Verfahren: Vergasung der Kohle im Winkler-Generator. Wasserdampf (zusammen mit etwas Sauerstoff) reagiert mit dem glühenden Brennstoff:

$$C + H_2O \rightarrow CO + 2H$$

Hauptprodukt: Wassergas.

Druckvergasung

Ausgangsstoffe: Braunkohle, Koks, Wasser, Sauerstoff.
Verfahren: Wasserdampf und Sauerstoff reagieren unter Druck mit den Brennstoffen. Die Brennstoffe werden vergast.
Hauptprodukt: Druckvergasungsgas.

Erzeugung von Natrium-Calcium-Glas

Ausgangsstoffe: Sand, Soda, Kalkstein, Scherbenglas.
Verfahren: Zusammenschmelzen der zerkleinerten und im bestimmten Gewichtsverhältnis gemischten Ausgangsstoffe im Hafenofen oder Wannenofen.
Hauptprodukt: Natrium-Calcium-Glas.

Erzeugung von Roheisen

Ausgangsstoffe: Möller (Erz und Zuschläge), Koks, Luft.
Verfahren: Reduktion der Eisenoxyde durch Kohlenmonoxyd und Kohlenstoff im Hochofen oder im Niederschachtofen.
Hauptprodukt: Roheisen.
Nebenprodukte: Hochofenschlacke, Gichtgas.

Windfrischverfahren nach Thomas

Ausgangsstoffe: flüssiges Roheisen, Luft, Zuschlag (gebrannter Kalk).
Verfahren: Frischen des Roheisens im Thomas-Konverter mit Hilfe von Wind.
Hauptprodukt: Thomas-Stahl.
Nebenprodukt: Thomas-Schlacke.

Herdfrischverfahren nach Siemens-Martin

Ausgangsstoffe: Roheisen, Schrott, Zuschlag (Kalkstein oder gebrannter Kalk).
Verfahren: Frischen des Roheisens im Siemens-Martin-Ofen durch chemisch gebundenen Sauerstoff.
Hauptprodukt: Siemens-Martin-Stahl.
Nebenprodukt: Siemens-Martin-Schlacke.

Kalisalz-Aufbereitung

Ausgangsstoffe: Kalisalze, kalt gesättigte Salzlösung.
Verfahren: Trennung der Salze auf Grund ihrer unterschiedlichen Löslichkeit.
Hauptprodukt: Kaliumchlorid.
Nebenprodukte: Magnesiumchlorid, Magnesiumsulfat, Natriumchlorid, Brom, Kaliumverbindungen.

5. Wichtige Produkte unserer Industrie

a) Ausgangsstoffe

Branntkalk

Calciumoxyd CaO
Verwendung: Herstellung von Löschkalk, Zuschlagstoff bei der Stahlerzeugung.

Löschkalk, Kalkhydrat

Calciumhydroxyd $Ca(OH)_2$
Verwendung: Bereitung von Mörtel.

Soda

Natriumcarbonat Na_2CO_3
Verwendung: Seifenherstellung, Erzeugung von Glas, Herstellung von Natriumverbindungen, Natronsalpeter.

Pottasche

Kaliumcarbonat K_2CO_3
Verwendung: Herstellung von Schmierseife, Erzeugung von Glas.

Chlor

Wichtiges Halogen, Symbol Cl
Verwendung: Herstellung von Plasten, Farbstoffen, Arzneimitteln, Schädlingsbekämpfungsmitteln; Desinfektions- und Bleichmittel.

Brom

Nebenprodukt der Kaliindustrie, Symbol Br
Verwendung: Herstellung von Arzneimitteln, fotografischen Filmen, Platten und Papieren.

Kaliumchlorid

Wichtiges Salz in unseren Salzlagerstätten, Formel KCl.
Verwendung: Herstellung von Kaliumhydroxyd, Kaliumcarbonat, Sprengstoffen, Düngemitteln.

b) Düngemittel

Thomas-Schlacke

Kalkhaltiges Phosphordüngemittel.
Verwendung: als langsam und anhaltend wirkender Krumendünger, besonders für kalkarme Böden und kalkliebende Pflanzen.

