DIE DEUTSCHE FERNSCHULE
LEHRBRIEFE FÜR FERN- UND SELBSTUNTERRICHT
VOLK UND WISSEN VERLAGS GMBH · BERLIN/LEIPZIG

28. Kapitel: Die Laugen

C. Lehrgespräch

Lehrer: Was sind Basen?
Schüler: Basen sind Verbindungen eines Metalles mit der OH-Gruppe.
L.: Wie heißt diese Gruppe, und welche Wertigkeit kommt ihr zu?
S.: Sie heißt Hydroxylgruppe und ist einwertig.
L.: Welchen anderen Gruppen ist sie vergleichbar?
S.: Sie ist den Säureresten vergleichbar, die auch Gruppen innerhalb des Moleküls darstellen; sie ist also ein Radikal.
L.: Wie nennt man die Basen in festem Zustande, und wie heißen ihre Lösungen in Wasser?
S.: Die Basen heißen in festem Zustande Hydroxyde; die wässerigen Lösungen heißen Laugen.
L.: Wie erkennt man die Laugen?
S.: Alle Laugen färben rotes Lackmuspapier blau.

D. Wiederholung

1. Wie lautet die Definition der Basen? [212]
2. Vergleichen Sie Säuren und Basen in ihrem Aufbau und in ihrer Wirkungsweise miteinander! [160] und [212]
3. Wie unterscheiden sich Hydroxyd und Lauge? [209]
4. Welche Erkennungsmittel hat man für Laugen? [212]
5. Welche Basen sind Ihnen bekannt? [211]

E. Prüfungsfragen

1. Wie können Sie Ätznatron erhalten?
2. Welche Verbindungen wirken ätzend auf die Haut?
3. Wie heißt die Formel für Aluminiumhydroxyd?
4. Wieviel OH-Gruppen sind im Molekül der einzelnen Basen vorhanden?
5. Was sind basenbildende Oxyde?
6. Was ist Rost?

1. Wieviel Liter Wasserstoff unter Normalverhältnissen kann man mit Hilfe von 5 g Natrium durch Einwirkung auf Wasser erhalten, wenn ein Liter Wasserstoff 0,09 g wiegt?
2. Wieviel gelöschten Kalk kann man aus 10 g gebranntem Kalk erhalten?

29. Kapitel: Die Salzbildung

C. Lehrgespräch

Lehrer: Welche Methoden für die Darstellung von Salzen kennen Sie?
Schüler: Salze kann man allgemein darstellen
1. aus Metall und Säure,
2. aus Metalloxyd und Säure,
3. aus Säure und Base und
4. durch direkte Synthese, wenn es sich um die Salze von sauerstofffreien Säuren handelt.

L.: Bitte geben Sie hierfür die allgemeinen Gleichungen an!
S.: 1. Metall + Säure ⟶ Salz + Wasserstoffgas,
2. Metalloxyd + Säure ⟶ Salz + Wasser,
3. Base + Säure ⟶ Salz + Wasser und
4. Metall + Nichtmetall ⟶ Salz.

L.: Nun überlegen Sie, wie Sie aus gebranntem Kalk Kalziumchlorid darstellen können!
S.: Gebrannter Kalk ist Kalziumoxyd CaO; Chloride sind die Salze der Salzsäure. Also wenden wir die zweite Methode der Salzbildung an und gießen Salzsäure auf gebrannten Kalk.
L.: Stellen Sie die Gleichung dieser Reaktion auf!
S.:

CaO	+	$2\,HCl$	⟶	$CaCl_2$	+	H_2O
gebrannter Kalk		Salzsäure		Kalzium-chlorid		Wasser

= Kalziumoxyd

L.: Kann man aus gelöschtem Kalk auch Kalziumchlorid erhalten?
S.: Ja. Gelöschter Kalk ist Kalziumhydroxyd, also eine Base, die wir nach der dritten Methode in ein Salz umwandeln können.
L.: Wie heißt in diesem Falle die Gleichung?
S.:

$Ca(OH)_2$	+	$2\,HCl$	⟶	$CaCl_2$	+	$2\,H_2O$
gelöschter Kalk		Salzsäure		Kalzium-chlorid		Wasser

= Kalziumhydroxyd

L.: Diese Art der Umsetzung hat eine bestimmte Bezeichnung; welche meine ich wohl?
S.: Wir haben es hier mit einer Neutralisation zu tun, da aus sauer und basisch reagierenden Ausgangsstoffen zwei neutrale Endprodukte entstehen, die Lackmus weder rot noch blau färben.

D. Wiederholung

1. Was versteht man unter Neutralisation? [218]
2. Wie heißt die allgemeine Neutralisationsgleichung? [217]
3. Auf welchem chemischen Vorgang beruht die Reinigung blind gewordener Kupfergegenstände mit Salzsäure? [214] und [215]
4. Wie heißt die Gleichung für die Bildung von Kochsalz aus Natronlauge und Salzsäure? [217]
5. Wie erhält man aus Magnesiumoxyd Magnesiumchlorid? (Lehrgespräch)

E. Prüfungsfragen

1. Welche drei Namen kennen Sie für das Salz NaCl?
2. Wie kann man Magnesiumsulfat herstellen? (Gleichungen!)
3. Wie heißen die Gleichungen für folgende Neutralisationen:
   a) Kalilauge und Schwefelsäure, b) Kalkwasser und Salzsäure, c) Eisen(3)-hydroxyd und Salzsäure, d) Aluminiumhydroxyd und Schwefelsäure.
4. Wiederholen Sie die Arbeitsstufe D. des 1.–4. Kapitels![1])

F. Übungen

1. Lösen Sie 5 g Ätznatron in Wasser, und neutralisieren Sie die Lösung mit Salzsäure! Wieviel Kochsalz müssen Sie nach dem Eindampfen erhalten?
2. Wieviel g Aluminiumsulfat kann man aus 4 g Aluminium durch Behandlung mit Schwefelsäure erhalten?

30. Kapitel: Allgemeine Regeln über den Ablauf chemischer Reaktionen

C. Lehrgespräch

Lehrer: Wir sprachen schon einmal davon, daß im Haushalt zum Ansäuern der Speisen Essigsäure verwendet wird. Könnten wir hierzu nicht auch Salzsäure verwenden?

Schüler: Nein, denn Salzsäure wirkt stark ätzend.

L.: Und doch ist Salzsäure lebensnotwendig. Wir brauchen sie zur Verarbeitung der Speisen im Körper. Sie ist in 0,3—0,5%iger Lösung im Magensaft enthalten.

S.: Können wir derartig verdünnte Säurelösungen noch mit Lackmuspapier nachweisen?

[1]) Es ist erforderlich, daß Sie nicht nur die vorliegenden Briefe durcharbeiten, sondern daß Sie auch früher behandelte Kapitel wiederholen. Deshalb werden wir Ihnen von Zeit zu Zeit aufgeben, zurückliegende Wiederholungen kapitelweise nochmals zu beantworten. Sie dürfen dabei natürlich nicht die entsprechenden Lehrgangsabschnitte benutzen, sonst würden Sie sich nur einer Selbsttäuschung hingeben.

L.: Selbstverständlich! Legen Sie je einen Streifen Lackmuspapier in konzentrierte und in sehr stark verdünnte Salzsäure! – Was stellen Sie fest?

S.: Der erste Streifen färbt sich tiefrot; der zweite Streifen ist nur ganz schwach gerötet.

L.: Beim Arbeiten mit Säuren im Laboratorium müssen wir sehr vorsichtig sein. Keinesfalls dürfen wir beim Experimentieren immer die Geschmacksprüfungen durchführen, die bei einigen Versuchen in den letzten Kapiteln angeordnet waren, denn bei chemischen Umsetzungen können sich sowohl stark ätzende als auch stark giftige Verbindungen bilden.

S.: Wenn ich aber harmlose Ausgangsstoffe verwende, kann ich doch keine giftigen Endprodukte erhalten!

L.: Nennen Sie mir einmal eine recht harmlose Verbindung!

S.: Kochsalz.

L.: Was entsteht bei der Zerlegung von Kochsalz durch elektrischen Strom?

S.: Chlor und Natrium.

L.: Das Giftgas Chlor und das giftige Leichtmetall Natrium!

S.: Zwei Gifte?! – Wo waren dann die giftigen Eigenschaften im Kochsalz hin?

L.: Denken Sie doch einmal über die Bildung von Verbindungen nach!

S.: Ach richtig! Wir lernten ja: „Beim Zustandekommen einer chemischen Verbindung verschwinden die Ausgangsstoffe und deren Eigenschaften, und völlig neue Stoffe mit neuen Eigenschaften entstehen".

L.: Um Unglücksfälle im Haushalt zu vermeiden, verwenden wir keine starken Säuren für die Speisenzubereitung, sondern begnügen uns mit schwächeren.

S.: Ist Essigessenz auch Essig?

L.: Ja, allerdings ein Essig in starker Konzentration. Schon durch den Bau der Flaschen schützt man die Hausfrauen vor unsachgemäßer Verwendung.

S.: Jetzt fällt mir ein, daß die Flaschen eine Art Zentimetereinteilung tragen, und daß der Essig nur tropfenweise ausfließt.

L.: Die Einteilung dient zur bequemen und sachgemäßen Verdünnung. Das langsame Ausfließen ist notwendig, da konzentrierte Essigsäure ein starkes Gift darstellt.

S.: Sonst verwendet man im Haushalt nur noch Säuren, die zu den schwachen Säuren gehören, z. B. die Zitronensäure und die Weinsteinsäure.

L.: Richtig! Diese Säuren gehören zur Gruppe der organischen Säuren.

S.: Was versteht man darunter?

L.: Früher faßte man als „organische Verbindungen" alle Verbindungen zusammen, die von den Lebewesen erzeugt wurden. Zu den organischen Verbindungen gehören z. B. Holz und Zucker, die von Pflanzen gebildet werden, der Harnstoff, den die Tiere ausscheiden oder das Horn unserer Fingernägel.

S.: Und die Zitronensäure findet sich in den Früchten des Zitronenbaumes?

L.: Ja. Probieren Sie selbst!

S.: Zitronensaft schmeckt sauer. – Und nun der chemische Nachweis: Blaues Lackmuspapier wird leicht gerötet.

L.: Sie brauchen aber nicht nach dem Süden zu gehen, denn die Zitronensäure findet sich auch in den Johannisbeeren, den Heidelbeeren und Preißelbeeren.

D. Wiederholung

1. Wie kann man aus Schwefeleisen die Verbindung Eisen(2)sulfat darstellen? [222]
2. Wie können Sie von einem Salz die zugehörige Säure gewinnen? [222]
3. Warum kann man nach diesem Verfahren nicht Schwefelsäure darstellen? [224]

E. Prüfungsfragen

1. Wir mischen Eisenpulver und Schwefelpulver und erhitzen die Mischung. Was geschieht, wenn wir a) vor dem Erhitzen, b) nach dem Erhitzen Salzsäure zusetzen?
2. Bilden Sie die Gleichungen für folgende chemische Umsetzungen:
   a) für die Einwirkung von Schwefelsäure auf Magnesiumchlorid.
   b) für die Einwirkung von Salzsäure auf Zinksulfid,
   c) für die Einwirkung von Salzsäure auf Aluminium,
   d) für die Einwirkung von Schwefelsäure auf Aluminium,
   e) für die Einwirkung von Salzsäure auf Zinkoxyd.
3. Wiederholen Sie die Arbeitsstufe D. des 5.–6. Kapitels!

F. Übungen

In einer bestimmten Wassermenge sind 0,4 g Natriumchlorid gelöst. Wieviel Silbernitrat muß ich dem Wasser zusetzen, um den gesamten Chlorgehalt als Silberchlorid auszufällen? (Siehe [227] und Versuch 75!)

31. Kapitel: Stickstoff und die Salpetersäure

C. Lehrgespräch

Lehrer: Wir besprachen zuletzt die Salpetersäure. Gehört sie zu den starken oder zu den schwachen Säuren?

Schüler: Die Salpetersäure hat außer den sauren Eigenschaften auch noch oxydierende Eigenschaften. Ich nehme daher an, daß die Salpetersäure die stärkste Säure überhaupt ist.

L.: Ihre Annahme ist nicht ganz richtig, denn unter der „Stärke einer Säure" verstehen wir die Stärke ihrer allgemeinen Säureeigenschaften. Diese ist durch die Wirksamkeit des Wasserstoffs bedingt, wie wir später noch genauer sehen werden. Es handelt sich z. B. um die Stärke der Einwirkung auf Lackmuspapier oder um die Stärke der Wasserstoffentwicklung beim Zusammenbringen der Säure mit Metall.

S.: Und die oxydierende Wirkung zählt nicht mit?

L.: Nein. Die oxydierende Wirkung ist eine spezifische Wirkung der Salpeter-

säure allein. Jede Säure hat außer den allgemeinen Säureeigenschaften auch noch ihre besonderen Eigenschaften und Fähigkeiten, die ihr allein zukommen. So wirkt die Salpetersäure oxydierend.

S.: Die Flußsäure soll doch sogar Glas auflösen!

L.: Ja! Die Flußsäure löst als einzige Säure sowohl das Glas als auch den Kieselstein auf. In bezug auf diese Lösungsfähigkeit könnte man die Flußsäure als die stärkste Säure auffassen, da keine andere Säure den Kieselstein anzugreifen vermag. Trotzdem rechnet die Flußsäure zu den schwachen Säuren im Hinblick auf ihre allgemeinen sauren Eigenschaften. Wir berücksichtigen bei dieser Einteilung nicht ihre besonderen Eigenschaften und Fähigkeiten auf Spezialgebieten.

S.: Demnach unterscheiden wir bei einer Säure

a) ihre allgemein sauren Eigenschaften, nach denen wir die Säuren in starke und schwache Säuren einteilen,

b) ihre besonderen Eigenschaften und Fähigkeiten, die ihre Anwendung in der Praxis weitgehend bestimmen.

L.: Wenden Sie das eben gewonnene Einteilungsprinzip auf die Salpetersäure an!

S.: Die Salpetersäure gehört

a) mit der Salzsäure und der Schwefelsäure zusammen in die Gruppe der starken Säuren,

b) auf Grund ihrer besonderen Eigenschaften in die Gruppe der Oxydationsmittel.

L.: Denken Sie nunmehr an die Versuche mit dem Lackmuspapier!

S.: Die verdünnte Säure färbt Lackmuspapier stark rot (Eigenschaft a), die konzentrierte Säure bleicht den Lackmusfarbstoff (Eigenschaft b).

L.: Also gehört die Salpetersäure auch ...

S.: ... in die Gruppe der Bleichmittel...

L.: ... wie z. B. ...

S.: ... das Chlor.

L.: Gut! – Gehört also auch Chlor zu den Oxydationsmitteln?

S.: Chlor ist ein Element und keine sauerstoffreiche Verbindung wie die Salpetersäure. Es ist nur Oxydationsmittel bei Gegenwart von Wasser. Es entreißt dem Wassermolekül den Wasserstoff und bildet damit Salzsäure. Der Sauerstoff des Wassermoleküls wird frei und oxydiert den Farbstoff zu einem farblosen Oxyd.

L.: Werden Sie nun einen Tintenfleck auf Ihrem Anzuge mit Salpetersäure oder mit Chlor beseitigen?

S.: Nur durch Chlorbleiche.

L.: Warum?

S.: Weil Salpetersäure organische Stoffe nicht nur intensiv gelb färbt, sondern gleichzeitig auch zerstört. – Doch da fällt mir eben ein, daß bei der Chlorbleiche sich auch die starke Salzsäure bildet!

L.: Diese dürfen wir auch nicht lange auf die Faser einwirken lassen. Nach Beendigung der Chlorbleiche müssen wir den Stoff sofort gründlich wässern oder die Wirkung der Salzsäure durch chemische Zusätze vernichten.

D. Wiederholung

1. Woher hat der Stickstoff seinen Namen? [26]
2. Woraus besteht die Luft? [26], [45] und [228]
3. Wie gewinnt man Stickstoff in der Industrie? [57]
4. Wie kann man die Salpetersäure darstellen? – Gleichung! [229]
5. Was ist rote rauchende Salpetersäure? [231]
6. Welche Eigenschaften der Salpetersäure kennen Sie? [231], [232], [233] und [234]

E. Prüfungsfragen

1. Welche Formel hat die Salpetersäure, und welche Wertigkeit hat ihr Säurerest?
2. Welche allgemeine Methode liegt der Darstellung der Salpetersäure zugrunde?
3. Wie ist die oxydierende Eigenschaft der Salpetersäure zu erklären?
4. Was wissen Sie über das Element Stickstoff?
5. Wie können Sie die Salpetersäure erkennen?

F. Übungen

1. Wie können Sie aus Ätznatron Natriumnitrat herstellen?
2. Wieviel Natriumnitrat müßten Sie aus 4 g Ätznatron erhalten?
3. Führen Sie den Versuch praktisch durch, und vergleichen Sie die erhaltene Menge mit der errechneten!

32. Kapitel: Die Einwirkung von Salpetersäure auf Metalle – Die Nitrate

C. Lehrgespräch

Personen: Der Hausarzt Dr. Müller – Hans

Hans kommt wieder zum Arzt. Er kann vor Heiserkeit kaum sprechen. Alle gebräuchlichen Hausmittel wollten bisher nicht verfangen. Die Erkältung will nicht weichen. Die Rachenschleimhaut ist schwer entzündet. Nur mühsam kann Hans heute seine Fragen vorbringen, um seinen Wissensdurst zu befriedigen.

Dr. Müller: Öffnen Sie jetzt den Mund recht weit, damit ich den Schlundpinsel möglichst tief in den Rachen einführen kann!

Hans: Was wollen Sie tun?

Dr.: Wir müssen heute die Rachenschleimhaut mit Höllensteinlösung pinseln!

H.: Höllenstein ist chemisch doch wohl Silbernitrat?

Dr.: Stimmt.

H.: Aber wie kommt das denn zu dem Namen „Höllenstein"? – Muß ich da Höllenpein erdulden?

Dr.: Zu den Annehmlichkeiten des Lebens gehört die Höllensteinpinselung bestimmt nicht. Höllenstein wirkt ätzend auf die Haut ein.

H.: Dann vermehren Sie doch noch die Entzündung!

Dr.: Ich will die sehr kranke Schleimhaut des Rachens wegätzen, damit auf der entstehenden Wundfläche eine neue und hoffentlich gesunde Schleimhaut sich ausbilden kann. Diese ätzende Wirkung des Höllensteins benutzen wir Mediziner auch zu Hautätzungen.

H.: Ich habe schon gehört, daß mit Höllensteinstiften Warzen behandelt werden.

Dr.: Ja. Wir wenden Höllensteinstifte ganz allgemein an, um durch ihre ätzende Wirkung Hautwucherungen zu beseitigen. – Und nun zur Erklärung des Namens. Die Teile der Haut, die mit Höllensteinlösung bestrichen werden, färben sich bei Einwirkung des Tageslichtes tiefschwarz, wie die Hölle nicht schwärzer sein kann.

H.: Da dürfen Sie aber auch keine Lösung auf Ihre Hand verspritzen!

Dr.: Nein, denn dann bekäme ich überall tiefschwarze „Sommersprossen" und „Leberfleckchen", die sich nicht einmal durch Waschen der Hände entfernen lassen.

H.: Da müßten Sie dann Ihr Leben lang mit diesen Flecken herumlaufen?

Dr.: Das nicht. Die Haut erneuert sich ständig durch Abschuppen der alten Teile. So verschwinden im Laufe der Zeit auch die Höllensteinflecke.

H.: Wenn nun die Höllensteinlösung auf Ihren weißen Doktormantel spritzt?

Dr.: So entstehen auch dort tiefschwarze Flecke, wenn Tageslicht darauf fällt.

H.: Und auch diese Flecke gehen bei der Wäsche nicht wieder heraus?

Dr.: Nein, sie sind waschbeständig.

H.: Dann können Sie nach der Wäsche Ihren Mantel an den Flecken wiedererkennen!

Dr.: Nicht nur an den Flecken, sondern vor allem an meinem Namenszug, den ich handschriftlich hier an der Innenseite des Kragens angebracht habe.

H.: Haben Sie den mit schwarzer Tinte geschrieben?

Dr.: Nein, mit Wäschezeichentinte.

H.: Und welcher seltsame Stoff ist denn in der Wäschezeichentinte enthalten?

Dr.: Wäschezeichentinte ist Höllensteinlösung. Mit der farblosen Lösung wird die Wäsche beschriftet und dann dem Sonnenlicht ausgesetzt. Tiefschwarz und dauerhaft erscheint nunmehr die Tintenschrift. Niemand kann mir den Mantel vertauschen, denn die Schrift überdauert unverändert die Wäsche.

H.: Dieser Höllensteinspuk ist ja beinahe ein ebensolches Hexenkunststück wie die Schwarze Kunst der Photographie!

Dr.: Nicht nur beinahe! Es ist derselbe Vorgang! Auch in der Photographie entsteht die Schwärzung durch Lichteinwirkung auf Silberverbindungen.

H.: Aber Silber glänzt doch hell und ist nicht schwarz!

Dr.: Das Licht spaltet das Molekül der Silberverbindung, in diesem Falle des Silbernitrats, wobei das Silber in feinsten Stäubchen ausgeschieden wird. Diese aber erscheinen tiefschwarz. – Andere Silberverbindungen, die sich durch Lichteinwirkung noch leichter spalten lassen als das Silbernitrat,

befinden sich in den lichtempfindlichen Schichten der photographischen Platten, Filme und Papiere und erzeugen dort das schwarze Silberbild, das Sie z. B. auf dieser Röntgenplatte sehen.

H.: Können Sie mir davon nicht noch mehr berichten?

Dr.: Nein! Für heute genug! Denn bei der schweren Halsentzündung dürfen Sie jetzt einige Tage überhaupt nicht mehr reden und daher auch keine Fragen mehr stellen. Ruhe befördert den Heilungsprozeß. – So, und nun wollen wir schnell die Höllensteinätzung durchführen. Mund weit auf!

D. Wiederholung

1. Was entsteht bei der Einwirkung von Salpetersäure auf Kupfer? [235]
2. Welche Metalle werden von Salpetersäure nicht angegriffen? [239]
3. Was ist Scheidewasser? [239]
4. Was ist Königswasser? [240]
5. Wie heißen die Salze der Salpetersäure? [242]
6. Welche Nitrate kommen in der Natur vor? [242]

E. Prüfungsfragen

1. Wie können Sie Salpetersäure nachweisen bzw. erkennen?
2. Wie können Sie mit Hilfe eines Holzstabes Salpetersäure und Schwefelsäure voneinander unterscheiden?
3. Wie können Sie die beiden Salpeterarten voneinander unterscheiden?
4. Was verstehen Sie unter einem „Oxydationsmittel"?
5. Auf welcher Eigenschaft beruht die Verwendung von Silbersalzen in der Photographie?

F. Übungen

1. Wie groß ist der Prozentgehalt an Stickstoff im Kali- und Natronsalpeter?
2. Wie heißen die Gleichungen für den Nachweis von Kaliumchlorid, Kalziumchlorid und Aluminiumchlorid mit Silbernitrat?
3. In einem Liter Leitungswasser wurden mit Silbernitrat 0,5 g Silberchlorid niedergeschlagen. Wie groß ist der Prozentgehalt des Leitungswassers an Chlor und an Kochsalz?

33. Kapitel: Ammoniak und Ammoniumverbindungen

C. Lehrgespräch

Personen: Lehrer; 2 Schüler (Karl und Franz)

Lehrer: Ich hatte die selbständige Durchführung der Versuche 166 und 167 als Aufgabe gestellt. Heute wollen wir die gewonnenen Ergebnisse besprechen. Karl, was haben Sie bei der Durchführung des Versuchs 166 beobachtet?

Karl: Das Lackmuspapier im unteren Teile des Reagenzglases färbte sich rot, das im oberen Teile des Glases hingegen blau.

Franz: Bei mir haben sich die unteren und die oberen Papiere rot gefärbt.

K.: Weil du nicht auf die Vorschrift geachtet hast, vorsichtig und langsam zu erhitzen! Als ich am Ende des Versuches stärker erhitzte, geschah bei mir das gleiche.

L.: Und welche Schlüsse ziehen Sie aus Ihren Beobachtungen, Karl?

K.: Beim vorsichtigen Erwärmen des Salmiaks muß im unteren Teil des Glases eine Säure entstehen und im oberen Teile eine Base vorhanden sein; denn Lackmus ist Gruppenreagens auf Säuren und Basen.

F.: Richtig! Salmiak ist ja eine Additionsverbindung aus Ammoniak und Salzsäure, die beim Erhitzen wieder in ihre Bestandteile zerfällt!

K.: Und dabei entweicht das leichter flüchtige Ammoniakgas und wird an der Glasmündung durch Blaufärbung von Lackmus nachgewiesen...

F.: ... während die weniger flüchtige Salzsäure zunächst im unteren Teile des Glases sich sammelt und dort Lackmus rot färbt.

L.: Wie aber erklären Sie, Franz, Ihr Versuchsergebnis, daß beide Papiere rot gefärbt wurden?

F.: Nachdem ich durch zu starkes Erhitzen das gesamte leicht flüchtige Ammoniak ausgetrieben hatte, krochen die Salzsäuredämpfe in die Höhe und verfärbten auch das obere Lackmuspapier. Durch unvorsichtiges Arbeiten ist mir die Blaufärbung zu Anfang entgangen.

L.: Richtig! Also beim Experimentieren langsam arbeiten und alle Arbeitsvorschriften sorgfältig beachten! –
Was fiel Ihnen bei Durchführung des Versuchs 167 auf?

K.: Im unteren Teile des Glases verschwand das Salmiaksalz und setzte sich im oberen kalten Teil wieder an der Glaswandung an.

L.: In welchem Aggregatzustand?

F.: Es setzte sich als festes Salz an. Der flüssige Aggregatzustand wurde übersprungen; also sublimiert Salmiak.

L.: Denken Sie aber auch an die Beobachtungen beim vorigen Versuch!

K.: Das Salz zerfällt doch beim Erhitzen in Ammoniak und Salzsäure!

L.: Nun also! – Woher kommt dann das Salmiak an der Glasmündung?

K.: Die Zersetzung des Salmiaks ist ein umkehrbarer Vorgang. Ammoniak und Salzsäure haben sich dann beim Abkühlen wieder zu Salmiak vereinigt.

L.: Gut!

F.: Also handelt es sich auch nicht um eine Sublimation. Die Ausgangsverbindung zerfiel in zwei Gase, die sich in der Kälte unter Rückbildung der Ausgangsverbindung wieder vereinigten.

L.: Da die Gase unsichtbar sind, wird hier eine in Wirklichkeit nicht vorhandene Sublimation vorgetäuscht. –
Und nun zur Anwendung von Salmiakkristallen als Lötstein. Beschreiben Sie den Vorgang!

K.: Wir reiben den heißen Lötkolben auf Salmiakstein hin und her.

F.: Dabei zischt es gewaltig; Dampfwolken entstehen. ...

K.: Und in der Nase sticht's!

L.: Richtig! Was ist denn geschehen?
F.: In der Hitze hat sich das Salmiaksalz gespalten.
K.: Ja, und die Ammoniakdämpfe fuhren mir dabei in die Nase.
L.: Aber wozu das alles? Was entstand denn außerdem?
F.: Es muß noch Salzsäure entstanden sein.
L.: Was konnten Sie am Lötkolben beobachten?
K.: Er war erst schwarz und wurde dann blank.
L.: Ja. Die Salzsäure zersetzt die dunkle Oxydhaut der Metalle und wandelt sie in wasserlösliche Metallsalze um. Wollen wir Metalle aneinander löten, so müssen sie zuvor von den oberflächlichen Oxydhäuten befreit werden. Das geschieht durch Salmiak. Sonst würden wir nicht die Metalle, sondern nur die spröden Oxydhäute aneinanderlöten; diese aber würden später wieder abplatzen.

D. Wiederholung

1. Welchen Kreislauf macht der Stickstoff in der Natur durch? [261]
2. Was verstehen Sie unter Additionsverbindungen? [254]
3. Wie kommen die Additionsverbindungen des Ammoniaks zustande? [254]
4. Was verstehen Sie unter chemischem Gleichgewicht, und bei welchen Reaktionen tritt dieses auf? [255]
5. Wozu verwenden Sie Ammoniak? [257]

E. Prüfungsfragen

1. Welche Formel hat Salmiakgeist, und welche Formel hat Salmiak?
2. Wie kann man aus Ammoniak Salmiak herstellen?
3. Was verstehen Sie unter der Ammoniumgruppe?
4. Beim Versuch 163 (Ammoniakspringbrunnen) wurde das Luft-Ammoniak-Gemisch mit gebranntem Kalk getrocknet, während wir früher lernten, daß konzentrierte Schwefelsäure zum Trocknen von Gasen verwendet wird (z. B. beim Versuch 71; Abb. 41). Hat das einen besonderen Grund?
5. Welche Stickstoffdünger sind Ihnen bisher bekannt geworden, und wo kommen sie vor?

F. Übungen

1. Was entsteht, wenn man Salmiakgeist mit Salzsäure, Schwefelsäure und Salpetersäure neutralisiert? – Gleichungen!
2. Wie groß ist der Prozentgehalt an Stickstoff im Ammoniumsulfat und Ammoniumnitrat?
3. Was entsteht, wenn man Salmiak mit Schwefelsäure behandelt?

1. Was geschieht, wenn Säuren mit Laugen zusammentreffen?
2. Welche der bisher besprochenen Elemente haben eine ausgesprochen große Affinität, welche eine ausgesprochen geringe Affinität?
3. Woran können Sie das rein äußerlich feststellen?
4. Was unterscheidet die Salpetersäure in ihrer chemischen Wirksamkeit von den übrigen starken Säuren?
5. Was verstehen Sie unter einem Oxydationsmittel?
6. Wie können Sie Salpetersäure nachweisen?
7. Was ist Königswasser?
8. Wozu dient es?
9. Was ist Scheidewasser? – Erklären Sie den Namen!
10. Wozu verwenden wir die Salpetersäure?
11. Wie heißen die Salze der salpetrigen Säure und der Salpetersäure?
12. Wie heißen die Formeln der beiden Säuren?
13. Wie können Sie Chloride nachweisen?
14. Was ist (NH_4)?
15. Wie verhält sich diese Gruppe?
16. Wie können Sie Salmiak herstellen?
17. Vor mir stehen drei Flaschen mit farblosen Flüssigkeiten. In ihnen sind konz. Salzsäure, konz. Schwefelsäure und konz. Salpetersäure enthalten. Leider habe ich vergessen, die Flaschen zu etikettieren (was bei einem Chemiker nie vorkommen sollte!). Wie kann ich die einzelnen Säuren ermitteln?
18. Was geschieht beim Erhitzen von Kali- oder Natronsalpeter?

34. Kapitel: Die Bindung des Luftstickstoffes

a) Vorbereitende Prozesse

C. Lehrgespräch

Lehrer: Heute wollen wir uns den Generatorofen etwas genauer ansehen, der im Brief 8 auf Abb. 78 dargestellt ist.

Schüler: Was bedeutet das Wort „Generator"?

L.: Das lateinische Wort „generátor" heißt „Erzeuger". Warum wird man diesen Ofen Generator nennen?

S.: Weil der Ofen ein „Gaserzeuger" ist.

L.: Richtig. – Beschreiben Sie bitte den Aufbau des Ofens!

S.: Der Generator ist ein Schachtofen, der unten durch einen Rost abgeschlossen ist. Der Rost ragt treppenförmig in den Schacht hinein.

L.: Der Rost ruht auf einer Aschenschüssel, die mit einem Zahnkranz versehen ist und in langsame Umdrehung versetzt wird. Daher stammt die Bezeichnung „Drehrostgenerator".

S.: Warum dreht sich denn dieser untere Teil des Ofens?

L.: Durch die Drehung rutschen die Verbrennungsrückstände des Kokses gleichmäßig nach unten in die Aschenschüssel hinein, die mit Wasser gefüllt ist. Ein Räumer taucht in die Aschenschüssel ein. An ihm staut sich bei der Drehung die Asche und gelangt auf einer Rutsche in den Aschenkanal.
S.: Dann wird doch die Menge des Kokses im Ofen immer geringer?
L.: Nein. Den oberen Abschluß des Ofens bildet ein Fülltrichter, in dem bereits wieder Koks zum Nachfüllen lagert. Ein Hebeldruck, und dieser Koks rutscht in den Verbrennungsschacht. – Der Drehrostgenerator ist also dauernd in Betrieb...
S.: ... und die heißen, in der Nähe des Rostes sich bildenden Verbrennungsgase wärmen beim Aufsteigen bereits den neu eingefüllten Koks vor.

D. Wiederholung

1. Was sind exotherme und endotherme Reaktionen? [268]
2. Wie wird Generatorgas hergestellt? [266]
3. Was ist Wassergas? [267]
4. Beschreiben Sie den Generatorofen! (Lehrgespräch)

E. Prüfungsfragen

1. Wie wirken die Reduktionsmittel?
2. Welche Vorteile bietet die Herstellung von Mischgas?
3. Welche Gase lösen sich besonders leicht in Wasser?
4. Wiederholen Sie die Arbeitsstufe D. des 7.–11. Kapitels!

F. Übungen

1. Stellen Sie die bisher besprochenen Oxydationsmittel und Reduktionsmittel in einer Tabelle zusammen!
2. Unter welchen Bedingungen löst sich das Kohlendioxyd in Wasser?
3. Nach welchem Prinzip sind die Waschtürme aufgebaut?
4. Begründen Sie diesen Aufbau!

35. Kapitel: Die Bindung des Luftstickstoffes
b) Die Hochdruckkatalyse des Ammoniaks

C. Lehrgespräch

Lehrer: Welche Formel hat das Stickoxyd?
Schüler: NO.
L.: Wie können Sie sich die Bildung der Verbindung vorstellen?
S.: Durch direkte Synthese: $N_2 + O_2 \longrightarrow 2\,NO\uparrow$.

L.: Nun denken Sie, bitte, an die Zusammensetzung der Luft und an die Affinität des Stickstoffs!

S.: In der Luft sind beide Elemente vorhanden; es fehlt aber die Verbindung Stickoxyd. Außerdem hatten wir gelernt, daß bei gewöhnlicher Temperatur die Affinität des Stickstoffs zu anderen Stoffen auffällig gering ist. Also wird die direkte Synthese auf Schwierigkeiten stoßen.

L.: Die direkte Synthese beider Elemente ist eine stark endotherme Reaktion: $42{,}1\ \text{kcal} + N_2 + O_2 \rightleftarrows 2\,NO\uparrow$. Was heißt das?

S.: Die Reaktion läuft nur bei sehr hoher Temperatur ab. Die Gleichung besagt außerdem, daß es sich um eine Gleichgewichtsreaktion handelt. Man muß also das NO abkühlen, damit es nicht wieder rückläufig in seine Bestandteile zerfällt.

L.: Gut. – Die Vereinigung findet in der Temperatur des elektrischen Lichtbogens, bei etwa 3000°, statt.

S.: Dann muß sich Stickoxyd bei Gewittern in der Luft bilden.

L.: Ja, bei Gewittern bilden sich stets Spuren von Stickoxyd.

D. Wiederholung

1. Wie wirken die Katalysatoren? [148]
2. Was verstehen wir unter Kontaktgiften? [271]
3. Schildern Sie den Vorgang der Ammoniakbildung aus Luftstickstoff! [272] und [273]

E. Prüfungsfragen

1. Welche großtechnischen Katalysen lernten Sie bisher kennen?
2. Welche Eigenschaft des Ammoniaks ermöglicht seine Gewinnung in den Ammoniakwäschern?
3. Wiederholen Sie die Arbeitsstufe D. des 12.–13. Kapitels!

F. Übungen

1. Wann sprechen wir von Gleichgewichtsreaktionen?
2. Welche Aufgabe haben die Wärmeaustauschröhren im unteren Teile des Ammoniakkontaktofens?

36. Kapitel: Die Bindung des Luftstickstoffes
c) Salpetersäuregewinnung aus Ammoniak – Stickstoffdüngemittel

C. Lehrgespräch

Lehrer: Abb. 90 zeigt uns die Möglichkeiten zur Herstellung von Stickstoffdünger. Welche Ausgangsstoffe verwenden wir hierzu?

Schüler: Ammoniak oder Salpetersäure.

L.: Nach der Abbildung wird Salpeter aus Salpetersäure gewonnen, während wir früher lernten, daß die Salpetersäure aus Salpeter hergestellt wird. Ist das nicht ein Widerspruch?

S.: In Ländern mit natürlichen Salpeterlagern wird die Säure aus dem Salz gewonnen. In Deutschland haben wir als Rohstoff nur den Luftstickstoff zur Verfügung, gewinnen aus diesem Ammoniak und Salpetersäure und stellen dann aus der Säure das Salz her.

L.: Welche Verbindungen brauchen wir zur Herstellung von Kalisalpeter?

S.: Salpetersäure und Pottasche.

L.: Was ist Pottasche chemisch?

S.: Pottasche ist mir unbekannt. Da aber aus Salpetersäure und Pottasche Kalisalpeter entsteht, muß Pottasche ein Kaliumsalz sein.

L.: Ja, es ist Kaliumkarbonat. Bilden Sie die Formel!

S.: Karbonat ist das Salz der Kohlensäure H_2CO_3. Das einwertige Kalium verdrängt ein Wasserstoffatom. Die Formel des Kaliumkarbonats ist also K_2CO_3.

L.: Geben Sie nun die Reaktionsgleichung für die Herstellung des Kalisalpeters an!

S.:

$$\underset{\substack{\text{Pottasche}\\(=\text{Kaliumkarbonat})}}{K_2CO_3} + \underset{\text{Salpetersäure}}{2\,HNO_3} \longrightarrow \underset{\substack{\text{Kalisalpeter}\\(=\text{Kaliumnitrat})}}{2\,KNO_3} + \underset{\text{Kohlensäure}}{H_2CO_3}$$

Beim Ammonsalpeter sind in der Abbildung zwei Abzweigungen zu sehen. Warum verwendet man den Ammonsalpeter nicht allein?

L.: Ammonsalpeter ist wegen seines hohen Stickstoffgehaltes ein sehr vorteilhafter Stickstoffdünger, aber er ist explosionsgefährlich und sehr stark zerfließlich. Um die explosiven Eigenschaften zu beseitigen und den Dünger streufähig zu machen, werden „Zuschläge" zugesetzt. Wir erhalten dann „Doppelsalze". –
Wie können Sie sich den Namen „Nitrophoska" erklären?

S.: Der Dünger enthält *Nitro*genium (= Stickstoff), *Phos*phor und *Ka*lium.

L.: Warum besteht er gerade aus diesen drei Bestandteilen?

S.: Stickstoff und Kalium haben wir als notwendige Nährstoffe der Pflanzen und außerdem als Mangelstoffe des Ackerbodens kennengelernt. Phosphor wird vermutlich auch zu dieser Gruppe gehören.

L.: Ja. – Phosphor, Kali, Stickstoff und Kalk sind die wichtigsten Pflanzennährstoffe. Kalk ist meist im Erdboden enthalten, so daß den Pflanzen durch künstliche Düngung besonders N, P und K gereicht werden müssen. Nitrophoska ist demnach ein Mischdünger, der alle drei wesentlichsten Bestandteile enthält; man nennt ihn daher auch Volldünger.

S.: Und was enthält „Hakaphos"? – Das Element Ha... ist mir gar nicht bekannt!

L.: Nitrophoska und Hakaphos sind Handelsbezeichnungen, die mit unseren chemischen Symbolen nichts zu tun haben. Ha ist die Abkürzung für den Stickstoffdünger Harnstoff.

S.: Also besteht Hakaphos aus Harnstoff, Kali und Phosphor?

L.: Ja, aus Harnstoff, Kaliumnitrat und Ammoniumphosphat.

D. Wiederholung

1. Welche Stickstoff-Sauerstoff-Verbindungen kennen Sie? [276]
2. Wie unterscheiden sich diese im chemischen Aufbau und äußerlich? [276]

E. Prüfungsfragen

1. Welches ist das häufigste Stickstoffdüngemittel?
2. Nach welchen beiden Verfahren läßt es sich herstellen?
3. Welches Verfahren wird für Deutschland das praktischste sein und warum?
4. Unter welchen Bedingungen verläuft die Synthese des Ammoniaks?
5. Wie nennen wir deshalb das Verfahren in der Technik?

F. Übungen

Stellen Sie die verschiedenen Möglichkeiten der Salpetersäuregewinnung zusammen!

37. Kapitel: Der Phosphor

C. Lehrgespräch

Lehrer: Wir hatten zwei Modifikationen des Phosphors kennengelernt; welche sind dies?
Schüler: Wir lernten den gelben und den roten Phosphor kennen.
L.: Was zeigt sich, wenn ich sowohl gelben als auch roten Phosphor an der Luft liegen lasse?
S.: Der rote Phosphor verändert sich nicht; der gelbe Phosphor raucht an der Luft.
L.: Auch der rote Phosphor verändert sich; allerdings handelt es sich nicht um eine stoffliche Veränderung; er zieht nur den Wassergehalt der Luft an.
S.: Er ist also hygroskopisch; das Pulver klumpt zusammen.
L.: Richtig!
S.: Aber wie ist das Rauchen des gelben Phosphors an der Luft zu erklären?
L.: Das Rauchen ist das äußerlich sichtbare Zeichen der langsamen Oxydation des gelben Phosphors an der Luft.
S.: Ich erinnere mich jetzt; es gibt langsam und schnell verlaufende Oxydationen. Die schnell verlaufende Oxydation heißt auch Verbrennung.
L.: Ja. Unterscheiden sich beide Formen der Oxydation nur durch die Geschwindigkeit des Ablaufes?
S.: Nein. Infolge der großen Temperatursteigerung verläuft die Verbrennung meist unter Licht- und Wärmeentwicklung. – Aber wie ist denn das Leuchten des gelben Phosphors zu erklären? Seine Oberfläche müßte doch sehr heiß werden, damit er leuchten kann.

L.: Die Oberfläche des Phosphors wird nicht so heiß, daß sie leuchtet. Bei der stattfindenden Oxydation wird Energie frei. Ein Teil dieser Energie verwandelt sich bei der langsamen Oxydation des Phosphors in der Kälte in Lichtenergie. Daher leuchtet der Phosphor grünlich.

S.: Bei anderen Körpern unterscheidet man doch Rotglut, Gelbglut und Weißglut. Wir lernten erst neulich, daß Koks im Generatorofen auf Weißglut erhitzt wird.

L.: Sie denken an das Licht, das von heißen Körpern ausgesandt wird. Dabei wird ein Teil der Wärme als Licht ausgesandt. Die Rotglut beginnt bei etwa 500°, geht dann allmählich in die Gelbglut (typisch bei 1100°) und in die Weißglut (über 1300°) über.