Kalkdünger

Kalksteinmehl $CaCO_3$, Kalkhydrat $Ca(OH)_2$.
Verwendung: zur Bodenlockerung, Bindung von Bodensäuren und zur Erhöhung der Widerstandsfähigkeit der Kulturpflanzen gegenüber Krankheiten.

Kainit

Kali-Rohsalz mit niedrigem Gehalt an Kaliumchlorid KCl.
Verwendung: zur Düngung von Grünland geeignet.

Hederichkainit

Feingemahlener Kainit.
Verwendung: als Unkrautbekämpfungsmittel und Kalidüngemittel in Getreidekulturen.

Kalidüngesalze

Düngemittel mit hohen Anteilen an Kaliumchlorid.
Verwendung: als für alle Böden geeignete Kalidüngemittel.

Emgekali

Mischdünger aus Kaliumchlorid KCl und Magnesiumchlorid $MgCl_2$.
Verwendung: besonders für magnesiumarme Böden geeignet.

Magnakali

Mischdünger mit verschiedenen für die Pflanzen wichtigen Grundstoffen.
Verwendung: besonders für magnesiumarme Böden geeignet.

c) Baustoffe

Kalkmörtel

Gemisch von Löschkalk, Sand und Wasser.
Verwendung: als Bindemittel zum Mauern; zum Verputzen.

Zementmörtel

Gemisch von Zement, Sand und Wasser.
Verwendung: als Bindemittel zum Mauern; zur Herstellung von Bauteilen.

Beton

Gemisch von Zement, Kies (oder Schotter) und Wasser.
Verwendung: zur Errichtung von Bauten durch Gießen oder Stampfen in Verschalungen; zur Herstellung von Bauteilen.

Stuck

Gemisch von Stuckgips, Kalk, Sand und Wasser.
Verwendung: zur Herstellung von Verzierungen und Gesimsen an Decken und Wänden.

Hochofenschlacke

Silicatgemisch.
Verwendung: zur Herstellung von Zementen, Schotter, Isolierstoffen, Schlackensand und Schlackenbausteinen.

Glas

Mischsilicat.
Verwendung: zur Herstellung von Geräten für Haushalt, Gewerbe, Labor und Industrie, von Fensterglas, Isolierstoffen, unbrennbaren Geweben und glasfaserverstärkten Plastwerkstoffen.

d) Metalle

Eisenmetalle

Roheisen

Eisen mit einem Kohlenstoffgehalt von etwa 4% (graues oder weißes Roheisen).
Verwendung: als Gußeisen zur Herstellung von wenig beanspruchten Maschinenteilen und Geräten (graues Roheisen); als Ausgangsstoff für die Herstellung von Stahl (weißes Roheisen).

Stahl

Eisen mit einem Kohlenstoffgehalt bis 1,7%.
Verwendung: zur Herstellung von Stahlerzeugnissen durch Gießen, Walzen, Ziehen und Schmieden.

Buntmetalle

Kupfer

Verwendung: zur Herstellung von Kabeln, Drähten und Kontakten in der Elektroindustrie; in der Heizungs- und Kühltechnik; zur Herstellung von Apparaturen für die Spiritus-, Bier- und Zuckererzeugung, als Legierungsmetall.

Blei

Verwendung: zum Strahlenschutz; als Isolator für elektrische Kabel; für Rohrleitungen und zur Auskleidung von Reaktionsräumen in der Schwefelsäureindustrie; als Legierungsmetall.

Zink

Verwendung: als Oberflächenschutzmittel für Stahlteile; zur Herstellung von Bimetallstreifen; zur Erzeugung von elektrischer Energie in Taschenlampenbatterien; als Legierungsmetall.