S.: Und dies gilt nicht vom Phosphor?

L.: Nein. Außer diesem von der Temperatur abhängigen Leuchten, z. B. beim glühenden Eisen, kann sich Lichtenergie auch noch unabhängig von der Temperatur aus chemischer Energie bilden, wie z. B. beim Phosphor.

S.: Wie kommt dann das Leuchten der Leuchtkäferchen zustande? Wenn man sie anfaßt, sind sie auch nicht heiß; sie leuchten ebenfalls grün. Ist dieses Leuchten auf Phosphorgehalt zurückzuführen?

L.: Das Leuchten der Leuchtkäferchen ist auch ein chemisches Leuchten, hat aber mit dem Phosphor nichts zu tun. Das Meeresleuchten, bedingt durch einzellige Geißeltierchen, das Leuchten der Johanniskäfer und vieler Tiefseefische und das Leuchten des faulenden Holzes ist auf chemische Prozesse, auf langsame Oxydationen organischer Stoffe zurückzuführen. Bei zahlreichen Tieren scheint das Leuchten übrigens durch Leuchtbakterien hervorgebracht zu werden, die auch das Leuchten verwesender Fische und faulenden Fleisches hervorrufen; auch bei ihnen bewirken langsam verlaufende Oxydationsprozesse das Leuchten.

D. Wiederholung

1. Welche Eigenschaften hat der gelbe Phosphor? [283] bis [286]
2. Vergleichen Sie die Eigenschaften des gelben Phosphors mit denen des roten Phosphors, und stellen Sie beide in einer Tabelle gegenüber! [283] bis [286]; [290]
3. Warum kann man Phosphor nicht als Leuchtmasse auf Taschenuhren verwenden? [284], [285] und [286]
4. Welche Regel lernten wir für Stoffumwandlungen kennen, wenn vom Endprodukt unbeständige und beständige Formarten existieren? [289]

E. Prüfungsfragen

1. Warum leuchtet der unter Wasser aufbewahrte gelbe Phosphor im Dunklen [nicht?
2. Wie heißt die Gleichung für die Verbrennung des Phosphors?
3. Löst sich Phosphor in Wasser? Löst er sich in anderen Lösungsmitteln?
4. In welchen Wertigkeitsstufen tritt Phosphor auf?
5. Welchem Element ähnelt also der Phosphor?

F. Übungen

1. Wieviel Phosphorpentoxyd entsteht beim Verbrennen von 5 g gelbem Phosphor und beim Verbrennen von 5 g rotem Phosphor?
2. Wieviel Sauerstoff wird bei dieser Reaktion verbraucht?

38. Kapitel: Die Phosphorverbindungen und die Verwendung des Phosphors

C. Lehrgespräch

Schüler: Wir lernten, daß Phosphor nicht frei in der Natur vorkommt, sondern nur in seinen Verbindungen. Wie hat man überhaupt Elemente entdecken können, die derart verborgen sind?

Lehrer: Die Frage können Sie leicht selbst beantworten, wenn Sie an den Weg der chemischen Forschung denken.

S.: Man begann, die vorgefundenen Stoffe chemisch zu untersuchen.

L.: Weiß man denn, ob es sich bei einem neu entdeckten Stoff um ein Element oder um eine Verbindung handelt?

S.: Nein. Aber man kann versuchen, den Stoff in einfachere Stoffe aufzuspalten.

L.: Wie nennt man dieses Verfahren?

S.: Analyse. – Man versucht den Stoff analytisch zu spalten.

L.: Dabei muß man auf der Hut sein, daß kein Bestandteil als unsichtbares Gas unerkannt entwischt!

S.: Dies könnte man an dem eintretenden Gewichtsverlust bemerken, da das Gewicht der Ausgangsstoffe gleich dem Gewicht der Endprodukte sein muß; wir müßten also eine quantitative Analyse anschließen.

L.: Nicht immer ist man diesen exakten Weg der Forschung gegangen. Lange vor Ausbildung der analytischen Untersuchungsmethoden wurden schon chemische Experimente durchgeführt. Man betrieb die Chemie in der Hoffnung, aus geringwertigen Stoffen Gold herzustellen.

S.: Ja, das waren die Alchimisten!

L.: So arbeitete auch im Jahre 1669 ein deutscher Alchimist an diesem Problem. Er hieß Brandt und war von Beruf Kaufmann. Das Gold sei der edelste Stoff in der Natur; es könne daher auch nur aus dem Edelsten in der Natur, dem Menschen, hervorgehen – so folgerte Brandt. Gold müsse also aus dem Stoff herzustellen sein, der durch den menschlichen Körper hindurchgegangen sei. Er dampfte den Urin ein und destillierte den erhaltenen Rückstand bei starkem Feuer aus einer tönernen Retorte. Er bekam zwar kein Gold, entdeckte aber bei diesem Versuch den Phosphor.

S.: Wie kommt denn der Phosphor in den Urin?

L.: Mit den Nahrungsmitteln nimmt der Mensch auch Phosphorverbindungen auf...

S.: ....und verwendet sie zum Aufbau bestimmter Eiweißverbindungen und zur Bildung der Knochen.

L.: Ein Teil des Phosphorgehaltes wird als Natriumphosphat von den Nieren ausgeschieden und gelangt in den Urin. Bei den Versuchen wurden die Phosphorsalze durch organische Substanzen reduziert, und der Phosphor wurde in Freiheit gesetzt.

S.: Ist im Urin so viel Phosphor enthalten, daß man ihn daraus gewinnen kann?

L.: Nein. Man erhält nur sehr wenig Phosphor. Aber er hat so auffällige Eigenschaften, daß man ihn leicht bemerken kann.

S.: Wozu verwendete Brandt das neu entdeckte Element?

L.: Er zog weit umher, ließ es für Geld sehen und verkaufte kleine Mengen davon zu hohen Preisen, denn er wahrte streng das Geheimnis seiner Herstellung. Doch bereits nach kurzer Zeit wurde der Phosphor auch von Kunckel und von Boyle entdeckt, wodurch die Gewinnungsmethode bekannt wurde. Sie sehen an diesem Beispiel, wie die Alchimisten mit ihren planlos angestellten Experimenten oft zu ganz unbeabsichtigten Entdeckungen kamen.

S.: Ähnlich erging es dem Alchimisten Böttger mit der Erfindung des Porzellans. – Wurde der Phosphor von demselben Boyle entdeckt, der das Gasgesetz fand?

L.: Ja. Es ist der englische Physiker und Chemiker Robert Boyle, der von 1627 bis 1691 lebte. – Wie heißt das Gesetz?

S.: Das Boyle-Mariottesche Gesetz besagt: Das Produkt aus Gasdruck und Gasvolumen ist konstant.

L.: Auch dieses Gesetz ist ein Beispiel dafür, daß wissenschaftliche Forschung vor Landesgrenzen nicht Halt macht; es wurde aufgestellt von dem Engländer Boyle und seinem Zeitgenossen, dem Franzosen Mariotte, der von 1620—1684 lebte. Die wissenschaftliche Forschung ist also im besten Sinne international.

D. Wiederholung

1. Erklären Sie die Vorgänge beim Entzünden des Zündholzes! [296]
2. Welche natürlichen und künstlichen Phosphordüngemittel kennen Sie? [299]
3. Wo finden sich natürliche Lager von Phosphorverbindungen? [297]
4. Woraus wurde Phosphor zuerst hergestellt und von wem? (Lehrgespräch)
5. Wie wird die Phosphorsäure technisch gewonnen? [294]

E. Prüfungsfragen

1. Welche Formel hat die Phosphorsäure, und wie heißen ihre Salze?
2. Bilden Sie die Gleichung für die Herstellung von Phosphorsäure aus Phosphorpentoxyd!
3. Wie heißen die Formeln für Kalium-, Kalzium- und Aluminiumphosphat?
4. Was ist in der Reibfläche der Zündholzschachteln enthalten?
5. Stellen Sie die Trockenmittel, die wir bisher kennengelernt haben, in einer Tabelle zusammen.

1. Wieviel Phosphor enthält das menschliche Skelett, wenn das durchschnittliche Gewicht 11 kg beträgt und sein Gehalt an Kalziumphosphat 58% ist?
2. Wieviel Phosphorsäure können Sie durch Verbrennen von 12 g Phosphor gewinnen?
3. Wieviel Phosphorsäure entsteht bei Behandlung von 25 g Kalziumphosphat mit Schwefelsäure, und wieviel Schwefelsäure benötigen Sie hierzu?



Abb. 5. Landwirtschaftliche Versuchsstation

39. Kapitel: Der Mineralbedarf der Pflanzen und die künstliche Düngung

C. Lehrgespräch

Hans besucht eine Landwirtschaftliche Versuchsstation (Abb. 5) und wird von Dr. Schmidt geführt.

Hans: Wir haben gelernt, daß die Pflanze bestimmte Elemente als Pflanzennährstoffe zu ihrem Aufbau braucht. Wie hat man diesen Bedarf feststellen können, wo doch der Erdboden so viele mineralische Bestandteile enthält?

Dr. Schmidt: Anfangs waren es mehr Vermutungen, die von bekannten Forschern ausgesprochen wurden und nicht unwidersprochen blieben. 1839 setzte sich Sprengel in seinem Buche „Die Lehre vom Dünger" und 1840 auch Liebig in seiner Schrift: „Die Chemie in der Anwendung auf Agrikultur" mit der Lehre von den Pflanzennährstoffen auseinander. Besonders Liebig setzte sich mit der ganzen Autorität seiner Person für eine weite Verbreitung seiner Lehren ein. Der exakte Nachweis wurde z. T. erst später geführt. Die eine Gruppe von Forschern führte die Wachstumsversuche mit Pflanzenkeimlingen in unlöslichen, künstlichen Böden durch, so be-

sonders in gepulvertem, ausgeglühtem Quarz. Eine zweite Gruppe von Forschern (Sachs und Knop) führte die Züchtungsexperimente in Wasserkulturen durch.

H.: Was versteht man unter Wasserkulturen?

Dr.: Die Abbildung 94 zeigt Ihnen eine Serie von Wasserkulturen. Wir ziehen Pflanzen vom gleichen Saatgut in den verschiedensten Nährlösungen groß, deren Zusammensetzung genau bekannt ist. Nun beobachten wir, in welcher Nährlösung die Pflanzen am besten gedeihen, welche Mangelerscheinungen beim Fehlen bestimmter Nährstoffe auftreten und welche Pflanzenteile beim Vorhandensein der einzelnen Nährstoffe besonders üppig entwickelt sind. Zuletzt werden die Pflanzen einer quantitativen Untersuchung unterzogen, wobei die Vermehrung ihrer Trockensubstanz genau festgestellt wird.

H.: Werden den Nährlösungen alle Nährstoffe in gleicher Menge zugesetzt?

Dr.: Nein. In den Versuchen verändern wir auch das Verhältnis der Nährstoffe untereinander. Hierbei zeigt sich, daß ein Stoff, der im Vergleich zu den anderen Nährstoffen nur in geringer Menge vorhanden ist, auch durch den größten Überschuß an anderen Nährstoffen nicht ersetzt werden kann.

H.: Wir haben gelernt, daß der im Minimum vorhandene Nährstoff das Pflanzenwachstum begrenzt.

Dr.: Wie können Sie diesem Übelstande dann abhelfen?

H.: Lediglich durch Vermehrung des im Minimum vorhandenen Stoffes.

Dr.: Sie sehen jetzt auch, welche Bedeutung diese Erkenntnis für die Landwirtschaft hat.

H.: Wenn der Landwirt die Zusammensetzung des Ackerbodens genau kennt, braucht er zunächst nur den Stoff zuzusetzen, der im Minimum vorhanden ist.

Dr.: Sehr richtig. Die Vermehrung eines Nährstoffes wirkt um so günstiger auf das Pflanzenwachstum ein, je näher dieser dem Minimum liegt. Doch nun zu unseren Versuchen. Am einfachsten liegen die Verhältnisse beim Aufbau der Kohlenhydrate und der Eiweißstoffe.

H.: Die Kohlenhydrate bestehen, wie der Name sagt, aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff. Diese Elemente stehen der Pflanze im Kohlendioxyd der Luft und im Bodenwasser zur Verfügung (Abb. 6). Doch woraus besteht das Eiweiß?

Dr.: Das Eiweiß besteht aus den Elementen Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Schwefel und das Kerneiweiß außerdem aus Phosphor (Abb. 7).

H.: Zu seiner Bildung sind also Stickstoffdüngung und Phosphordüngung notwendig, da beides Mangelstoffe im Erdboden sind.

Dr.: Aus der Erfahrung wissen wir, daß Stickstoffdünger das Wachstum der Pflanzen stark fördert und daß besonders die blattreichen Gemüsearten einen hohen Stickstoffbedarf haben (Abb. 92 und 93).

H.: Also müssen wir die verschiedenen Kohlarten und die Salate gut mit Stickstoffdünger versorgen. – Woher kommt aber der Schwefel im Ackerboden?

Dr.: Schwefel findet sich im Boden besonders in den schwefelsauren Salzen. So ist z. B. Gips = Kalziumsulfat weit verbreitet. Schwefel dient nicht nur zum Aufbau des Eiweißes, sondern auch zum Aufbau anderer organi-

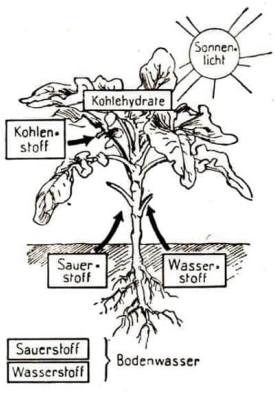


Abb. 6. Die Bildung der Kohlenhydrate

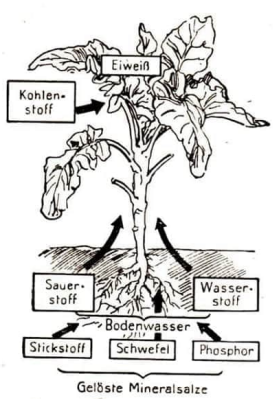


Abb. 7. Die Bildung der Eiweißstoffe

scher Verbindungen. So sind die scharfen, flüchtigen Öle im Meerrettich, im Senf, in der Brunnenkresse und in der Zwiebel schwefelhaltige Verbindungen.

H.: Diese Öle geben den Pflanzen ihren eigentümlichen Geschmack, den wir besonders schätzen. – Wie kommen die Pflanzen in der Natur mit den geringen Phosphormengen des Bodens aus? Es könnte doch sein, daß ein Pflanzenkeimling nicht den nötigen Phosphorbedarf zur Eiweißbildung vorfindet.

Dr.: Auch dafür ist vorgesorgt, denn Phosphor ist lebensnotwendig. In den Speicherorganen der Pflanzen wird Phosphor beizeiten aufgespeichert. So finden wir Phosphorverbindungen in den Wurzeln der Wurzelgemüse und in den Früchten und Samen (Abb. 93).

H.: Hierdurch bekommen die jungen Pflänzchen schon von der Mutterpflanze eine Menge Phosphor mit auf den Weg.

Dr.: Ja. Und der erfrischende Geschmack des Obstes beruht auf seinem Gehalt an Fruchtsäuren, zuckerhaltigen Säften und nicht zuletzt auf seinem Gehalt an Phosphorverbindungen.

H.: Welche Rolle spielt das Kalium im Pflanzenhaushalt?

Dr.: Seine Rolle ist noch nicht ganz geklärt. Es scheint am Aufbau des Protoplasmas beteiligt zu sein und bei der Assimilation mitzuwirken (Abb. 93). Kalisalze heben den Gesundheitszustand der Pflanze und stärken ihre Widerstandskraft gegen Befall durch tierische und pflanzliche Schädlinge.

H.: Eine gute Kalidüngung ist also gleichzeitig bester Pflanzenschutz.

Dr.: In bezug auf den Kalk hat man festgestellt, daß die Blätter mit zunehmendem Alter reicher an Kalksalzen sind. Kalk ist am Aufbau der Zellwände

beteiligt und festigt das Pflanzengerüst. Doch noch in anderer Hinsicht ist Kalk sehr wichtig. Er entsäuert den Boden.

H.: Ist das ein Neutralisationsvorgang?

Dr.: Ja. So bildet z. B. die Schwefelsäure des Ammoniumsulfats mit dem Kalzium das Kalziumsulfat aus und wird dabei chemisch gebunden. Der Kalk bindet aber auch die giftigen Endprodukte des Pflanzenstoffwechsels, wie z. B. die Oxalsäure, die von der Pflanze nicht ausgeschieden werden können. Das oxalsaure Kalzium wird dann in Form von spitzen Kristallnadeln in den Zellen eingelagert (Abb. 8).

H.: Verletzen die Kristallnadeln nicht das Pflanzengewebe?

Dr.: Nicht das Pflanzengewebe; wohl aber bilden sie einen gewissen Schutz gegen Schneckenfraß, doch nicht in allen Fällen. – Auch Sie haben sich schon mit diesen dolchartigen Kristallen beim Essen verletzt, und das hat Ihnen sogar Spaß gemacht!

H.: Unmöglich! Da müßte man sich ja die ganze Zunge zerschneiden, wenn man solche Pflanzenteile ißt!

Dr.: Tatsächlich bohren sich diese Dolche mit beißender Schärfe in die Zunge und in die Rachenschleimhaut. Haben Sie noch nie Rettich gegessen?

H.: Doch, sehr viel.

Dr.: Warum?

H.: Der schmeckt so wunderbar scharf!

Dr.: Hatte er nicht manchmal einen beißenden Geschmack?

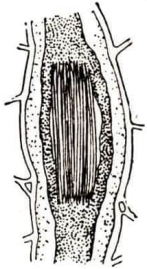


Abb. 8. Kristallnadeln von Kalziumoxalat in einer Pflanzenzelle

H.: Ja, wenn er ganz frisch war.

Dr.: Nun also! Unzählige kleine, spitze Dolche von oxalsaurem Kalzium bohrten sich dabei in Ihre Zunge ein. Und Sie – fanden das angenehm! „Der schmeckt so wunderbar scharf!"

H.: Das ist ja seltsam!

Dr.: Der Geschmack des Menschen geht manchmal seltsame Wege. Doch nun zurück zu unseren Zuchtversuchen. Magnesium und Eisen sind am Aufbau der Blattgrünkörnchen mitbeteiligt. Magnesium finden wir im Blattgrün chemisch gebunden, aber auch das Eisen spielt bei seinem Aufbau eine Rolle. – Sehen Sie diese Pflanze an!

H.: Die ist ja ganz bleich! Sie sieht krank und weiß aus.

Dr.: Ja. In diesem Glase findet sich eine Nährlösung ohne Eisen. Als Mangelkrankheit zeigt sich, daß die Blätter der Pflanze nicht ergrünen können. So verursacht das Fehlen jedes notwendigen Nährstoffes charakteristische Mangelkrankheiten bei den Pflanzen.

D. Wiederholung

1. Welche Elemente sind als Pflanzennährstoffe besonders wichtig? [301]; (Lehrgespräch)
2. Wie kann der Mineralbedarf der Pflanzen experimentell festgestellt werden? (Lehrgespräch)

3. Welche Stickstoffdünger werden in der Landwirtschaft besonders verwendet? [302]; (Abb. 90)
4. Welche Phosphordünger sind Ihnen bekannt? [299]
5. Wo befinden sich die Kalilager Deutschlands? [112]; (Abb. 43)
6. Schildern Sie die Bedeutung Liebigs! [305]

E. Prüfungsfragen

1. Was besagt das Gesetz vom Minimum?
2. Welche Elemente sind die Mangelstoffe des Ackerbodens?
3. Welche Düngemittel erzeugt Deutschland selbst, welche muß es aus dem Auslande einführen?
4. Wer setzte sich besonders für die Anwendung der künstlichen Düngung ein?

F. Übungen

Führen Sie auf einigen Gartenbeeten folgenden Zuchtversuch durch (evtl. Durchführung im kleinen an Topfpflanzen):
Ziehen Sie vom gleichen Saatgut eine größere Anzahl Stecklinge, und wählen Sie zur Anzucht
a) ungedüngte Erde,
b) Erde mit Stallmistdüngung,
c) Erde mit Stickstoffdüngung,
d) Erde mit Volldüngung (Nitrophoska)!
Vergleichen Sie das Pflanzenwachstum unter den angegebenen Bedingungen!

40. Kapitel: Arsen

C. Lehrgespräch

Lehrer: Welche Wertigkeiten zeigt Stickstoff?
Schüler: Stickstoff tritt drei- und fünfwertig auf.
L.: Vergleichen Sie die Wertigkeiten von Stickstoff, Phosphor und Arsen miteinander!
S.: Auch Phosphor und Arsen sind drei- und fünfwertig.
L.: Bilden Sie die Wasserstoffverbindungen dieser drei Elemente!
S.: Stickstoffwasserstoff = Ammoniak NH_3, Phosphorwasserstoff PH_3 und Arsenwasserstoff AsH_3.
L.: Bilden Sie die Oxydformeln für den fünfwertigen Zustand!
S.: N_2O_5, P_2O_5, As_2O_5.
L.: Welche Eigenschaft ist dem Phosphor und dem Arsen, dem Phosphorwasserstoff und dem Arsenwasserstoff gemeinsam?
S.: Die Elemente und ihre Wasserstoffverbindungen sind starke Gifte.
L.: Bilden Sie endlich die Formeln der Phosphorsäure und der Arsensäure!
S.: H_3PO_4 und H_3AsO_4.