Zinn

Verwendung: als Rostschutzüberzug für Stahlblech; zur Herstellung von Legierungen.

Nickel

Verwendung: als Oberflächenschutzmittel für Stahlteile; Auskleidung von Stahlbehältern in der chemischen Industrie; zur Herstellung von Rundfunk- und Fernsehröhren; als Legierungsmetall.

Chrom

Verwendung: zur Oberflächenveredlung anderer Metalle, als Rostschutz für Stahlteile; als Legierungsmetall bei der Edelstahlerzeugung.

Leichtmetalle

Aluminium

Verwendung: als Leiter für den elektrischen Strom; zur Herstellung von Haushaltgeräten; als Folie für Verpackungszwecke; zum aluminothermischen Schweißen; zum Behälterbau; als Blitzlichtpulver in der Fotografie; zur Herstellung von Legierungen.

Magnesium

Verwendung: als Blitzlichtpulver in der Fotografie; als Legierungsmetall.

Legierungen

Messinge

Legierungen aus 57 bis 90% Kupfer und 10 bis 56% Zink.
Verwendung: zur Herstellung von feinmechanischen und elektrischen Geräten, Armaturen, Schrauben und Blechen.

Bronzen

Legierungen aus 70 bis 95% Kupfer und 5 bis 30% Zinn.
Verwendung: zur Herstellung von Lagerschalen, Armaturen und Blechen.

Rotguß

Legierung aus 86% Kupfer, 4% Zink und 10% Zinn.
Verwendung: zur Herstellung von Maschinenteilen.

Bleilegierungen

Legierungen aus Blei und Antimon.
Verwendung: Akkumulatorenplatten.
Legierungen aus Blei, Antimon und Zinn.
Verwendung: als Schriftmetall und Lagermetall.

Lötzinn

Legierung aus 25 bis 50% Zinn und 50 bis 75% Blei.
Verwendung: Weichlot zur Verbindung von Metallteilen.

Chrom-Nickel-Stähle

Legierungen aus Stahl, Chrom und Nickel.
Verwendung: zur Herstellung von Kurbelwellen, Achsen, Zahnrädern und Apparaten für die chemische Industrie.

Aluminium-legierungen

Legierungen von Aluminium mit anderen Metallen wie Magnesium, Kupfer und Zink. Aluminium wird auch mit Silicium legiert.
Verwendung: im Schiffbau, zur Herstellung von Motorenkolben, Rohren, Blechen usw.

Magnesium-legierungen

Legierungen von Magnesium mit Aluminium, Zink und Mangan.
Verwendung: im Kraftfahrzeug-, Flugzeug- und Maschinenbau.

6. Wichtige Großbetriebe der Deutschen Demokratischen Republik

Feuerlöscher

VEB Feuerlöschgerätewerk Neuruppin,
VEB Feuerlöschgerätewerk Apolda.

Zement

VEB Zementwerk Karsdorf (Unstrut),
VEB Kalk-, Zement- und Betonwerke Rüdersdorf,
VEB Hüttenzementwerk Ost, Stalinstadt.

Produkte der Kohleveredlung

VEB Braunkohlenkombinat Lauchhammer,
VEB Kombinat „Otto Grotewohl" Böhlen,
VEB Kombinat Espenhain,
VEB Leuna-Werke „Walter Ulbricht",
VEB Großkokerei „Karl Marx", Zwickau,
VEB Chemische Werke Buna Schkopau,
VEB Kombinat „Schwarze Pumpe" (im Aufbau).

Glas

VEB Jenaer Glaswerk Schott & Gen.,
VEB Glaswerke Ilmenau,
VEB Oberlausitzer Glaswerke Weißwasser,
VEB Guß- und Farbenglaswerke Pirna,
VEB Glaswerk Freital,
VEB Spezialglaswerk „Einheit", Weißwasser,
VEB Glaswerke Lauscha,
VEB Glaswerk Stralau, Berlin.

Roheisen und Stahl

VEB Eisenhüttenkombinat „J. W. Stalin", Stalinstadt,
VEB Eisenwerke West, Calbe/Saale,
VEB Maxhütte Unterwellenborn,
VEB Stahl- und Walzwerk Brandenburg,
VEB Stahl- und Walzwerk Gröditz,
VEB Stahl- und Walzwerk „Wilhelm Florin", Hennigsdorf,
VEB Stahl- und Walzwerk Riesa,
VEB Edelstahlwerk „8. Mai 1945" Freital,
VEB Eisen- und Hüttenwerk Thale.

Nichteisenmetalle

VEB Mansfeld Hüttenkombinat „Wilhelm Pieck",
VEB Elektrochemisches Kombinat Bitterfeld,
VEB Hüttenwerke Halsbrücke,
VEB Berliner Metall-Hütten- und Halbzeugwerke.

Steinsalz und Kalisalze

VEB Kalikombinat „Werra", Merkers (Rhön),
VEB Kaliwerk Staßfurt,
VEB Kaliwerk „Karl Liebknecht", Bleicherode (Harz),
VEB Kaliwerk „Glückauf", Sondershausen (Thüringen).

Salzsäure und andere Chlorverbindungen

VEB Elektrochemisches Kombinat Bitterfeld.

Schülerübungen

Versuch S 1: Adsorption von Farbstoff durch A-Kohle

Aktivkohlepulver, Tinte.
2 Reagenzgläser, Trichter, Rundfilter, Gummistopfen, Spatel, Papprinne, Reagenzglasständer.

Wir stellen uns eine sehr stark verdünnte Tintenlösung her, die nur schwach blau gefärbt ist. Mit dieser Lösung füllen wir ein Reagenzglas etwa zur Hälfte. Mittels einer Papprinne schütten wir dann einen gehäuften Spatel Aktivkohlepulver in die Farbstofflösung. Auf das Reagenzglas setzen wir einen Gummistopfen und schütteln kräftig einige Minuten. Wir filtrieren vom Kohlepulver in ein zweites Reagenzglas ab.

Versuch S 2: Darstellung von Calciumcarbonat

Selterswasser, Kalkwasser.
Reagenzglas, Pipette.

Wir füllen ein Reagenzglas zu etwa einem Drittel mit Kalkwasser. Dann geben wir mittels der Pipette Selterswasser hinzu, bis die Reaktion eintritt.

Versuch S 3: Zersetzen von Carbonaten durch Säuren

Natriumcarbonat, Kalkstein, verdünnte Salzsäure, Kalkwasser.
Reagenzgläser, zweimal rechtwinklig gebogenes Gasableitungsrohr, Glasstab, Lochstopfen, Spatel, Reagenzglasständer.

a) Wir geben in ein Reagenzglas eine Spatelspitze Natriumcarbonat. Ein zweites Reagenzglas wird zu etwa einem Drittel mit Kalkwasser gefüllt. Danach führen wir das Gasableitungsrohr mit seinem kürzeren Schenkel durch den Lochstopfen. Nach dieser vorbereitenden Tätigkeit setzen wir dem Natriumcarbonat etwa 2 ml verdünnte Salzsäure zu. Das Reagenzglas wird mit dem Lochstopfen versehen. Den längeren Schenkel des Gasableitungsrohres tauchen wir in das Kalkwasser ein (Abb. 165).

b) Wir tauchen einen Glasstab in verdünnte Salzsäure ein und betupfen damit ein Stück Kalkstein.

Versuch S 4: Zersetzen von Magnesiumcarbonat durch Erhitzen

Magnesiumcarbonat, Kalkwasser.
2 Reagenzgläser, Gasableitungsrohr, Lochstopfen, Stativ mit Klemme und Muffe, Reagenzglasständer, Brenner.