L.: Was fällt Ihnen schon bei dieser oberflächlichen Betrachtung auf?
S.: Die Elemente Stickstoff, Phosphor und Arsen zeigen sehr viele Ähnlichkeiten in ihrem chemischen Verhalten.
L.: Diese Tatsache wollen wir uns schon jetzt einprägen. Später werden wir noch genauer auf die Ähnlichkeiten im chemischen Verhalten zu sprechen kommen.

D. Wiederholung

1. Wie wird Arsen gewonnen? [307]
2. In welchen Eigenschaften verhält sich Arsen wie ein Metall? [308] und [309]
3. In welchen Eigenschaften verhält sich Arsen wie ein Nichtmetall? [308] und [309]

E. Prüfungsfragen

1. Was ist Sublimation?
2. Welche beiden Säuren bildet das Arsen?
3. Von welchen Säureanhydriden leiten sich diese Säuren ab?
4. Wie heißen die Salze der beiden Säuren des Arsens?

F. Übungen

Wiederholen Sie noch einmal das 40. Kapitel! Vergleichen Sie die besprochenen physikalischen und chemischen Eigenschaften sowie die Reaktionen des Arsens und seiner Verbindungen mit den entsprechenden Eigenschaften bzw. Reaktionen des Phosphors und Stickstoffs, indem Sie die entsprechenden Lehrabschnitte nachschlagen! Stellen Sie die Ähnlichkeiten und Unterschiede im physikalischen und chemischen Verhalten der drei Elemente zusammen!

G. Gesamtwiederholung (34.–40. Kapitel)

1. Welches ist das wichtigste Verfahren zur Bindung des Luftstickstoffes?
2. Was sind exotherme und endotherme Vorgänge?
3. Was wissen Sie über die Wirkung der Katalysatoren?
4. Welche Katalysatoren haben Sie bisher kennengelernt?
5. Was sind Kontaktgifte?
6. Welcher Prozeß verläuft im a) Wasserstoffkontaktofen,
   b) Ammoniakkontaktofen,
   c) Ostwald-Verbrennungselement?
7. Was ist der Unterschied zwischen Generatorgas und Wassergas?
8. In welchen Apparaturen werden diese Gase hergestellt?
9. Welche Vorteile bietet die Herstellung von Mischgas?
10. Was verstehen Sie unter Hochdruckkatalyse?

11. Nennen Sie die Formel für Ammoniumsulfat!
12. Vergleichen Sie die Formeln von Kaliumsulfat und Ammoniumsulfat miteinander, und entwickeln Sie daraus den Begriff „Ammonium"!
13. Wie unterscheiden sich der rote und der gelbe Phosphor?
14. Wie wird der gelbe Phosphor aufbewahrt? – Warum?
15. Warum werden Kalium und Natrium nicht ebenso aufbewahrt?
16. Wie werden diese Stoffe aufbewahrt?
17. Für welche Stoffe ist Schwefelkohlenstoff ein spezifisches Lösungsmittel?
18. Wozu dient Phosphorpentoxyd?
19. Wie heißen die Salze der Phosphorsäure?
20. Wie lautet die Formel der Phosphorsäure?
21. Bilden Sie die Formel für Kalziumphosphat!
22. Welche Bestandteile setzen die Zündkuppe der Sicherheitszündhölzer zusammen?
23. Was ist Superphosphat, was ist Nitrophoska?
24. Welche wesentlichen Bestandteile sind im Guano enthalten?
25. Wer begründete die moderne Agrikulturchemie?

H. Lösungen

28. Kapitel: Die Laugen

Zu E. Prüfungsfragen

1. Durch Eindampfen von Natronlauge.
2. Ätznatron, Ätzkali, Ätzkalk.
3. $Al(OH)_3$.
4. Soviel OH-Gruppen, wie das Metall der Base Wertigkeiten hat.
5. Metalloxyde, denn sie bilden mit Wasser Basen.
6. Eisenhydroxyd.

Zu F. Übungen

1. $2\,Na + H_2O = Na_2O + H_2\uparrow$

   46 g Natrium liefern 2 g Wasserstoff
   5 g Natrium liefern x g Wasserstoff

   $$x = \frac{5 \cdot 2}{46} \approx 0{,}217$$ Man erhält 0,217 g Wasserstoff.

   0,217 g Wasserstoff sind $0{,}217 : 0{,}09 \approx 2{,}41$ l Wasserstoff.

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

   $56 + 18 = 74$

   56 g gebrannter Kalk ergibt 74 g gelöschten Kalk
   10 g gebrannter Kalk ergibt x g gelöschten Kalk

   $$x = \frac{10 \cdot 74}{56} \approx 13{,}2$$ Man erhält 13,2 g gelöschten Kalk.

29. Kapitel: Die Salzbildung

Zu E. Prüfungsfragen

1. Kochsalz, Chlornatrium, Natriumchlorid.
2. a) Metall + Säure: $Mg + H_2SO_4 \longrightarrow MgSO_4 + H_2\uparrow$
   b) Metalloxyd + Säure: $MgO + H_2SO_4 \longrightarrow MgSO_4 + H_2O$
   c) Säure + Lauge: $Mg(OH)_2 + H_2SO_4 \longrightarrow MgSO_4 + 2\,H_2O$
3. a) $2\,KOH + H_2SO_4 \longrightarrow K_2SO_4 + 2\,H_2O$
   Kalilauge Schwefelsäure Kaliumsulfat Wasser
   b) $Ca(OH)_2 + 2\,HCl \longrightarrow CaCl_2 + 2\,H_2O$
   Kalkwasser Salzsäure Kalziumchlorid Wasser
   c) $Fe(OH)_3 + 3\,HCl \longrightarrow FeCl_3 + 3\,H_2O$
   Eisen(3)hydroxyd Salzsäure Eisen(3)chlorid Wasser
   d) $2\,Al(OH)_3 + 3\,H_2SO_4 \longrightarrow Al_2(SO_4)_3 + 6\,H_2O$
   Aluminiumhydroxyd Schwefelsäure Aluminiumsulfat Wasser
4. Entfällt.

Zu F. Übungen

1. Ätznatron + Salzsäure $\longrightarrow$ Kochsalz + Wasser

   $NaOH + HCl \longrightarrow NaCl + H_2O$

   $40 + 36{,}5 = 58{,}5 + 18$

   40 g NaOH liefern 58,5 g NaCl

   5 g NaOH liefern x g NaCl

   $$x = \frac{5 \cdot 58{,}5}{40} \approx 7{,}3$$

   Wir müssen 7,3 g Kochsalz erhalten.

2. Aluminium + Schwefelsäure $\longrightarrow$ Aluminiumsulfat + Wasserstoff

   $2\,Al + 3\,H_2SO_4 \longrightarrow Al_2(SO_4)_3 + 6\,H\uparrow$

   $54 + 294 = 342 + 6$

   54 g Al liefern 342 g $Al_2(SO_4)_3$

   4 g Al liefern x g $Al_2(SO_4)_3$

   $$x = \frac{4 \cdot 342}{54} \approx 25{,}3$$

   Wir können 25,3 g Aluminiumsulfat erhalten.

30. Kapitel: Allgemeine Regeln über den Ablauf chemischer Reaktionen

Zu E. Prüfungsfragen

1. a) Vor dem Erhitzen liegt ein Gemisch von Schwefel und Eisen vor. Auf Schwefel wirkt Salzsäure nicht ein. Mit dem Eisenpulver reagiert sie unter Bildung von Wasserstoffgas:
   Metall + Säure = Salz + Wasserstoff: $Fe + 3\,HCl \longrightarrow FeCl_3 + 3\,H\uparrow$
   b) Nach dem Erhitzen haben wir die Verbindung Schwefeleisen vor uns. Nunmehr entwickelt die Salzsäure das Schwefelwasserstoffgas:
   $FeS + 2\,HCl \longrightarrow FeCl_2 + H_2S\uparrow$
   Schwefeleisen Salzsäure Eisen(2)chlorid Schwefelwasserstoff

2. a) $MgCl_2 + H_2SO_4 \longrightarrow MgSO_4 + 2\,HCl$
Magnesiumchlorid Schwefelsäure Magnesiumsulfat Salzsäure

b) $ZnS + 2\,HCl \longrightarrow ZnCl_2 + H_2S\uparrow$
Zinksulfid Salzsäure Zinkchlorid Schwefelwasserstoff

c) $Al + 3\,HCl \longrightarrow AlCl_3 + 3\,H\uparrow$
Aluminium Salzsäure Aluminiumchlorid Wasserstoff

d) $2\,Al + 3\,H_2SO_4 \longrightarrow Al_2(SO_4)_3 + 6\,H\uparrow$
Aluminium Schwefelsäure Aluminiumsulfat Wasserstoff

e) $ZnO + 2\,HCl \longrightarrow ZnCl_2 + H_2O$
Zinkoxyd Salzsäure Zinkchlorid Wasser

3. Entfällt.

Zu F. Übungen

Natriumchlorid + Silbernitrat $\longrightarrow$ Silberchlorid + Natriumnitrat
$NaCl + AgNO_3 \longrightarrow AgCl\downarrow + NaNO_3$
58,5 179

Um 58,5 g NaCl niederzuschlagen, braucht man 179 g $AgNO_3$
Um 0,4 g NaCl niederzuschlagen, braucht man x g $AgNO_3$

$$x = \frac{0{,}4 \cdot 179}{58{,}5} \approx 1{,}2$$

Zur Chlorfällung sind $\approx$ 1,2 g Silbernitrat erforderlich.

31. *Kapitel: Stickstoff und die Salpetersäure*

Zu E. Prüfungsfragen

1. HNO_3; $(NO_3)^I$.
2. Das Salz der darzustellenden Säure wird mit einer schwerer flüchtigen Säure, der Schwefelsäure, behandelt.
(Siedepunkt $HNO_3 = 86°$; Siedepunkt $H_2SO_4 = 338°$)
3. Die Moleküle der Salpetersäure zerfallen sehr leicht unter Abgabe von Sauerstoff, der andere Stoffe oxydiert:
$2\,HNO_3 \longrightarrow 2\,NO_2\uparrow + H_2O + O\uparrow$
4. Stickstoff ist ein Nichtmetall, das drei- und fünfwertig auftritt; N hat im allgemeinen bei gewöhnlicher Temperatur eine sehr geringe Affinität zu anderen Elementen.
5. a) Durch ihren Zerfall. Die entstehenden NO_2-Dämpfe färben die Säure gelb bis rotbraun und sammeln sich im Gasraum der Flasche über der Säure an.
b) Durch Zusammenbringen mit organischen Stoffen; diese werden gelb gefärbt.

Zu F. Übungen

1. Durch Einwirkung von Salpetersäure auf Natronlauge.
2. Molekulargewicht Ätznatron $NaOH = 23 + 16 + 1 = 40$
Molekulargewicht Natriumnitrat $NaNO_3 = 23 + 14 + 3 \cdot 16 = 85$

$$NaOH + HNO_3 \longrightarrow NaNO_3 + H_2O$$
$$40 \qquad\qquad 85$$

40 g NaOH ergeben 85 g $NaNO_3$
4 g NaOH ergeben x g $NaNO_3$

$$x = \frac{4 \cdot 85}{40} = 8{,}5$$ Wir müssen 8,5 g Natriumnitrat erhalten.

3. Wir lösen 4 g Ätznatron in Wasser und erhalten Natronlauge; diese neutralisieren wir mit Salpetersäure in einer Porzellanschale, deren Gewicht wir vorher bestimmt haben. Durch vorsichtiges Eindampfen erhalten wir das reine Natriumnitrat. Wägen wir jetzt die Schale wieder, und ziehen wir von der gefundenen Zahl das Gewicht der Schale ab, so erhalten wir die Menge des gebildeten Natriumnitrats.

32. *Kapitel: Die Einwirkung von Salpetersäure auf Metalle – Die Nitrate*

Zu E. Prüfungsfragen

1. a) Durch Zerfall der Säure (Gelbfärbung der Säure; Ansammlung rotbrauner Dämpfe über der Flüssigkeit),
   b) durch Gelbfärbung organischer Stoffe,
   c) durch Entwicklung von rotbraunem Stickstoffdioxyd beim Erhitzen mit Kupfer.
2. Der Holzstab wird durch Schwefelsäure dunkelbraun gebeizt, durch Salpetersäure intensiv gelb gefärbt.
3. Durch Flammenfärbung. Natronsalpeter färbt die Flamme gelb (Na), Kalisalpeter violett (K).
4. Oxydationsmittel sind sauerstoffreiche Verbindungen. Sie geben leicht Sauerstoff ab, oxydieren mit diesem andere Stoffe und werden hierbei selbst reduziert.
5. Die Moleküle der Silbersalze werden durch Lichteinwirkung zerstört, wobei feinst verteiltes Silber entsteht (Schwarzfärbung).

Zu F. Übungen

1. Molekulargewicht Kalisalpeter $KNO_3 = 39 + 14 + 3 \cdot 16 = 101$.
   101 g Kalisalpeter enthalten 14 g Stickstoff.
   $101 : 14 = 100 : x$; $\quad x = 1400 : 101 \approx 13{,}9$.
   Molekulargewicht Natronsalpeter $NaNO_3 = 85$.
   $85 : 14 = 100 : x$; $\quad x = 1400 : 85 \approx 16{,}5$.
   Kalisalpeter enthält 13,9%, Natronsalpeter 16,5% Stickstoff.
2. $KCl + AgNO_3 \longrightarrow AgCl\downarrow + KNO_3$
   Kaliumchlorid Silbernitrat Silberchlorid Kaliumnitrat
   $CaCl_2 + 2\,AgNO_3 \longrightarrow 2\,AgCl\downarrow + Ca(NO_3)_2$
   Kalziumchlorid Silbernitrat Silberchlorid Kalziumnitrat
   $AlCl_3 + 3\,AgNO_3 \longrightarrow 3\,AgCl\downarrow + Al(NO_3)_3$
   Aluminiumchlorid Silbernitrat Silberchlorid Aluminiumnitrat

3. $NaCl + AgNO_3 \longrightarrow AgCl\downarrow + NaNO_3$
$23 + 35{,}5 \qquad 108 + 35{,}5$
$58{,}5 \qquad 143{,}5$
143,5 g AgCl entsprechen 58,5 g NaCl oder 35,5 g Cl
0,5 g AgCl entsprechen x g NaCl oder y g Cl

$$x = \frac{0{,}5 \cdot 58{,}5}{143{,}5} \approx 0{,}2 \qquad y = \frac{0{,}5 \cdot 35{,}5}{143{,}5} \approx 0{,}1$$

10 g in 1000 cm³ Wasser = 1%
0,1 g in 1000 cm³ Wasser = z%

$$z = \frac{0{,}1 \cdot 1}{10} = 0{,}01$$

In dem geprüften Leitungswasser sind 0,02% Kochsalz bzw. 0,01% Chlor enthalten.

33. Kapitel: Ammoniak und Ammoniumverbindungen

Zu E. Prüfungsfragen

1. Salmiakgeist hat die Formel NH_4OH, Salmiak NH_4Cl.
2. Durch Zusammenbringen von Ammoniakdämpfen mit Salzsäuredämpfen. Es bildet sich die Additionsverbindung Salmiak:
$NH_3 + HCl \longrightarrow NH_4Cl$.
3. Die Ammoniumgruppe (NH_4) ist ein einwertiges Radikal, das sich wie ein einwertiges Leichtmetall (K, Na) verhält.
4. Ja. Ammoniak verbindet sich mit Schwefelsäure zu Ammoniumsulfat:
$2\,NH_3 + H_2SO_4 \longrightarrow (NH_4)_2SO_4$ (NH_3 verschwindet!)
Gebrannter Kalk hingegen nimmt den Wassergehalt auf und geht in gelöschten Kalk über: $CaO + H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2$.
5. a) Chilesalpeter in den Salpeterlagern Chiles,
b) Guano auf peruanischen Küsteninseln,
c) Indischer Salpeter als Wüstenausblühung Indiens und Nordafrikas,
d) Ammoniumsulfat als Nebenprodukt der Gaswerke,
e) Kalksalpeter im Erdboden und Kompost; als Mauerfraß an Stallwänden

Zu F. Übungen

1. Ammoniumchlorid: $NH_4OH + HCl \longrightarrow NH_4Cl + H_2O$
Ammoniumsulfat: $2\,NH_4OH + H_2SO_4 \longrightarrow (NH_4)_2SO_4 + 2\,H_2O$
Ammoniumnitrat: $NH_4OH + HNO_3 \longrightarrow NH_4NO_3 + H_2O$
2. Molekulargewicht Ammoniumsulfat $(NH_4)_2SO_4$
$= 2 \cdot (14 + 4 \cdot 1) + 32 + 4 \cdot 16 = 132$.
132 g Ammoniumsulfat enthalten 28 g Stickstoff.
$132 : 28 = 100 : x; \qquad x = 2800 : 132 \approx 21{,}2$
Molekulargewicht Ammoniumnitrat $NH_4NO_3 = 14 + 4 \cdot 1 + 14 + 3 \cdot 16 = 80$
$80 : 28 = 100 : x; \qquad x = 2800 : 80 \approx 35$
Ammoniumsulfat enthält 21,2% N, Ammoniumnitrat 35% N.
3. Salmiak + Schwefelsäure $\longrightarrow$ Ammoniumsulfat + Salzsäure
$2\,NH_4Cl + H_2SO_4 \longrightarrow (NH_4)_2SO_4 + 2\,HCl$

Zu G. Gesamtwiederholung (28.–33. Kapitel)

1. Es erfolgt eine Neutralisation. Beide vereinigen sich zu Salz und Wasser.
2. Allgemein große Affinität haben Kalium, Natrium, Chlor; allgemein geringe Affinität hat Stickstoff; keine Affinität zeigen die Edelgase.
3. Die Elemente mit geringer Affinität finden sich elementar, die Elemente mit großer Affinität kommen nur in Verbindungen vor.
4. Sie zerfällt leicht unter Sauerstoffabspaltung, wirkt also stark oxydierend.
5. Oxydationsmittel sind sauerstoffreiche Verbindungen, die leicht O abgeben und andere Stoffe oxydieren.
6. Durch Erhitzen mit Kupfer; es bilden sich rotbraune Wolken von NO_2.
7. Königswasser ist eine Mischung von 1 Teil HNO_3 konz. + 3 Teilen HCl konz.
8. Es dient zum Lösen von Gold und Platin (Überführung in lösliche Chloride).
9. Scheidewasser ist Salpetersäure. Sie löst Silber, aber nicht das Gold.
10. Als Glanzbeize von Kupfer und Messing und zum Ätzen von Kupferdruckplatten.
11. Die Salze der salpetrigen Säure sind die Nitrite, die Salze der Salpetersäure die Nitrate.
12. Salpetrige Säure HNO_2, Salpetersäure HNO_3.
13. Durch Silbernitrat. Es bildet sich ein weißer, käsiger Niederschlag von AgCl.
14. (NH_4) ist ein Radikal; es ist die einwertige Ammoniumgruppe.
15. Sie verhält sich wie ein einwertiges Leichtmetall (Na); sie bildet also auch Basen und Salze.
16. Durch Zusammenbringen von Ammoniakdämpfen und Salzsäuredämpfen.
17. a) Konzentrierte *Salzsäure* raucht an der Luft. Wenn Sie die Flasche öffnen und Luft über ihren Hals hinwegblasen, entstehen weiße Nebel von Salzsäuretröpfchen. Bei Annäherung eines Glasstabes mit einem Tropfen Salmiakgeist bilden sich weiße Salmiaknebel.
    b) Die konzentrierte *Schwefelsäure* erkennen Sie am Gewicht der Flasche (doppelt so schwer wie die anderen Flaschen bei gleicher Füllung!). Beim Eintauchen eines Holzspanes wird dieser dunkelbraun gebeizt.
    c) Die konzentrierte *Salpetersäure* ist meist durch NO_2 schwach gelb oder rotbraun gefärbt; NO_2 sammelt sich als rotbraunes Gas über der Säure. Beim Eintauchen des Holzstabes wird dieser gelb gefärbt.
18. Es wird Sauerstoff abgespalten (Aufflammen eines glimmenden Spanes). Salpeter ist also ein Oxydationsmittel.

34. Kapitel: Die Bindung des Luftstickstoffes

a) Vorbereitende Prozesse

Zu E. Prüfungsfragen

1. Reduktionsmittel entziehen anderen Verbindungen den Sauerstoffgehalt und reduzieren diese Verbindungen; sie selbst werden hierbei oxydiert.

2. Bei der Herstellung von Mischgas wird eine endotherme Reaktion (Wassergasbereitung) mit einer exothermen Reaktion (Generatorgasbereitung) gekoppelt. Hierdurch wird Energie eingespart.
3. Ammoniakgas und Salzsäuregas. Mit ihnen haben wir die Springbrunnenversuche angestellt.
4. Entfällt.

Zu F. Übungen

1.

Oxydationsmittel	Reduktionsmittel
Sauerstoff	Wasserstoff
Kaliumpermanganat	Magnesium
Braunstein	Schweflige Säure
Chlor bei Gegenwart von Wasser	Natriumsulfit
Salpetersäure	Kohlenstoff
Nitrate	

2. Kohlendioxyd löst sich in Wasser bei Druck und in der Kälte. (Anwendung: Kohlensäurewäscher).
3. Die Waschtürme sind nach dem Gegenstromprinzip aufgebaut.
4. Die Reaktionsgase kommen mit immer reinerem Lösungsmittel (Wasser) in Berührung. Durch das überall vorhandene Konzentrationsgefälle werden selbst die letzten Spuren des zu lösenden Gases aufgenommen.

35. *Kapitel: Die Bindung des Luftstickstoffes*

b) Die Hochdruckkatalyse des Ammoniaks

Zu E. Prüfungsfragen

1. a) Die synthetische Hochdruckkatalyse des Ammoniaks nach Haber-Bosch,
   b) die katalytische Oxydation von Kohlenmonoxyd durch Wasserdampf im Wasserstoffkontaktofen,
   c) die Schwefelsäureherstellung nach dem Kontaktverfahren.
2. Ammoniak löst sich sehr leicht in Wasser (Ammoniakspringbrunnen). Wenn NH_3 im Ammoniakwäscher im Gegenstrom durch Wasser perlt, wird es vom Wasser zu Ammoniakwasser (Salmiakgeist) gelöst.
3. Entfällt.

Zu F. Übungen

1. Wenn eine Reaktion in Abhängigkeit von der Temperatur sowohl nach rechts, als auch nach links verlaufen kann, sprechen wir von einer Gleichgewichtsreaktion. Je nach der Temperatur bildet sich ein Gleichgewichtszustand zwischen Ausgangsstoffen und Endprodukten heraus.
2. Die Wärmeaustauschröhren dienen der Energieeinsparung und gleichzeitig der Kühlung. Die Synthese des Ammoniaks ist eine exotherme Reaktion. Die entstehenden Heißgase geben ihren Wärmegehalt an das eintretende Reingas ab und wärmen dieses auf Reaktionstemperatur vor.

Vorteile:

a) Die Reingase brauchen nicht durch Energiezufuhr erhitzt zu werden.
b) Die Heißgase werden abgekühlt (Kühlerfunktion).

36. *Kapitel: Die Bindung des Luftstickstoffes*

c) Salpetersäuregewinnung aus Ammoniak – Stickstoffdüngemittel

Zu E. Prüfungsfragen

1. Ammoniumsulfat $(NH_4)_2SO_4$.
2. a) Durch Einleiten von Ammoniak in Schwefelsäure,
   b) durch das Gips-Ammonsulfat-Verfahren.
3. Das Gips-Ammonsulfat-Verfahren. – Es geht von dem deutschen Rohstoff Gips aus, während die Schwefelsäure aus Eisenkies hergestellt wird, den wir aus dem Auslande einführen müssen.
4. Unter hohem Druck und hoher Temperatur und bei Anwesenheit von Katalysatoren.
5. Hochdruckkatalyse.

Zu F. Übungen

a) Übergießen von Kalisalpeter oder Natronsalpeter mit Schwefelsäure:
$2\,KNO_3 + H_2SO_4 \longrightarrow K_2SO_4 + 2\,HNO_3$.

b) Katalytische Verbrennung von Ammoniak nach dem Ostwaldverfahren:

$$4\,NH_3 + 5\,O_2 \xrightarrow[\text{lysator}]{\text{Kata-}} 4\,NO\uparrow + 6\,H_2O$$

$$2\,NO + O_2 \longrightarrow 2\,NO_2\uparrow$$

$$2\,NO_2 + H_2O + (O) \longrightarrow 2\,HNO_3.$$

c) Die Oxydation des Luftstickstoffes im elektrischen Lichtbogen (Birkeland-Eyde-Verfahren; Schönherr-Verfahren):

$$N_2 + O_2 \xrightarrow{3000°} 2\,NO\uparrow$$

$$2\,NO + O_2 \longrightarrow 2\,NO_2\uparrow$$

$$2\,NO_2 + H_2O + (O) \longrightarrow 2\,HNO_3.$$

37. *Kapitel: Der Phosphor*

Zu E. Prüfungsfragen

1. Weil durch Luftabschluß die Oxydation verhindert wird.
2. $4\,P + 5\,O_2 \longrightarrow 2\,P_2O_5$ (s. Anm. 3, S. 182).
3. Phosphor löst sich nicht in Wasser. Gelber Phosphor löst sich in Schwefelkohlenstoff. Roter Phosphor löst sich auch in CS_2 nicht.
4. P^{III}; P^{V}.
5. Phosphor ähnelt dem Stickstoff.

Zu F. Übungen

1. $2\,P + 5\,O \longrightarrow P_2O_5$
   $62 + 80 = 142$
   Aus 62 g P entstehen 142 g P_2O_5 bei einem Verbrauch von 80 g O
   Aus 5 g P entstehen x g P_2O_5 bei einem Verbrauch von y g O

$$x = \frac{5 \cdot 142}{62} \approx 11{,}45 \qquad y = \frac{5 \cdot 80}{62} \approx 6{,}45$$

   Beim Verbrennen von 5 g gelbem Phosphor entsteht 11,45 g P_2O_5. Die gleiche Menge entsteht beim Verbrennen von 5 g rotem Phosphor.
2. Hierbei wird 6,45 g Sauerstoff verbraucht.

38. *Kapitel: Die Phosphorverbindungen und die Verwendung des Phosphors*

Zu E. Prüfungsfragen

1. Phosphorsäure H_3PO_4; ihre Salze sind die Phosphate.
2. $P_2O_5 + 3\,H_2O \longrightarrow 2\,H_3PO_4$.
3. Kaliumphosphat K_3PO_4; Kalziumphosphat $Ca_3(PO_4)_2$, Aluminiumphosphat $AlPO_4$.
4. In der Reibfläche findet sich roter Phosphor.
5. Kalziumchlorid, konzentrierte Schwefelsäure, Phosphorpentoxyd (am wirksamsten), gebrannter Kalk (für Ammoniak!).

Zu F. Übungen

1. 58% von 11 kg sind $58 \cdot 11 : 100 = 6{,}38$ kg. Das Skelett enthält 6,38 kg Kalziumphosphat.
   Molekulargewicht $Ca_3(PO_4)_2 = 3 \cdot 40 + 2 \cdot (31 + 4 \cdot 16) = 310$.
   Die Phosphormenge findet man aus der Verhältnisgleichung
   $310 : 62 = 6{,}38 : x; \qquad x = 62 \cdot 6{,}38 : 310 = 1{,}28$
   Das menschliche Skelett enthält 1,28 kg Phosphor.
2. $2\,P + 5\,O \longrightarrow P_2O_5$
   $P_2O_5 + 3\,H_2O \longrightarrow 2\,H_3PO_4$
   62
   62 g P ergeben 196 g H_3PO_4
   12 g P ergeben x g H_3PO_4

$$x = \frac{12 \cdot 196}{62} \approx 38$$

   Es entstehen 38 g Phosphorsäure.
3. $Ca_3(PO_4)_2 + 3\,H_2SO_4 \longrightarrow 3\,CaSO_4 + 2\,H_3PO_4$
   $310 + 294 = 408 + 196$
   Aus 310 g $Ca_3(PO_4)_2$ entstehen 196 g H_3PO_4 bei 294 g H_2SO_4-Verbrauch
   Aus 25 g $Ca_3(PO_4)_2$ entstehen x g H_3PO_4 bei y g H_2SO_4-Verbrauch

$$x = \frac{25 \cdot 196}{310} \approx 15{,}8 \qquad y = \frac{25 \cdot 294}{310} \approx 23{,}8$$

   Es entstehen 15,8 g Phosphorsäure. Der Schwefelsäureverbrauch beträgt 23,8 g.

39. Kapitel: Der Mineralbedarf der Pflanzen und die künstliche Düngung

Zu E. Prüfungsfragen

1. Der im Minimum im Erdboden vorhandene Pflanzennährstoff wirkt auf das Pflanzenwachstum als begrenzender Faktor ein.
2. Die Mangelstoffe sind Stickstoff, Phosphor und Kalium.
3. Deutschland hat reiche Bodenschätze an Kalisalzen; es ist Selbsterzeuger für Stickstoffverbindungen durch die Bindung des Luftstickstoffes. – Phosphorverbindungen muß Deutschland einführen.
4. Der deutsche Chemiker Justus von Liebig, der Begründer der modernen Agrikulturchemie, der von 1803–1873 lebte.

Zu F. Übungen

(Kulturversuch)

40. Kapitel: Arsen

Zu E. Prüfungsfragen

1. Das Überspringen eines Aggregatzustandes (Übergang gasförmig ⟶ fest oder fest ⟶ gasförmig).
2. Die arsenige Säure H_3AsO_3 und die Arsensäure H_3AsO_4.
3. Vom Arsentrioxyd As_2O_3 und vom Arsenpentoxyd As_2O_5.
4. Die Arsenite und die Arsenate.

Zu F. Übungen

(mündliche Aufgabe)

Zu G. Gesamtwiederholung (34.–40. Kapitel)

1. Die Haber-Bosch-Ammoniak-Synthese.
2. Bei exothermen Vorgängen wird Wärme frei, bei endothermen Vorgängen wird Wärme gebunden (verbraucht).
3. Katalysatoren wirken beschleunigend auf eine Reaktion ein, ohne sich selbst stoffmäßig und mengenmäßig an ihr zu beteiligen.
4. Platin, Platinasbest, Eisen, Eisenoxyd, Aluminiumoxyd, Wismutoxyd.
5. Kontaktgifte vernichten die katalytische Wirkung von Katalysatoren. Die Vergiftung von Lebewesen beruht oft auf Vernichtung der katalytischen Wirkung organischer Katalysatoren.
6. a) Die katalytische Oxydation von Kohlenmonoxyd durch Wasserdampf.
   b) Die katalytische Synthese des Ammoniaks.
   c) Die katalytische Verbrennung von Ammoniak zu Stickoxyd.
7. Generatorgas ist ein Gemisch von CO und N; Wassergas ist ein Gemisch von CO + H.
8. Beide Gase werden in Generatoröfen hergestellt.
9. Bei der Herstellung von Mischgas wird Energie eingespart, indem der endotherme Vorgang der Wassergasherstellung mit dem exothermen Vorgang der Generatorgasherstellung gekoppelt wird.

10. Eine Katalyse unter hohem Druck (und bei hoher Temperatur).
11. $(NH_4)_2SO_4$.
12. K_2SO_4 : $(NH_4)_2SO_4$. Der Säurerest der Schwefelsäure ist an zwei Kaliumatome oder an zwei Ammoniumgruppen gebunden. Also verhält sich die (NH_4)-Gruppe wie ein einwertiges Leichtmetall; sie ist ein einwertiges Radikal.
13. Gelber Phosphor ist chemisch sehr aktiv, oxydiert an der Luft, leuchtet, ist giftig, ist löslich in CS_2 und entzündet sich bei 60°. Roter Phosphor ist weniger aktiv, oxydiert und leuchtet nicht, ist ungiftig, unlöslich und entzündet sich erst bei 400°.
14. Unter Wasser. – Abschluß vom Sauerstoff der Luft zur Verhinderung der Oxydation.
15. Weil sie mit Wasser chemisch unter Laugenbildung reagieren.
16. Unter Petroleum (ebenfalls Luftabschluß).
17. Für Schwefel und gelben Phosphor.
18. Als Trockenmittel (hygroskopische Verbindung).
19. Phosphate.
20. H_3PO_4.
21. $Ca_3(PO_4)_2$.
22. Oxydationsmittel (Kaliumchlorat u. a.) + leicht brennende Metallsulfide.
23. Superphosphat ist ein Gemisch von wasserlöslichem Kalziumphosphat mit Gips, Nitrophoska ein Stickstoff-Phosphor-Kalium-Mischdünger.
24. Im Guano findet sich Kalziumphosphat gemischt mit harnsauren Salzen.
25. Der deutsche Chemiker Justus von Liebig.

Best.-Nr. 16330/9
Lizenz Nr. 334
1000/48-II 183

Verfaßt von einer Autoren-Arbeitsgemeinschaft der Gewerkschaft der Lehrer und Erzieher im FDGB. Leipzig - Schriftleitung: Albert Först, Leipzig - Satz: Offizin Haag-Drugulin in Leipzig (M 103) – Druck: Bonneß & Hachfeld, Potsdam (Reg.8) A 56

Arbeitsplan für die Chemie-Briefe 7–9

Tragen Sie das Datum des Tages, an dem Sie den betreffenden Punkt der Studienanweisung erledigt haben, in das dafür vorgesehene Feld ein:

Arbeitsstufen:	1 A	2 B	3 C	4 D	5 E	6 F	7 B	8 G	9 H	10 K
28. Kapitel								–		–
29. Kapitel								–		–
30. Kapitel								–		–
31. Kapitel								–		–
32. Kapitel								–		–
33. Kapitel										
34. Kapitel								–		–
35. Kapitel								–		–
36. Kapitel								–		–
37. Kapitel								–		–
38. Kapitel								–		–
39. Kapitel								–		–
40. Kapitel										

In Druckschrift ausfüllen

Name _____

Vorname _____

Jetziger Beruf _____

Berufsziel _____

Alter _____

Land _____

Wohnort _____

Straße u. Nr. _____

Datum _____

An die

LANDESFERNSCHULE

in

_____

Teilnahme am Fernunterricht

1. Entsprechend Ihrem Wohnort wenden Sie sich an eine der fünf Landesfernschulen: Erfurt, Halle, Leipzig, Potsdam oder Schwerin.

2. Liegt Ihr Wohnort außerhalb der sowjetrussischen Zone, ist die Landesfernschule Sachsen in Leipzig zuständig.

3. Die Teilnahme am brieflichen Einzelunterricht ist kostenlos, wenn Sie die Aufgaben durch die anhängende Postkarte anfordern.

4. Studienfreunde dagegen, welche die Briefe nicht selbst beziehen, können Aufgaben nur dann erhalten, wenn sie der Bestellung RM 1.50 beifügen.

DIE DEUTSCHE FERNSCHULE

_____ am _____

An die Landesfernschule in _____

Ich habe die Briefe Chemie 7–9 durchgearbeitet und bitte um passende Aufgaben.
Ich verpflichte mich, die Lösungen innerhalb von 10 Tagen der Landesfernschule zur Begutachtung und Korrektur einzusenden.

Unterschrift:

Anschrift:

DIE DEUTSCHE FERNSCHULE
LEHRBRIEFE FÜR FERN- UND SELBSTUNTERRICHT
VOLK UND WISSEN VERLAGS GMBH · BERLIN/LEIPZIG

41. Kapitel: Der Kohlenstoff

A. Lehrgang

[312] **Kohlenstoff als Bestandteil organischer Stoffe.** Die organischen Verbindungen sind Kohlenstoffverbindungen.

● Versuch 168: Erhitzen organischer Stoffe unter beschränktem Luftzutritt. *Erhitzen Sie in einem kleinen Porzellantiegel nacheinander etwas Zucker, Mehl, Holz, Knochen, Kork und Fleisch (Abb. 96)! Es bleibt stets eine schwarze Masse zurück.*



Abb. 96
Erhitzen organischer Stoffe im Porzellantiegel

Dieser schwarze Rückstand, der gewöhnlich einfach „Kohle" genannt wird, besteht zum größten Teil aus reinem Kohlenstoff. Je nach der Art des erhitzten Materials unterscheidet man Zuckerkohle, Holzkohle, Knochenkohle, Tierkohle.

B. Kurzfassung

Als organische Verbindungen faßte man früher alle Stoffe zusammen, die im Körper der Lebewesen (Pflanzen, Tiere und Menschen) gebildet werden und die sich nicht außerhalb der Lebewesen in der Natur bilden. Diese organischen Verbindungen sind Kohlenstoffverbindungen, in denen außer dem Kohlenstoff im wesentlichen die Elemente Wasserstoff und Sauerstoff und zum Teil auch Stickstoff, Schwefel und Phosphor vorkommen.

Beim Erhitzen der organischen Verbindungen unter beschränktem Luftzutritt bleibt zuletzt fast reiner Kohlenstoff übrig.

Je nach der Ausgangsverbindung unterscheidet man den entstehenden Kohlenstoff als Holzkohle, Knochenkohle, Zuckerkohle usw.

Auch durch Einwirkung von konzentrierter Schwefelsäure werden organische Verbindungen verkohlt.

Ähnliche Vorgänge spielen sich oft im Haushalt ab. Der Hausfrau brennt z. B. der Kuchen an, wobei er sich mit einer schwarzen Kruste von Kohle überzieht. An angebrannten Fleischspeisen hat sich eine schwarze Schicht gebildet. Angebrannte Milch überzieht als schwarze Kruste den Boden des Topfes. Diese schwarzen Rückstände sind ebenfalls Kohle.

Alle beim Versuch 168 verwendeten Stoffe entstammen dem Pflanzen- oder Tierkörper; man faßt sie unter dem Namen „organische Stoffe" zusammen. Allgemein können wir feststellen: *Alle organischen Stoffe enthalten Kohlenstoff.* Beim Erhitzen der organischen Stoffe bei beschränktem Luftzutritt bleibt zuletzt nur Kohlenstoff übrig.

In ähnlicher Weise werden organische Stoffe (Zucker, Zellulose) durch Einwirkung konzentrierter Schwefelsäure verkohlt, indem die Säure der organischen Verbindung den Sauerstoff- und Wasserstoffgehalt entreißt und den Kohlenstoff übrig läßt (Versuche 119 und 121).

[313] Kohlenstoff als Element. Kohlenstoff ist ein Grundstoff und gehört zu den *Nichtmetallen.* Er hat das chemische Zeichen C (vom lateinischen Wort carbo = Kohle) und ist *vierwertig.*

Kohlenstoff färbt ab. Wir kennen diese Eigenschaft von der Holzkohle, die z. B. als Zeichenkohle Verwendung findet. Wir sehen das auch am Schornsteinfeger, denn Ruß ist ebenfalls Kohlenstoff.

Kohlenstoff kommt in der Natur in verschiedenen Formen vor. Er findet sich kristallisiert als Diamant, kristallin als Graphit und amorph als Ruß; er bildet den Hauptbestandteil der Kohlen. In allen organischen Verbindungen ist er vertreten und ist auch im Kalk und Dolomit enthalten, die ganze Gebirgszüge aufbauen.

Das Element Kohlenstoff gehört zu den Nichtmetallen, hat das chemische Zeichen C und ist vierwertig: $\overset{IV}{C}$.
Kohlenstoff kommt kristallisiert als Diamant, kristallin als Graphit und amorph als Ruß vor; er bildet den Hauptbestandteil der Kohlen. Alle organischen Verbindungen und auch der Kalk sind Kohlenstoffverbindungen.

[314] Die Eigenschaften des Kohlenstoffs. Wird Kohlenstoff bei unbehindertem Luftzutritt erhitzt, so zeigt sich ein anderes Bild.

● Versuch 169: Erhitzen von Kohlenstoff bei unbehindertem Luftzutritt. *Erhitzen Sie etwas gepulverte Holzkohle längere Zeit auf einem Porzellandeckel (Abb. 97)! Die schwarze Masse verschwindet. Es bleibt ein geringer Rückstand.*

Kohlenstoff ist brennbar; er verbrennt zu Kohlendioxyd CO_2, einem farblosen Gas.
Daher verbrennen bei ungehindertem Luftzutritt die organischen Stoffe bis auf geringe Mengen unverbrennbarer mineralischer Bestandteile

Der Kohlenstoff ist also brennbar; er verbrennt zu Kohlendioxyd CO_2. Dieses ist gasförmig und farblos und wird oft fälschlich als „Kohlensäure" bezeichnet. Der nichtbrennbare Rückstand ist Asche.

Da die organischen Stoffe Kohlenwasserstoffverbindungen sind, verbrennen sie ebenfalls unter Bildung von Kohlendioxyd CO_2 und Wasser H_2O. Auch die Atmung ist eine langsame Verbrennung organischer Stoffe, wie wir schon in [55] sahen.

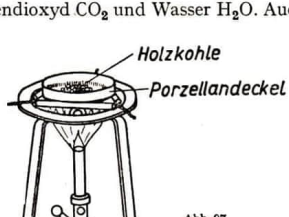


Abb. 97
Erhitzen von Holzkohle

Reiner Kohlenstoff ist fast unschmelzbar (Schmelztemperatur 3500°). Er ist in allen gewöhnlichen Lösungsmitteln unlöslich und löst sich nur in geschmolzenem Eisen. Er ist ein guter Leiter für Wärme und Elektrizität.

(Asche), wobei Kohlendioxyd entsteht. Auch die Atmung ist eine Verbrennung organischer Stoffe.

Kohlenstoff schmilzt bei 3500°. Er ist ein guter Leiter der Wärme und Elektrizität.

Kohlenstoff ist in allen gewöhnlichen Lösungsmitteln unlöslich und löst sich nur in geschmolzenem Eisen.

[315] Die Adsorptionsfähigkeit des Kohlenstoffs. In [75] erfuhren wir, daß Holzkohlefilter Farbstoffe zurückhalten. Ein Kontrollversuch wird uns zeigen, ob dies immer der Fall ist.

● Versuch 170: Kohlenstoff entfärbt Lösungen. *Schütteln Sie in einem Prüfglas verdünnte Lackmuslösung oder verdünnten Rotwein mit fein gepulverter Holzkohle, und filtrieren Sie anschließend! Das Filtrat ist in beiden Fällen farblos.*

Die Kohle ist imstande, gelöste Stoffe an ihrer Oberfläche festzuhalten. Diese Fähigkeit ist um so besser ausgebildet, je poröser die Kohle ist. Durch ihre Porosität verfügt die Kohle über eine riesenhaft entwickelte Oberfläche, an der Farbstoffe, Riechstoffe und Gase aller Art festgehalten werden können. Die Fähigkeit, gelöste

Durch ihre Porosität verfügt die Kohle über eine riesige Oberfläche, an der gelöste Stoffe und Gase festgehalten werden können.