Wir füllen ein schwerschmelzbares Reagenzglas etwa 2 cm hoch mit Magnesiumcarbonat. Auf das Reagenzglas setzen wir einen Lochstopfen, durch den ein gebogenes

Gasableitungsrohr führt. Das Reagenzglas spannen wir schräg in das Stativ ein. Dann füllen wir ein zweites Reagenzglas etwa zur Hälfte mit klarem Kalkwasser und bringen es als Vorlage unter das Gasableitungsrohr (Abb. 165). Das Reagenzglas mit dem Magnesiumcarbonat wird einige Minuten lang erhitzt. Zur Beendigung des Versuches ziehen wir das Gasableitungsrohr aus dem Kalkwasser heraus und entfernen erst dann den Brenner.

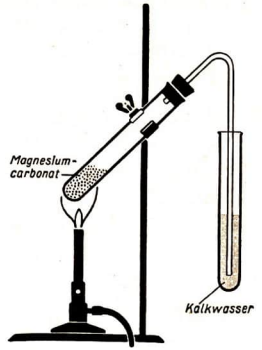


Abb. 165 Zersetzen von Magnesiumcarbonat durch Erhitzen

Versuch S 5: Abbinden von Gips

Gips, Wasser.
Abdampfschale (⌀ 6 cm), Pipette, Glasstab, Thermometer.

Eine Abdampfschale füllen wir zu etwa $\frac{3}{4}$ mit Gips. Mit der Pipette fügen wir einige Tropfen Wasser hinzu und verrühren mit dem Glasstab. In den Gipsbrei tauchen wir ein Thermometer und verfolgen die Temperatur.

Versuch S 6: Entgasen von Rohbraunkohle

Rohbraunkohle, Holzspan.
Reagenzglas, rechtwinklig gebogenes Glasrohr mit Düse, Lochstopfen, Brenner, Stativ.

Ein Reagenzglas wird etwa zur Hälfte mit zerkleinerter, getrockneter Rohbraunkohle gefüllt. Dann verschließen wir das Glas mit einem Lochstopfen, durch den ein zur Düse ausgezogenes, rechtwinklig gebogenes Glasrohr führt, und spannen es waagerecht in ein Stativ ein. Nun wird die Braunkohle im Reagenzglas erhitzt. Nach einiger Zeit entzünden wir das aus der Düse ausströmende Gas mit einem Holzspan (Abb. 166). Wir brechen den Versuch ab, wenn sich die ausströmenden Gase nicht mehr entzünden lassen und untersuchen die Rückstände im Reagenzglas und im Glasrohr.

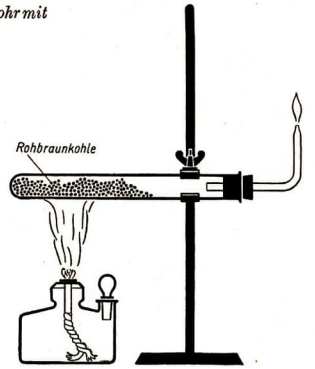


Abb. 166 Entgasen von Rohbraunkohle

Versuch S 7: Wasserglas als Flammenschutzmittel

Wasserglaslösung, 2 Holzspäne.
Reagenzglas, Brenner.

Ein Reagenzglas wird zur Hälfte mit Wasserglaslösung gefüllt. In das Wasserglas tauchen wir einen Holzspan. Nachdem das Wasserglas am Holzspan an der Luft getrocknet ist, halten wir den Holzspan in die Flamme eines Brenners. Zum Vergleich wird auch die Brennbarkeit des unbehandelten Holzspans geprüft.

Versuch S 8: Herstellung von Chloriden aus unedlen Metallen

Magnesium (Drehspäne), Zinkpulver, Eisenpulver, verdünnte Salzsäure.
6 Reagenzgläser, 3 Objektträger, Brenner, Trichter, 3 Rundfilter, Glasstab, Spatel, Reagenzglasständer, Reagenzglashalter.