Tritt Rotwein durch Holzkohle hindurch, so wird er entfärbt.

Die Fähigkeit, gelöste Stoffe oder Gase auf der Oberfläche festzuhalten, bezeichnet man als Adsorption.

Aktivkohle hat eine besonders hohe Adsorptionsfähigkeit. Sie dient in der chemischen Industrie zur

Stoffe oder Gase auf der Oberfläche festzuhalten, bezeichnet man als *Adsorption*[1]).

Reinigung von Gasgemischen, zur Reinigung des Wassers und zur Rückgewinnung von Dämpfen.

Durch bestimmte Vorbehandlung läßt sich die Adsorptionsfähigkeit der Kohle zu einem Höchstmaß steigern. Solche Kohle wird *Aktivkohle* genannt. Sie dient in der Industrie zur Rückgewinnung von Dämpfen (Benzin, Alkohol), zur Entfernung übelriechender Stoffe (Trinkwasserreinigung – [75]) und allgemein zur Reinigung von Gasgemischen und Flüssigkeiten. So lernten wir in Abschnitt [269] die Reinigung des Mischgases kennen. Im Gaswäscher (Abb. 78) strömt das Mischgas durch Aktivkohle, die das Kontaktgift Schwefelwasserstoff zurückhält.

[316] **Ruß.** Verbrennungsgase setzen beim Abkühlen Ruß ab.

Verbrennungsgase setzen beim Abkühlen Ruß ab. Ruß ist fast reiner Kohlenstoff; er wird zur Herstellung von Tusche, Schuhkreme, Druckerschwärze und schwarzer Ölfarbe verwendet.

● Versuch 171: Rußabscheidung. *Halten Sie über eine Kerzenflamme einen kalten Porzellanscherben! Sofort setzt sich Ruß als schwarzer Fleck ab.*

Ruß ist fast reiner Kohlenstoff. Je nach der Verwendung stellt man ihn aus verschiedenen organischen Stoffen her. So unterscheidet man Kienruß, Lampenruß, Gasruß usw. Industriell wird der Ruß zur Herstellung von chinesischer Tusche, Schuhkreme, Druckerschwärze und schwarzer Ölfarbe verwendet.

[317] **Graphit.** Graphit[2]) ist ein Mineral, das seiner chemischen Beschaffenheit nach reiner Kohlenstoff ist. Er bildet graue, schuppige Massen, die leicht spaltbar sind und sich fettig anfühlen. Wir finden den Graphit in großen Lagern auf Ceylon und Madagaskar, in der UdSSR. (Ostsibirien) und in den USA. Kleine Lager finden sich bei Passau, in der Tschechoslowakei und in der Steiermark.

Graphit ist chemisch reiner Kohlenstoff. Wichtige Lagerstätten finden sich in der UdSSR., in den USA., auf Ceylon und Madagaskar, bei Passau, in der Tschechoslowakei und in der Steiermark. Verwendung des Graphits für Elektroden (gute elektrische Leitfähigkeit), zur Herstellung der Passauer Schmelztiegel (bes. für Herstellung von Edelstahl), als Ofenschwärze und zur Bleistiftfabrikation.

Die gute elektrische Leitfähigkeit macht den Graphit zu einem ausgezeichneten Elektrodenmaterial, z. B. für Bogenlampen und für die Elektrolyse (Hofmannscher Zersetzungsapparat – Versuch 88); man verwendet hierzu den Retortengraphit, der als Nebenprodukt im Gaswerk entsteht. – In der Galvanoplastik macht man durch Aufbürsten von Graphitpulver die nichtleitenden Gipsnegative leitend für den elektrischen Strom.

[1]) adsorbēre (lat.) = ansaugen, verschlucken
[2]) grápho (griech.) = ich schreibe

Aus einem Gemenge von Ton und Graphit werden Schmelztiegel für Eisen, Stahl und für Goldlegierungen gepreßt (Passauer Schmelztiegel). Die Widerstandsfähigkeit des Graphits gegen hohe Temperaturen bedingt seine Verwendung als Ofenschwärze (Rostschutz auf Gußeisen). Graphit liefert auch das Material für die Bleistiftfabrikation, da er sehr weich und abfärbend ist.

[318] Die Bleistiftfabrikation. Graphit und Ton werden in pulverförmigem Zustande mit Wasser gut durchgeknetet und in einen Druckzylinder gefüllt, der durch eine siebartige Platte verschlossen ist. Ein Kolben preßt die Masse bei 500 at Druck in Form von Bleistiftminen aus den Sieblöchern heraus. Die verschiedenen Härtegrade werden durch verschiedenen Gehalt an Ton und durch verschiedene Brenndauer und Brenngrade erzielt. Meist werden die Minen bei 1000° geglüht und dann mit flüssigem Wachs imprägniert.

Die Bleistiftminen bestehen aus einem Gemisch von Ton und Graphit in verschiedenen Mischungsverhältnissen (verschiedene Härtegrade). Die Minen werden gepreßt, geglüht und mit Wachs imprägniert.

[319] Diamant und Graphit. Auch der Diamant besteht aus reinem Kohlenstoff. Graphit und Diamant stimmen also in ihrer chemischen Zusammensetzung überein. Beide können wir im Sauerstoffstrom ohne Rückstand zu Kohlendioxyd verbrennen.

Diamant und Graphit unterscheiden sich nur durch die verschiedene räumliche Anordnung der einzelnen Kohlenstoffatome; beim Diamanten sind sie wesentlich dichter gelagert als beim Graphit. Daher zeigt der Diamant einen festeren Zusammenhalt, eine größere Härte und ein höheres spezifisches Gewicht als der Graphit. Wenn wir mit Graphit über Papier hinwegstreichen (Abb. 98), so bleiben ganze Atomschichten dieses weichen Minerals an der Papierfaser hängen und werden als „Bleistiftstrich" sichtbar. Während der Graphit zu den weichsten Mineralien gehört, ist der Diamant der härteste aller uns bekannten Stoffe.

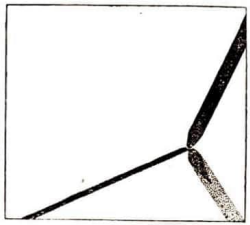


Abb. 98. Graphitstrich

Diamant und Graphit sind chemisch dasselbe, nämlich Kohlenstoff. Wir können sie beide zu Kohlendioxyd verbrennen. Diamant und Graphit unterscheiden sich nur durch verschiedene räumliche Anordnung der einzelnen Kohlenstoffatome. Graphit ist eines der weichsten Mineralien, Diamant hingegen der härteste Stoff.

[320] Der Diamant als Edelstein. Der Diamant wird besonders in Südafrika und Südwestafrika, an der Goldküste, in Belgisch-Kongo und in Brasilien gefunden. Die durchsichtigen Diamanten, die zunächst Kieselsteinen sehr ähnlich sehen, besitzen ein starkes Lichtbrechungsvermögen und zeigen bei künstlichem Schliff infolge der Farbzerstreuung ein schönes Farbenspiel. Es sind geschätzte und wertvolle Edelsteine, deren geschliffene Formen als Brillanten in den Handel kommen. Bekannt sind die Diamantenschleifereien von Amsterdam.

Bekannte Fundorte für Diamanten sind Süd- und Südwestafrika, Belgisch-Kongo und Brasilien. Die Diamanten besitzen ein starkes Lichtbrechungsvermögen und sind geschätzte Edelsteine. Diamantenschleifereien von Amsterdam. Die Gewichtseinheit für den Diamanten ist das Karat ~ 0,2 g.

Die Gewichtseinheit für den Diamanten ist das *Karat*[1]); es entspricht ungefähr 0,2 g. Der größte bisher gefundene Diamant ist der Cullinan, der das ansehnliche Gewicht von 3025 Karat hatte. Als schönster Diamant wird der 137 Karat schwere Pitt aus dem französischen Staatsschatz angesehen.

[321] Der Diamant ist der härteste Stoff. Die durch organische Verunreinigungen braun oder schwarz gefärbten Diamanten sind als Schmucksteine nicht zu verwenden. Wegen ihrer großen Härte dienen sie zum Glasschneiden und zum Schneiden und Bohren von hartem Gestein. Die kleinsten Diamanten werden als Schleifmittel für harte Materialien und zum Schleifen der Diamanten verwendet.

Dunkel gefärbte Diamanten werden zum Schleifen, Bohren und Schneiden harter Materialien verwendet.

42. Kapitel: Die Kohlen

A. Lehrgang	B. Kurzfassung

[322] Amorpher Kohlenstoff. Außer dem Graphit und dem Diamanten haben wir noch eine formlose Art oder Modifikation des Kohlenstoffs, den amórphen[2]) Kohlenstoff. Dieser entsteht allgemein bei der *Trockendestillation* organischer Stoffe, d. h. beim *Erhitzen* organischer Stoffe *unter Luftabschluß*. Damit steht die Trockendestillation im Gegensatz zur Verbrennung, die unter Luftzutritt erfolgt. Bei der Trockendestil-

Wir kennen drei Formarten oder Modifikationen des Kohlenstoffs: Graphit, Diamant und amorpher Kohlenstoff. Amorpher Kohlenstoff entsteht bei der Trockendestillation organischer Substanzen. Trockendestillation ist ein Erhitzen

[1]) von kirat (arab.) = Same des Johannisbrotes
[2]) ámorphos (griech.) = gestaltlos

lation bilden sich außer dem Kohlenstoff brennbare Gase, wässerige Flüssigkeiten und Teerprodukte.

unter Luftabschluß; die Verbrennung ist ein Erhitzen unter Luftzutritt.

● Versuch 172: Trockendestillation. *In einem schwer schmelzbaren Reagenzglas erhitzen wir Holz oder Zucker (Abb. 99). Die entweichenden Gase verdichten sich zum*

Bei der Trockendestillation entstehen außer Kohlenstoff Teerprodukte und brennbare Gase.

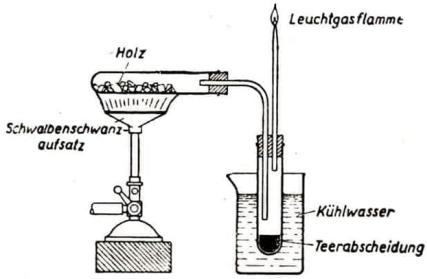


Abb. 99. Trockendestillation

Teil in der Vorlage zu Teer. Als Vorlage dient in unserer Versuchsanordnung ein Reagenzglas, das in einen Kühlwasserbehälter eintaucht. Die brennbaren Gase (Leuchtgas) können an der Mündung des aufsteigenden Rohres, das zu einer Spitze ausgezogen ist, entzündet werden.

Beim Erhitzen von Steinkohle unter Luftabschluß entsteht *Koks*, beim Erhitzen von Holz unter Luftabschluß die *Holzkohle*. Entsprechend werden auch Tierkohle, Blut- und Knochenkohle hergestellt. Ruß bildet sich als fein verteilter, amorpher Kohlenstoff, wenn leuchtende Flammen bei ungenügendem Luftzutritt an kalten Gegenständen vorbeistreichen (Versuch 171).

Bei der Trockendestillation der Steinkohle entsteht der Koks, bei der Trockendestillation des Holzes die Holzkohle.

[323] **Inkohlung.** Einen ähnlichen Prozeß wie bei der Trockendestillation haben in der Erdrinde Pflanzenreste durchgemacht, wobei sich die Kohlen bildeten. Die Pflanzensubstanz, die im wesentlichen aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff besteht, geriet unter Wasser und damit unter Luftabschluß. Hierbei findet unter Mitwirkung von Bakterien eine Zersetzung durch Oxydation innerhalb des Moleküls statt (intramolekulare Oxydation), wobei sich Wasserdampf H_2O, Kohlendioxyd CO_2 und Sumpfgas CH_4 bilden. Diese drei gasförmigen Produkte entweichen; zurück bleibt ein

Pflanzenreste, die unter Luftabschluß geraten, machen in der Natur ebenfalls eine Art Trockendestillation durch, die man als Inkohlung bezeichnet. Das Endprodukt der Inkohlung ist die Kohle. Die Inkohlung ist eine intramolekulare Oxydation, wobei Wasserdampf, Kohlendioxyd und Sumpfgas entweichen. Der Rück-

großer Teil des Kohlenstoffs, der sich prozentual mit fortschreitender Inkohlung immer mehr anreichert. Da mit zunehmendem Alter der Pflanzenschichten gleichzeitig die sie bedeckenden Gesteinsschichten wachsen, erhöhen sich Druck und Temperatur, wodurch der Inkohlungsprozeß intensiver wird. Abbildung 100 zeigt die Veränderungen im prozentualen Aufbau beim Fortschreiten des Inkohlungsprozesses.

stand reichert sich an Kohlenstoff an.

[324] Torfbildung. Der Torf bildet sich noch heute in Hoch- und Niederungsmooren durch Vermoderung von Sumpfpflanzen, die unter die Wasseroberfläche geraten (Luftabschluß). Wasserreichtum und kaltes Klima begünstigen die Torfbildung; dies erklärt die Entstehung großer Torflager in der Eiszeit und der Nacheiszeit. Besonders Torfmoos, Riedgräser, Schilf und Zwergsträucher liefern das Material für die Torfbildung. Der Torf zeigt in allen Teilen noch deutlich die Pflanzenstruktur.

Torf bildet sich durch Vermoderung von Sumpfpflanzen, die unter Wasser geraten (Luftabschluß). Die Torfbildung wird durch Wasserreichtum und kaltes Klima begünstigt (Eiszeit). Torf zeigt noch deutlich die Pflanzenstruktur; er besteht besonders aus Torfmoos.

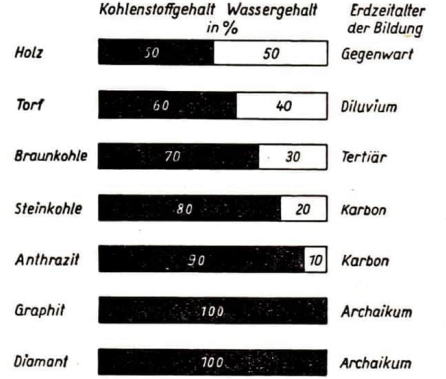


Abb. 100. Die Zusammensetzung der Kohlen und ihre Bildungszeiten

[325] Torflager und ihre Nutzung. Große Torflager finden sich in Norddeutschland (Bourtanger Moor) und in Oberbayern. Stellenweise erreichen die Torflager eine Mächtigkeit von 30 m. Der Torf wird in Ziegel-

Torf wird in Ziegelform gestochen und lufttrocken gemacht. (Verbrennungsmaterial an Ort und Stelle.) Gepreßte Torfballen dei-

form ausgestochen und zum Trocknen an der Luft locker aufgeschichtet. Wegen seines geringen Heizwertes sind hohe Transportkosten nicht tragbar, so daß er nur an Ort und Stelle als Feuerungsmaterial Verwendung finden kann. In hydraulischen Pressen wird Torf zu Ballen zusammengepreßt, die als Torfstreu in Stallungen, als Bodenlockerungsmittel, als Packmaterial und zur Wärmeisolierung verwendet werden.

nen zur Bodenlockerung, als Streu und Packmaterial und zur Wärmeisolierung.

[326] **Die Bildung der Braunkohlen.** Die Braunkohle bildete sich bereits in der Tertiärzeit; ihr Alter wird mit etwa 10 Millionen Jahren angesetzt. Sie entstand aus der üppigen Pflanzenwelt tropischer Urwaldsümpfe. Die älteren Braunkohlen enthalten zahlreiche tropische Gewächse (Palmen, Bambus, Lor-

Die heutigen Braunkohlenlager sind in der Tertiärzeit aus der üppigen Pflanzenwelt tropischer Urwaldsümpfe, und zwar besonders aus Sumpfzypressenwäldern hervorgegangen. Das Harz dieser Nadelbäume ist uns als Bernstein erhalten geblieben.



Abb. 101. Vermoderte Wurzelstümpfe der Sumpfzypressen am Grunde eines Braunkohlenflözes in einem Braunkohlentagebau

beer- und Zimtbäume); in den jüngeren Braunkohlen überwiegen die Nadelbäume, sowie Eichen, Buchen, Ahorne und Pappeln; das Klima war also schon deutlich kälter geworden.

Der Charakterbaum der Braunkohlenlandschaft war die Sumpfzypresse, deren vermoderte Wurzelstümpfe heute noch vielfach freigelegt werden (Abb. 101). Zwischen den Resten der vermoderten Baumstämme finden wir eine erdige Füllmasse, die aus Blättern, Zweigen und Gräsern entstand. Auch die Harze der Nadelbäume und Sumpfzypressen sind uns vielfach als unverwesliche Substanz erhalten geblieben; sie bilden

gelbe oder braune Klumpen, den *Bernstein*, der mit rußender Flamme und unter Aussendung eines aromatischen Geruches verbrennt[1]).

Die Braunkohlenlager enthalten meist ein oder zwei Kohlenflöze, die mehrere Meter mächtig sind und mit Sand- und Tonschichten wechseln.

Die Braunkohle unterscheidet sich vom Torf durch ihr höheres Alter, die fortgeschrittenere Inkohlung (Abb. 100) und durch die andersgearteten Pflanzen, aus denen sie entstanden ist. In den Braunkohlenlagern findet man ein oder mehrere im Durchschnitt einige Meter mächtige Flöze, die mit Sand- und Tonschichten wechseln.

Wir unterscheiden:

a) erdige Braunkohle, die sehr locker ist und zerfällt; sie wird zum Teil als Farbstoff verwertet (Umbra);
b) Braunkohle mit deutlicher Holzstruktur = Lignit[2]);
c) die gemeine Braunkohle mit undeutlichen Pflanzenresten und unregelmäßigem Bruch.

Die Braunkohlen werden meist im Tagebau gewonnen, wobei das Deckgebirge erst durch Bagger entfernt werden muß. Im modernen Tagebau wird das Deckgebirge durch Abraumförderbrücken entfernt. Hierdurch wird eine vollkommene Mechanisierung des gesamten Tagebaues erreicht.

[327] Der Braunkohlentagebau. Da die Braunkohlen ziemlich flach liegen, werden sie gewöhnlich im Tagebau gewonnen. Das über ihnen lagernde Deckgebirge

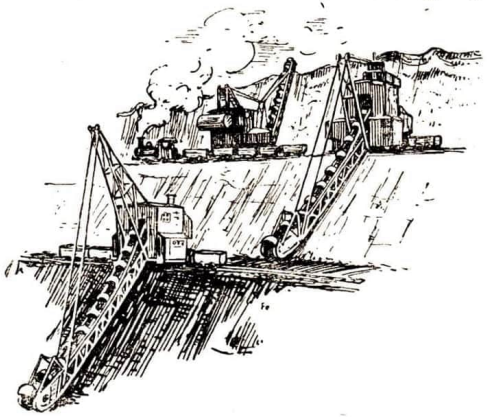


Abb. 102. Braunkohlentagebau. Durch Hoch- und Tiefbagger wird das Deckgebirge (hell) abgetragen. Das darunterliegende (dunkle) Braunkohlenflöz wird ebenfalls durch Bagger abgebaut und die Rohbraunkohle in Loren verladen

[1]) Bernstein leitet sich ab von bernen = börnen = brennen
[2]) lignum (lat.) = Holz

wird durch Hochbagger und Tiefbagger, die auf gemeinsamer Sohle arbeiten, abgetragen. Eimerketten, die über einen Ausleger laufen, nehmen das Erdreich auf und entleeren es in einen Bunker, aus dem es in die darunterstehenden Kippwagen fällt; diese werden zu Zügen zusammengestellt, auf Halde gefahren und dort umgekippt (Abb. 102).

Der neuzeitliche Braunkohlentagebau ist durch die Anwendung von Abraumförderbrücken vollkommen mechanisiert und zu einem Bergwerk ohne Menschen geworden (Abb. 103). Eimerkettenbagger tragen das Deckgebirge ab und werfen es auf Transportbänder, die



Abb. 103. Die Abraumförderbrücke überspannt den Braunkohlentagebau. Rechts wird durch 2 Tiefbagger das Deckgebirge abgetragen, auf Transportbänder geschüttet und von diesen nach links gebracht, dort wird es auf das ausgekohlte Gelände verstürzt

in die Brücke eingebaut sind. Die Brücke überspannt den gesamten Tagebau. Die Transportbänder entleeren die Erde auf der gegenüberliegenden Seite und „verstürzen" sie somit auf das bereits ausgekohlte Gelände. Die Abraumförderbrücken haben eine Arbeitsleistung von etwa 2000 m^3 gewachsener Erde pro Stunde.

[328] Die Brikettfabrik. Um den hohen Wassergehalt der Braunkohle zu beseitigen, der sich ungünstig auf die Transportkosten auswirkt, wird die Kohle meist in benachbarten Fabriken zu Briketts[1]) gepreßt. Die grubenfeuchte Braunkohle, die 50–60% Wassergehalt aufweist, gelangt auf breiten Transportbändern (Abb. 104) zunächst in ein Brechwalzwerk und wird dort zerkleinert (Abb. 105). Dann kommt sie auf Schüttelsiebe und wird nach Korngröße sortiert. Die grobe Siebkohle wird sofort verladen und in der Industrie

Die grubenfeuchte Braunkohle mit einem Wassergehalt von 50–60% wird in Brechwalzwerken zerkleinert, bis auf 15% Wassergehalt abgetrocknet und dann unter einem Druck von etwa 1500 at zu Briketts gepreßt.

[1]) la brique (franz.) = Ziegelstein; in übertragenem Sinne: ziegelähnliches Stück; la briqueterie = Ziegelbrennerei

verbraucht. Die im Glattwalzwerk nachzerkleinerte Feinkohle gelangt durch ein Becherwerk auf den Boden des Trockenhauses, wird in Trockenapparaten bis auf 15% Wassergehalt abgetrocknet und

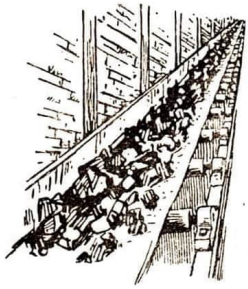


Abb. 104
Transportband bewegt Rohbraunkohle

dann nach erfolgter Kühlung unter einem Druck von 1200–1500 at zu den verschiedenen Brikettformen für Hausbrand und Industrie gepreßt. Die fertigen Briketts werden durch den Preßdruck in langen Kühlrinnen (Abb. 106) bis zum Verladeschuppen gedrückt, wo sie in die bereitstehenden Wagen fallen. So berührt

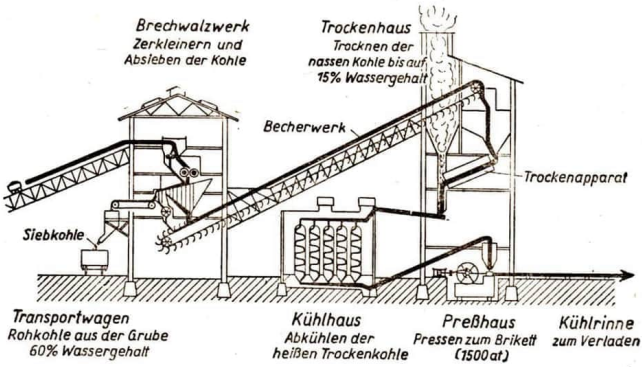


Abb. 105. Schematischer Schnitt durch eine Brikettfabrik

heute keines Menschen Hand die Braunkohle von ihrer Förderung bis zu ihrer Verladung. Durch die Brikettierung wird der Heizwert der Braunkohle beachtlich gesteigert.

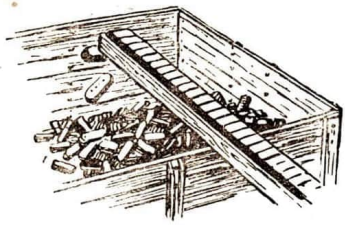


Abb. 106. In Kühlrinnen werden die Briketts zu den Loren gedrückt

[329] **Die Steinkohle.** Die Steinkohle entstammt dem Altertume der Erde (Abb. 100); sie entstand in der nach ihr benannten Karbonzeit und hat ein Alter von

Die Steinkohle bildete sich zur Karbonzeit in Brackwassersümpfen im Küstengebiet.



Abb. 107. Riesige Sumpfwälder aus Schuppenbäumen und Baumfarnen (links), Siegelbäumen und Schachtelhalmen (rechts) breiteten sich zur Karbonzeit in den Küstenniederungen aus

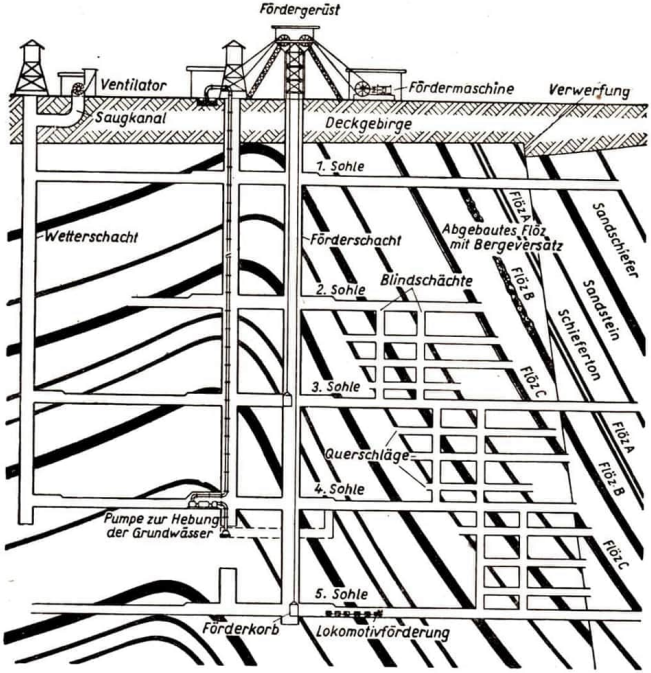


Abb. 108. Schematischer Schnitt durch ein Steinkohlenbergwerk

etwa 100 Millionen Jahren. Sie bildete sich in Brackwassersümpfen von Küstengebieten aus Schachtelhalmen, Baumfarnen, Schuppen- und Siegelbäumen (Abb. 107). Entsprechend ihrem Alter liegt sie in tieferen Erdschichten und muß im Tiefbau gefördert werden.

[330] Die Steinkohlenförderung. Zwei Schachtanlagen werden in die Steinkohlenlager niedergetrieben. Durch den Förderschacht (Abb. 108) bewegt die Fördermaschine zwei Förderkörbe an Drahtseilen abwechselnd auf und nieder, während durch den Wetter-

Im Steinkohlenbergbau werden ein Förderschacht und ein Wetterschacht in die Erde niedergetrieben. Im Förderschacht pendeln die Förderkörbe auf und

schacht die verbrauchte Luft mit Ventilatoren entfernt wird. Die verbrauchte Luft enthält auch das aus den Flözen entweichende *Grubengas*, das mit Luft explosive Gemenge bildet und die Schlagwetterexplosionen verursacht. Es ist das gleiche Gas, das als *Sumpfgas* bei der Vermoderung der Pflanzen unter Luftabschluß entsteht. Chemisch nennen wir es Methan; es hat die Formel CH_4.

Vom Förderschacht aus werden waagerechte Gänge, die Stollen, zum Abbau der Kohle in die Flöze getrieben (Abb. 109). Die Flöze haben meist nur eine Mächtigkeit von 30 cm bis 2 m, doch liegen mehrere Flöze übereinander, die durch Sand- und Tonschichten getrennt sind. Im Westfälischen Becken hat man 130, an anderen Orten sogar 230 Steinkohlenflöze übereinander gezählt, die meist eine muldenartige Faltung aufweisen.

nieder. Durch den Wetterschacht wird die verbrauchte Luft mit dem Grubengas durch Ventilatoren abgesaugt. Waagerechte Stollen werden vom Förderschacht in die Flöze vorgetrieben. Meist liegen zahlreiche dünne Flöze übereinander, die mit Sand- und Tonschichten abwechseln.

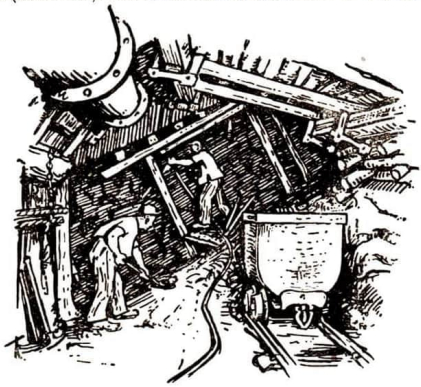


Abb. 109. Abbau der Steinkohle und Vortrieb der Strecke

[331] **Der Heizwert der Kohlen.** Der Heizwert der Kohlen ist sehr verschieden groß. Der Heizwert ist die Wärmemenge in kcal, die bei der Verbrennung von 1 kg festem Brennstoff bzw. von 1 nm^3 (1 nm^3 = 1 m^3 unter den Normalbedingungen, also bei 0° und 760 Torr; lies: Normalmeter hoch drei) gasförmigem Brennstoff entsteht. Unerwünscht ist ein hoher Aschen-

Der Heizwert ist die Wärmemenge in kcal, die beim Verbrennen von 1 kg festem oder 1 nm^3 gasförmigem Brennstoff entsteht.

gehalt, der hohe Räumungskosten verursacht und die Verbrennung erschwert.

Brennstoff	Heizwert (Durchschnittswert)
1 kg Holz trocken	3000 kcal
1 kg Torf lufttrocken	3000 kcal
1 kg Rohbraunkohle	3000 kcal
1 kg Braunkohlenbrikett	4000 kcal
1 kg Steinkohle	6500 kcal
1 kg Koks	7000 kcal
1 kg Anthrazit	8000 kcal
1 kg Holzkohle	8000 kcal

Der relativ niedrige Heizwert der Rohbraunkohle erklärt sich aus ihrem hohen Wassergehalt. Daher wird Rohbraunkohle entweder in grubennahen Elektrizitätswerken oder Fabriken verbraucht oder in Brikettfabriken brikettiert.

43. Kapitel: Flamme und Beleuchtung

A. Lehrgang | B. Kurzfassung

[332] Flammen sind brennende Gase. Mit Flammen brennen nur solche Stoffe, welche vor der Verbrennung ganz oder teilweise in den Gaszustand übergehen. Holzkohle und Koks brennen ohne Flamme. Braunkohle und Steinkohle brennen unter Flammenbildung ab. Bei der Petroleumbeleuchtung steigt der flüssige Brennstoff im Docht empor und wird am obersten Ende des Dochtes vergast; das Gas verbrennt.

Brennende Gase allein bilden Flammen. Stoffe, die vor der Verbrennung nicht vergasen, brennen ohne Flammenbildung ab.

[333] Das Leuchten der Flamme. Wasserstoff verbrennt mit nichtleuchtender Flamme. Mit leuchtender Flamme brennen hauptsächlich die Kohlenwasserstoffe ab, und zwar leuchtet die Flamme um so stärker, je kohlenstoffreicher die Verbindung und je heißer die Flamme ist. Der Kohlenwasserstoff Methan CH_4 brennt mit schwach leuchtender Flamme. Das Äthylen C_2H_4, das doppelt so viel Kohlenstoff als das Methan im Molekül besitzt, bildet auch eine stärker leuchtende Flamme aus, und das sehr kohlenstoffreiche Azetylen C_2H_2 brennt mit sehr stark leuchtender Flamme ab.

Mit leuchtender Flamme verbrennen hauptsächlich die Kohlenwasserstoffe mit hohem Kohlenstoffgehalt im Molekül (Äthylen, Azetylen).

● Versuch 173: *Halten Sie in die nichtleuchtende Flamme eines Bunsenbrenners einen Blumendraht hinein! Der Draht beginnt zu glühen und bewirkt ein Leuchten der Flamme.*

● Versuch 174: *Blasen Sie in die nichtleuchtende Flamme Magnesiumpulver hinein (Blitzlicht)! Die Magnesiumteilchen glühen sternengleich auf; es entsteht eine leuchtende Stichflamme.*

● Versuch 175: *Blasen Sie in die nichtleuchtende Flamme Holzkohlepulver hinein! Sofort blitzen helle Sternchen in der aufleuchtenden Flamme auf.*

Die brennenden Gase bilden leuchtende Flammen, wenn feste Stoffe in den Flammen glühen. In der Kerzenflamme glühen unzählige, feinste Kohlenstoffteilchen auf und senden hierbei Licht aus. Halten Sie einen kalten Porzellanscherben in die Flamme (Versuch 171), so werden die Verbrennungsgase vorübergehend unter die Entzündungstemperatur des Kohlenstoffs abgekühlt. Die Kohlenstoffteilchen können nicht mehr glühen; sie setzen sich als feste, schwarze Rußteilchen ab. Der Kohlenstoff entstammt dem Stearin der Kerze, das eine Kohlenwasserstoffverbindung ist.

Das Leuchten der Flammen kommt durch das Aufglühen fester Teilchen in ihr zustande. Im Normalfall handelt es sich um aufglühende Kohlenstoffteilchen. Beim Abkühlen der Verbrennungsgase setzt sich der Kohlenstoff als Ruß ab.

● Versuch 176: *Blasen Sie mit einem Lötrohr Luft in die Flamme, so nimmt ihre Helligkeit ab. Durch das Einblasen von Luft können die Kohlenstoffteilchen nicht mehr in der Flamme glühen, sondern sie verbrennen.*

[334] Wie kommt der Kohlenstoff in die Kerzenflamme? Beim Anzünden einer neuen Kerze schmilzt das Stearin im Docht durch die Hitze der Zündholzflamme. Es bildet sich eine große, hell leuchtende Flamme aus. Bald wird die Flamme kleiner und kleiner, denn das im Docht vorhandene Stearin ist rasch verbraucht. Der Docht als Baumwollfaden aber brennt nur schwach. Inzwischen ist am Fuße des Dochtes ein wenig Stearin geschmolzen und wird vom Dochtstumpf aufgesaugt. Die Flamme erholt sich nun rasch und wird größer, während sich rings um den Docht eine muldenförmige Vertiefung bildet, in der sich geschmolzenes Stearin ansammelt. Das flüssige Stearin steigt im Docht empor und zerfällt durch die Hitze der Flamme im oberen Teile des Dochtes in ein Gemenge von Gasen, das dem Leuchtgas ähnelt und im wesentlichen

Bei einer brennenden Kerze schmilzt das Stearin auf. Das flüssige Stearin wird im Docht emporgesaugt, vergast an der Spitze des Dochtes und liefert hierbei die flammenbildenden Verbrennungsgase. Die Kerze ist ein Gaswerk im kleinen.

aus Kohlenwasserstoffen besteht. Diese Kohlenwasserstoffe werden in der hohen Flammentemperatur unter Abscheiden von Kohlenstoff zersetzt. So bildet das Stearin die Kohlenstoffquelle der Kerzenflamme. In Wirklichkeit verbrennt also nicht das Stearin, sondern das aus dem Stearin sich entwickelnde Gemenge von Kohlenwasserstoffen. Damit ist die Kerze während des Verbrennungsprozesses ein kleines Gaswerk.

[335] Der Aufbau der Flamme. An der Flamme können wir drei Teile unterscheiden (Abb. 110):

a) Die Außenteile der Flamme bilden einen schwach leuchtenden Mantelsaum. Hier mischen sich die brennbaren Gase lebhaft mit dem Luftsauerstoff und verbrennen zu Kohlendioxyd und Wasser. Der Flammensaum ist die kaum sichtbare, bläuliche, dünne Hülle der Flamme. Dieser sehr heiße Verbrennungsraum der Flamme wirkt oxydierend, weil Luftsauerstoff im Überschuß vorhanden ist und sich bei der Flammentemperatur leicht mit anderen Stoffen vereinigt (Oxydation = Verbrennung).

Die Außenteile der Flamme bilden einen bläulichen, kaum sichtbaren, dünnen, sehr heißen Flammensaum. In ihm vermischen sich die Verbrennungsgase mit Luftsauerstoff und verbrennen zu Kohlendioxyd und Wasser. Im Mantelsaum ist Luftsauerstoff im Überschuß vorhanden, der sich bei der Flammentemperatur leicht mit anderen Stoffen vereinigt. Der Mantelsaum stellt daher der Oxydationsraum der Flamme dar.

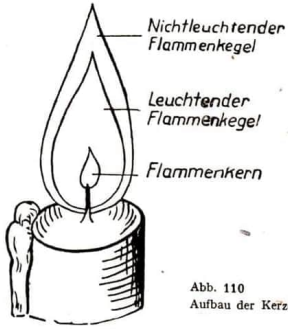


Abb. 110
Aufbau der Kerzenflamme

b) Unter dem kaum sichtbaren Flammensaum befindet sich ein stark leuchtender Hohlkegel. Durch die Hitze des Mantelsaumes werden in diesem Teile der Flamme die Kohlenwasserstoffe unter Kohlenstoffabscheidung zersetzt:

$$\underset{\text{Äthylen}}{C_2H_4} \longrightarrow \underset{\text{Methan}}{CH_4} + \underset{\text{Kohlenstoff}}{C\downarrow}$$

Unter dem schwachleuchtenden, heißen Flammensaum befindet sich der stark leuchtende Flammenkegel, in dem die Kohlenwasserstoffe unter Kohlenstoffabscheidung zersetzt werden.

Infolge des herrschenden Sauerstoffmangels können die Kohlenstoffteilchen nicht verbrennen, werden aber durch die Hitze des Mantelsaumes zum Glühen gebracht und leuchten hell auf.

Die Kohlenstoffteilchen können wegen Sauerstoffmangels nicht verbrennen und glühen hell auf.

c) Im dunklen Flammenkern befinden sich die gasförmigen Kohlenwasserstoffe, die infolge der niedrigen Temperatur noch nicht unter Kohlenstoffabscheidung zerfallen können. Da im Flammenkern kein Sauerstoff vorhanden ist, können die Kohlenwasserstoffe auch nicht verbrennen. So ist der Flammenkern zugleich der kälteste Teil der Flamme.

Im dunklen Flammenkern laufen weder Zersetzungs- noch Verbrennungserscheinungen ab. Der Flammenkern zeichnet sich durch niedrige Temperatur aus.

● Versuch 177: Der kalte Flammenkern. *Halten Sie ein Zündholz mit der Zündkuppe in den dunklen Flammenkern einer Kerzenflamme! Das Holz brennt zunächst im äußeren Mantelsaum der Flamme an. Dann dehnt sich der Brand nach außen und innen allmählich aus und setzt endlich auch die Zündkuppe des Streichholzes in Brand.*

Dieser Versuch zeigt deutlich die tiefe Temperatur des Flammenkernes an.

● Versuch 178: Die Kerze als Gaswerk. *Halten Sie ein gebogenes Glasrohr mit dem unteren Ende in den Flammenkern! Es leitet die unverbrannten Kohlenwasserstoffe des Flammenkernes ab. Am oberen Ende des Glasrohres, das zu einer Spitze ausgezogen ist, können Sie die abgeleiteten Gase entzünden (Abb. 111).*

Der Flammenkern ist vollkommen kalt, wie man durch Hineinhalten eines Zündholzes leicht sehen kann. Durch Einführen eines Glasrohres kann man die brennbaren Kohlenwasserstoffe aus dem Flammenkern abziehen. Hierdurch wird bewiesen, daß im Flammenkern keine Verbrennungserscheinungen ablaufen.

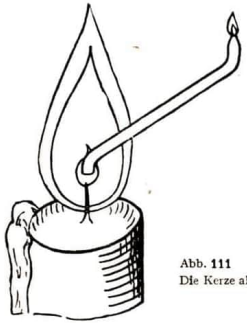


Abb. 111
Die Kerze als Gaswerk

● Versuch 179: Der heiße Mantelsaum. *Halten Sie ein Stück Papier waagerecht ganz kurze Zeit in die Flamme!*

Es bildet sich ein dunkler Brandring im Mantelsaum der Flamme, während das Papier im Flammenkern und im Leuchtkegel unverändert bleibt.

[336] Erhöhung der Verbrennungstemperatur. Soll eine hohe Verbrennungstemperatur erreicht werden, so mischt man den Verbrennungsgasen vor der Verbrennung Luft bei. Es findet dann eine vollständige Verbrennung des Kohlenstoffs und des Wasserstoffs durch den in genügender Menge vorhandenen Luftsauerstoff statt. Eine weitere Steigerung der Verbrennungstemperatur wird durch Mischen des Brenngases mit reinem Sauerstoff erreicht, weil dann der unbeteiligte Stickstoff der Luft ($^4/_5$ der Luft!) nicht mit erwärmt wird. Die praktische Anwendung dieses Verfahrens lernten wir in [58] im Knallgasgebläse kennen. Die Verbrennungserscheinungen werden in der Knallgasflamme durch reinen Sauerstoff bis zur Ausbildung heißer Stichflammen gesteigert. Dem Knallgasgebläse ist der Bunsenbrenner verwandt. Auch bei ihm wird der Brennstoff vor dem Verbrennen mit Luft gemischt.

Die Verbrennungstemperatur kann wesentlich erhöht werden, wenn man die Verbrennungsgase vor der Verbrennung mit Luft oder mit reinem Sauerstoff mischt. Es findet dann in der Flamme eine vollständige Verbrennung des Kohlenstoffs und des Wasserstoffs statt.

[337] Der Bunsenbrenner. Der vom Heidelberger Chemieprofessor Bunsen 1857 konstruierte Bunsenbrenner besteht aus einem weiten Brennerrohr, in dessen unteren Teil ein enges Gaszuleitungsrohr hineinragt (Abb. 112). Das Brennerrohr ist unten von kreisförmigen Öffnungen durchbrochen, die durch Drehen eines äußeren Ringes verschlossen werden können.

Schraubt man das äußere Brennerrohr ab und entzündet das Gas an der engen Düse, so bildet sich eine hellgelbe, leuchtende Gasflamme aus. Das Leuchten beruht wie bei der Kerzenflamme auf dem Aufglühen des in der Flamme fein verteilten Kohlenstoffs, der beim Verbrennen des kohlenwasserstoffhaltigen Gases abgespalten wird und infolge Sauerstoffmangels nicht verbrennen kann. Halten Sie einen kalten Gegenstand (Porzellanscherben) in die Flamme, so setzen sich die Kohlenstoffteilchen als Ruß ab. Die Leuchtkraft dieser Gasflamme ist mäßig, und ihre Temperatur ist niedrig.

Nunmehr schrauben wir das Brennerrohr wieder auf und schließen die im unteren Teile befindlichen Luftlöcher. Es bildet sich eine lange, leuchtende Gasflamme mit mäßiger Verbrennungstemperatur aus, wie wir durch Darüberhalten der Hände feststellen können. In

Der Bunsenbrenner besteht aus einem weiten Brennerrohr, in dessen unteren Teil das Gaszuleitungsrohr hineinragt. Luftlöcher ermöglichen reichlichen Luftzutritt. Beim Durchströmen saugt der Gasstrom Luft an, mischt sich mit der Luft im Brennerrohr und bildet bei vollständiger Verbrennung aller Gasbestandteile eine kurze, nichtleuchtende, sehr heiße Flamme aus. Gaskocher und Bunsenbrenner zeigen den gleichen Aufbau.

der Leuchtflamme können nur die Kohlenstoffteilchen verbrennen, die im Mantelsaum mit Luftsauerstoff in Berührung kommen. Die im Inneren der Gasflamme befindlichen Kohlenstoffteilchen sind vom Luftsauerstoff abgeschlossen, glühen hell auf und strahlen hierbei Licht aus.