Wir bringen in ein Reagenzglas einige Magnesiumspäne, in ein zweites eine kleine Spatelspitze Zinkpulver und in ein drittes die gleiche Menge Eisenpulver und übergießen die Metalle mit etwa 3 ml verdünnter Salzsäure. Zur Prüfung der entstehenden Gase werden die Reagenzgläser einige Zeit mit Objektträgern verschlossen. Dann wird die verschlossene Öffnung des Prüfglases der Flamme des Brenners genähert und freigegeben.

Die entstandene Lösung wird von ungelösten Teilchen abfiltriert. Einen Tropfen des klaren Filtrats dampfen wir auf einem Objektträger ein.

Versuch S 9: Herstellung von Kupferchlorid

Kupferoxyd, verdünnte Salzsäure.
Reagenzglasständer, Reagenzglashalter, Reagenzglas, Brenner, Objektträger, Spatel, Glasstab.

Mit dem Spatel wird etwas Kupferoxyd in das Reagenzglas gefüllt und mit etwa 3 ml verdünnter Salzsäure übergossen. Danach erhitzen wir es bis zum schwachen Sieden. Ein Tropfen der Lösung wird mit dem Glasstab auf den Objektträger gebracht und vorsichtig über der Flamme eingedampft.

Versuch S 10: Neutralisation von Natronlauge mit Salzsäure

verdünnte Natronlauge, verdünnte Salzsäure (in Pipettenfläschchen) Phenolphthaleinlösung.
Reagenzglas, Reagenzglasständer.

In dem Reagenzglas werden etwa 3 ml verdünnte Natronlauge mit 2 Tropfen Phenolphthaleinlösung versetzt. Unter ständigem Umschütteln des Reagenzglases gibt man tropfenweise verdünnte Salzsäure aus dem Pipettenfläschchen hinzu, bis der Farbumschlag eintritt.

Versuch S 11: Nachweis von Chloriden

Natriumchlorid, Kalidüngesalz, Natriumsulfat, Silbernitratlösung, destilliertes Wasser.
4 Reagenzgläser, Reagenzglasständer.

Wir stellen in den Reagenzgläsern Lösungen der drei Salze her. Zu jeder Lösung werden einige Tropfen Silbernitratlösung gegeben.

Versuch S 12: Nachweis von Salzsäure

verdünnte Salzsäure, verdünnte Schwefelsäure, Natriumchloridlösung, Silbernitratlösung, blaues Lackmuspapier.
3 Reagenzgläser, Reagenzglasständer.

Verdünnte Salzsäure, verdünnte Schwefelsäure und Natriumchloridlösung werden in Reagenzgläser gegeben. Wir prüfen die drei Stoffe mit blauem Lackmuspapier. Danach werden einige Tropfen Silbernitratlösung zugesetzt.

Tabelle 12
Einige wichtige Elemente

Element	Symbol	Lateinischer oder griechischer Name	Hauptwertigkeiten
Aluminium	Al		III
Antimon	Sb	Stibium	III
Barium	Ba		II
Blei	Pb	Plumbum	II, IV
Bor	B		III
Brom	Br		I
Calcium	Ca		II
Chlor	Cl		I
Chrom	Cr		III, VI
Eisen	Fe	Ferrum	II, III
Gold	Au	Aurum	III
Jod	J		I
Kalium	K		I
Kohlenstoff	C	Carboneum	IV
Kupfer	Cu	Cuprum	I, II
Magnesium	Mg		II
Mangan	Mn		II, IV
Natrium	Na		I
Nickel	Ni		II
Phosphor	P		III, V
Platin	Pt		IV
Quecksilber	Hg	Hydrargyrum	I, II
Sauerstoff	O	Oxygenium	II
Schwefel	S	Sulfur	II, IV, VI
Silber	Ag	Argentum	I
Silicium	Si		IV
Stickstoff	N	Nitrogenium	III, V
Wasserstoff	H	Hydrogenium	I
Zink	Zn		II
Zinn	Sn	Stannum	II, IV