Wenn wir endlich die Luftlöcher am Grunde des Brennerrohres öffnen, so saugt das aufsteigende Gas Luft nach und mischt sich mit ihr im Brennerrohr. Es entsteht eine kurze, blaßviolette, nichtleuchtende Flamme. Die in ihr enthaltenen Kohlenstoffteilchen verbrennen, so daß eine sehr heiße Flamme entsteht. Halten wir in die nichtleuchtende Flamme einen kalten Gegenstand, so setzt sich kein Ruß ab, da keine glühenden Kohlenstoffteilchen vorhanden sind. Beim Darüberhalten der Hände stellen wir fest, daß die nichtleuchtende Flamme viel mehr Hitze entwickelt wie die leuchtende Flamme.

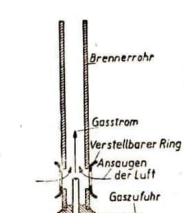
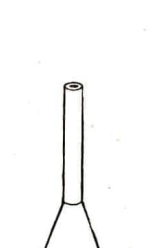


Abb. 112
Schnitt durch den Bunsenbrenner

Neben dem Bunsenbrenner wird der *Teclubrenner* (Abb. 113) im Laboratorium viel verwendet. Es ist ein Bunsenbrenner mit nach unten kegelförmig erweitertem Brennerrohr. Der Luftstrom wird durch Auf- und Abschrauben einer kreisförmigen Platte und der Gasstrom durch ein Kegelventil mit Schraube reguliert. Ist der Luftstrom ganz abgeschlossen, so brennt die Flamme gelb leuchtend. Durch Herabschrauben der Regulierungsplatte strömt allmählich mehr Luft in den kegelförmigen Teil ein und mischt sich mit dem Gase. Hierdurch wird die Flamme zunächst im äußeren Teile, später in allen Teilen vollkommen wie beim Bunsenbrenner entleuchtet. Bei der tiefsten Stellung der Regulierungsplatte entsteht eine lebhaft grüngefärbte Flamme, welche den Charakter einer Gebläseflamme hat; ihre Hitze kommt der einer Gebläseflamme nahe.


Abb. 113
Teclubrenner

Dem Bunsenbrenner ähnelt die Lötlampe des Klempners; in ihr dient Benzin als Brennstoff. – Die gleichen Verhältnisse des Aufbaues finden wir an den Gaskochern. Auch an diesen läßt sich die Luftzufuhr regulieren und eine heiße, nichtleuchtende Gasflamme einstellen.

[338] **Das Gasglühlicht.** Auf der Grundlage des Bunsenbrenners beruht auch das Gasglühlicht. Der Glühstrumpf besteht aus einem feinen Baumwollgewebe, das mit einer Lösung von Nitraten der seltenen Erden

Auch das Gasglühlicht ist auf der Grundlage des Bunsenbrenners aufgebaut. Die Glühstrümpfe

Thorium und Zer getränkt ist. Vor der Verwendung wird der Strumpf verascht (abgebrannt). Es hinterbleibt ein starres Aschengerüst aus 99% Thoroxyd und 1% Zeroxyd. Der Glühstrumpf befindet sich als Abschluß über einem kurzen Bunsenbrenner. Die Flamme des Bunsenbrenners erhitzt den Glühstrumpf auf Weißglut. Beim Gasglühlicht kommt also nicht die dem Gase innewohnende Leuchtkraft, sondern der Heizwert und damit die Verbrennungstemperatur des Gases zur Geltung. Das Licht wird nicht vom Gase erzeugt, sondern von den auf Weißglut erhitzten Oxyden der seltenen Erden des Strumpfes ausgestrahlt.

bestehen aus feinen Baumwollgeweben, die mit einer Lösung von Thoriumnitrat und Zernitrat getränkt sind. Vor dem Gebrauch werden die Glühstrümpfe abgebrannt und verwandeln sich in die Oxyde der seltenen Erden. Diese werden durch die Bunsenbrennerflamme auf Weißglut erhitzt und strahlen Licht aus.

[339] Die elektrische Beleuchtung. Bei den elektrischen Glühlampen geht der Strom durch einen sehr dünnen Metallfaden oder Kohlefaden hindurch, der als Widerstand wirkt, durch den Strom auf Weißglut erhitzt wird und Licht ausstrahlt. Die Birnen sind mit Stickstoff (sehr träge!) oder Argon (Edelgas!) gefüllt, um die Oxydationswirkung des Luftsauerstoffs auszuschalten.

Bei den elektrischen Glühlampen geht der Strom durch dünne Metall- oder Kohlefäden hindurch und erhitzt diese auf Weißglut. Um die oxydierende Wirkung des Luftsauerstoffes auszuschließen, sind die Glühbirnen mit Stickstoff oder mit Edelgasen (Argon) gefüllt.

Die Nachteile der Kohlefadenlampen bestehen in einem leichten Absatz von feinem Kohlenstaub im Inneren der Birnen, wodurch die Leuchtkraft nachläßt. Die Metallfadenlampen brauchen weniger Strom als die Kohlefadenlampen, sind aber gegen Erschütterungen empfindlicher als diese. Die dünnen Metalldrähte bestehen aus schwer schmelzbaren Metallen, besonders aus Wolfram (Osram = **Os**mium-Wol**fram**).

44. Kapitel: Kohlendioxyd

A. Lehrgang | B. Kurzfassung

[340] Nachweis des Kohlendioxyds. Beim Verbrennen von Kohlenstoff bildet sich das gasförmige, farblose Kohlendioxyd CO_2. In Versuch 51 (2. Lehrbrief) sahen wir, daß Kohlendioxyd in Kalkwasser eine milchige Trübung hervorruft. Diese Trübung dient in der Chemie als Nachweis für CO_2. Kalkwasser ist also das Reagens auf Kohlendioxyd.

Kohlendioxyd ruft in Kalkwasser eine milchige Trübung hervor. Kalkwasser ist das Reagens auf CO_2.

[341] Herstellung von Kohlendioxyd im Laboratorium. Das bei der Verbrennung von Kohlenstoff entstehende Kohlendioxyd ist nicht rein; es ist immer mit beträchtlichen Mengen von Stickstoff aus der Verbrennungsluft vermischt.

Im Laboratorium stellen wir Kohlendioxyd im Kippschen Apparat oder im Gasentwickler her, in dem Salzsäure auf Marmorstückchen einwirkt.

Um das Gas rein zu erhalten, verwenden wir den Kippschen Apparat (Abb. 36; [78]) oder einen selbst zusammengestellten Gasentwicklungsapparat (Abb. 37; [79]).

● Versuch 180: Kohlendioxyd-Entwicklung. *Wir füllen Marmor- oder Kalkstückchen in einen Gasentwickler (Abb. 36 oder 37) und lassen durch das Trichterrohr Salzsäure zufließen. Sofort zeigt sich eine lebhafte Gasentwicklung.*

$$\underset{\text{Kalk}}{CaCO_3} + \underset{\text{Salzsäure}}{2\,HCl} \longrightarrow \underset{\substack{\text{Kalzium-}\\\text{chlorid}}}{CaCl_2} + \underset{\text{Kohlensäure}}{[H_2CO_3]}$$

$$[H_2CO_3] \longrightarrow \underset{\text{Wasser}}{H_2O} + \underset{\substack{\text{Kohlen-}\\\text{dioxyd}}}{CO_2\uparrow}$$

● Versuch 181: Prüfung des entstehenden Gases. *Wenn wir das entstehende Gas durch eine Waschflasche (Abb. 52) leiten, die mit Kalkwasser zur Hälfte gefüllt ist, so tritt sofort eine milchige Trübung auf (CO_2-Nachweis).*

[342] Kohlensäure. Was geschieht mit dem Kohlendioxyd, wenn es mit Wasser zur Reaktion kommt?

Kohlendioxyd löst sich in Wasser zu der schwachen Kohlensäure $[H_2CO_3]$. Kohlendioxyd ist also das Säureanhydrid der Kohlensäure.
Die Kohlensäure ist, wie die schweflige Säure, unbeständig und existiert nur in wässeriger Lösung.

● Versuch 182: Herstellung von Kohlensäure. *Wir füllen eine Waschflasche zur Hälfte mit Wasser, dem etwas blaue Lackmustinktur zugesetzt ist. Dann leiten wir in diese Waschflasche Kohlendioxydgas ein. Das Wasser färbt sich schwach rot.*

Ergebnis: Kohlendioxyd als Nichtmetalloxyd [154] bildet mit Wasser eine schwache Säure, die *Kohlensäure:*

$$\underset{\text{Wasser}}{H_2O} + \underset{\text{Kohlendioxyd}}{CO_2} \longrightarrow \underset{\text{Kohlensäure}}{[H_2CO_3]}$$

Die schwache Kohlensäure ist unbeständig und existiert nur in wässeriger Lösung (sie wird daher in Klammern gesetzt). Wir können die Kohlensäure also nie wasserfrei herstellen.

Kohlendioxyd CO_2 ist also das Säureanhydrid der Kohlensäure $[H_2CO_3]$.

[343] Die Löslichkeit des Kohlendioxyds. Die Löslichkeit des Kohlendioxyds in Wasser nimmt mit steigendem Druck zu (siehe Kohlensäurewäscher! [270]). So wird Kohlendioxyd künstlich unter Druck in Wasser gelöst; die Lösung kommt als „Mineralwasser" in den Handel. Öffnen wir eine mit Mineralwasser oder Selterswasser gefüllte Flasche, so perlt sofort und sehr lebhaft das Kohlendioxydgas in die Höhe, weil beim Nachlassen des Druckes (Entspannung durch das Öffnen der Flasche) die Löslichkeit des Kohlendioxyds geringer wird.

Mit zunehmendem Druck nimmt die Löslichkeit des Kohlendioxyds in Wasser zu (Selterswasser und Mineralwasser).

[344] Kohlendioxyd ist unbrennbar. Kohlendioxyd ist nicht brennbar und unterhält auch die Verbrennung nicht.

Kohlendioxyd ist nicht brennbar und unterhält auch die Verbrennung nicht. Flammen erlöschen in Kohlendioxyd.

● Versuch 183: Flammen erlöschen in Kohlendioxyd. *Füllen Sie einen Standzylinder mit Kohlendioxyd! Tauchen Sie in diesen Zylinder eine brennende Kerze ein, die auf einem Verbrennungslöffel befestigt ist (Versuchsanordnung wie Abb. 54)! Die Kerze erlischt.*

● Versuch 184: Flammenleiter und Kohlendioxyd. *In einen Standzylinder bauen wir eine kleine Leiter ein und befestigen auf den einzelnen Sprossen kleine Kerzen. Nachdem wir die Kerzen entzündet haben, leiten wir das im Gasentwickler hergestellte CO_2 auf den Grund des Zylinders (Abb. 114a).* Eine Kerze nach der anderen erlischt vom Grunde des Zylinders aus; dies zeigt uns an, wie hoch der Standzylinder bereits mit Kohlendioxyd gefüllt ist (Abb. 114b).

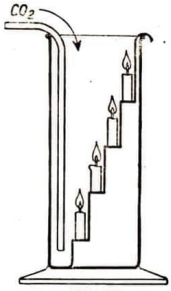


Abb. 114a
Standzylinder mit Kerzenleiter wird mit Kohlendioxyd gefüllt

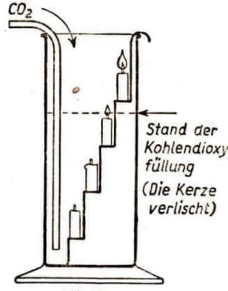


Abb. 114
Das Erlöschen der einzelnen Kerzen zeigt den Stand der CO_2-Füllung an

[345] Kohlendioxyd ist schwerer als Luft. Ein Liter Kohlendioxyd wiegt 1,96 g.

Kohlendioxyd ist 1,5 mal so schwer wie Luft; es senkt sich also zu Boden. 1 Liter Kohlendioxyd wiegt 1,96 g.

● Versuch 185: Geheimnisvolle Erscheinung. *Vor uns stehen drei Standzylinder. Der erste ist mit Kohlendioxyd gefüllt, der zweite enthält Luft; in dem dritten, der ebenfalls Luft enthält, brennt eine Kerze. Gießen Sie nunmehr den Inhalt des Kohlendioxydzylinders in den zweiten Zylinder, und gießen Sie anschließend den Inhalt des zweiten Zylinders in den dritten in der gleichen Art, in der Wasser aus einem Gefäß in das andere gegossen wird. Sofort erlischt die Kerze (Abb. 115).*

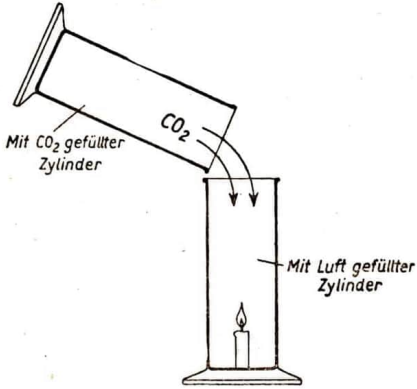


Abb. 115. Übergießen von Kohlendioxyd von einem Zylinder in den anderen

Jeder ist verblüfft, der dieses Experiment zum ersten Male sieht, weil das Kohlendioxyd unsichtbar ist.

Erklärung: Das Kohlendioxyd ist schwerer als Luft und läßt sich wie Wasser von einem Gefäß in das andere gießen; es ist 1,5mal so schwer wie Luft.

[346] Vorkommen des Kohlendioxyds. Kohlendioxyd ist in geringer Menge (0,03%) in der atmosphärischen Luft enthalten. Es bildet sich immer neu bei der Verbrennung (Versuch 51) und bei der Atmung

Die atmosphärische Luft enthält 0,03% Kohlendioxyd. Aus ihr nehmen die Pflanzen Kohlen-

(Versuch 53). Die ausgeatmete Luft enthält etwa 4% CO_2. Die Pflanzen nehmen im Assimilationsprozeß mit ihren Blättern Kohlendioxyd auf und beziehen aus ihm den Kohlenstoff, den sie zum Aufbau ihres Körpers brauchen([56] und Abb. 24; ferner die Abbildungen 6 und 7 im Übungsbrief 9).

dioxyd im Assimilationsprozeß auf. Der Kohlendioxydgehalt der Luft wird durch Verbrennungsvorgänge und durch die Atmung immer wieder ergänzt. Kohlendioxyd tritt als Vulkangas auf. Es löst sich in den Grund- und Quellwässern (Bildung von Säuerlingen; Selterswasser).

Kohlendioxyd entweicht auch aus den Kratern tätiger Vulkane und entströmt Erdspalten in der Nähe erloschener Vulkane (Mofetten).

So haben wir in Deutschland in der Eifel, einem alten Vulkangebiet, noch zahlreiche Kohlendioxydausströmungen. Durch Auflösung des Kohlendioxyds in den Grund- und Quellwässern entstehen kohlensäurehaltige Mineralwässer, die man bei höherem CO_2-Gehalt als *Säuerlinge* bezeichnet (Selterswasser; [69]). Durch sein hohes spezifisches Gewicht sammelt sich Kohlendioxydgas nicht selten in Vertiefungen des Bodens, in Erdspalten und ganzen Talzügen an, in denen dann weder Tiere noch Menschen zu leben vermögen (Hundsgrotte bei Neapel und Todestal auf Java.) Kohlendioxyd entsteht außerdem als Verwesungsprodukt organischer Stoffe im Erdboden (Abb. 24).

[347] **Verwendung des Kohlendioxyds.** Kohlendioxyd wird bei einer Temperatur unter 31° zu einer Flüssigkeit verdichtet und in Stahlflaschen gepreßt („Kohlensäureflaschen"). Beim Öffnen der Düsen vergast die Flüssigkeit unter Druckentspannung und treibt in den Bierdruckapparaten das Bier vom Lagerkeller zur Zapfstelle. CO_2 bewirkt den erfrischenden Geschmack des Bieres und ebenso den erfrischenden Geschmack des Quellwassers in der Natur. Abgestandenes Bier und Wasser schmecken fade. Da Kohlendioxyd überall im Erdboden als Verwesungsprodukt entsteht, ist es auch in jedem natürlichen Quellwasser enthalten. Es wird zur Herstellung erfrischender Getränke (Mineralwasser und Limonaden) viel verwendet, denen gleichzeitig Fruchtsäfte (Zitrone, Himbeer) oder noch häufiger künstlich hergestellte Geschmacksstoffe zugesetzt werden.

Kohlendioxyd kommt in Stahlflaschen, den „Kohlensäureflaschen", in den Handel, in denen es zu einer Flüssigkeit verdichtet ist.
In den Bierdruckapparaten drückt es das Bier aus dem Lagerkeller zu der Zapfstelle. Kohlendioxyd bewirkt den erfrischenden Geschmack des Quellwassers, des Mineralwassers und der Limonaden. Die Verdunstungskälte des Kohlendioxyds ist so groß, daß es beim Ausströmen in einen Beutel zu Kohlensäureschnee erstarrt. Verwendung als Trockeneis.

Beim Ausströmen des Kohlendioxyds aus den Kohlensäureflaschen ist die entstehende Verdunstungskälte derart groß ($\sim -80°$), daß das Kohlendioxyd als „Kohlensäureschnee" erstarrt, wenn man es in einen

Beutel einströmen läßt. Gepreßter Kohlensäureschnee findet als *„Trockeneis"* Verwendung. Beim Erwärmen hinterläßt das Trockeneis keinerlei Rückstände, da es vergast.

45. Kapitel: Die Karbonate

A. Lehrgang

[348] Die Salze der Kohlensäure. Die Kohlensäure [H_2CO_3] bildet als Salze die *Karbonate*. Bei Versuch 51 haben wir Kohlendioxyd CO_2 in Kalkwasser $Ca(OH)_2$ eingeleitet; es bildete sich eine milchige Trübung von Kalziumkarbonat = Kalk $CaCO_3$:

$$\underset{\text{Kohlendioxyd}}{CO_2} + \underset{\text{Kalkwasser}}{Ca(OH)_2} \longrightarrow \underset{\text{Kalk (weiß)}}{CaCO_3\downarrow} + \underset{\text{Wasser}}{H_2O}$$

Die gleiche milchige Trübung entsteht, wenn wir das kohlendioxydhaltige Atemwasser durch Kalkwasser blasen (Versuch 53).

[349] Ein rätselhafter Vorgang und seine Erklärung. Nicht immer verläuft eine Niederschlagsbildung gleichförmig.

● Versuch 186: Die Trübung, die wieder verschwindet. *Noch einmal leiten wir Kohlendioxydgas durch Kalkwasser. Anfangs bildet sich die milchige Trübung aus, die immer dichter und undurchsichtiger wird. Nach einiger Zeit wird bei fortgesetzter Zufuhr von Kohlendioxyd die Niederschlagsbildung wieder lichter und verschwindet schließlich völlig.*

Erklärung:

a) Bildung der Kohlensäure:

$$\underset{\text{Kohlendioxyd}}{CO_2} + \underset{\text{Wasser}}{H_2O} \longrightarrow \underset{\text{Kohlensäure}}{[H_2CO_3]}$$

b) Die Niederschlagsbildung:

$$Ca(OH)_2 + H_2CO_3 \longrightarrow \underset{\substack{\text{Kalk = Kalzium-}\\\text{karbonat}\\\text{(wasserunlöslich)}}}{CaCO_3\downarrow} + 2\,H_2O$$

B. Kurzfassung

Die Kohlensäure [H_2CO_3] bildet als Salze die Karbonate. Mit gelösten Kalziumverbindungen reagiert sie unter Bildung von unlöslichem Kalziumkarbonat = Kalk $CaCO_3$.

Bei länger anhaltendem Einleiten von Kohlendioxyd in Kalkwasser löst sich der anfangs gebildete Niederschlag von $CaCO_3$ wieder auf, da er unter Aufnahme von weiterer Kohlensäure in die lösliche Verbindung $Ca(HCO_3)_2$ übergeht, die Kalziumbikarbonat heißt.

c) Die Lösung des Niederschlages:

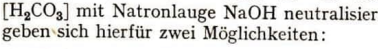
$$\underset{\text{Kalziumkarbonat (wasserunlöslich)}}{CaCO_3} + \underset{\text{Kohlensäure}}{H_2CO_3} \longrightarrow \underset{\text{Kalziumbikarbonat (wasserlöslich)}}{Ca(HCO_3)_2}$$

Durch das Zusammentreten von Kalk mit weiterer Kohlensäure hat sich eine wasserlösliche Verbindung gebildet.

[350] „Saure Salze". Wenn wir die Kohlensäure [H_2CO_3] mit Natronlauge NaOH neutralisieren, so ergeben sich hierfür zwei Möglichkeiten:

Bei der Neutralisierung von Kohlensäure mit Natronlauge unterscheiden wir 2 Stufen:

a) Wir lassen zwei Moleküle Natronlauge auf ein Molekül Kohlensäure einwirken:

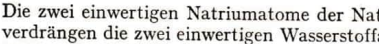


$$2\,NaOH + H_2CO_3 \longrightarrow Na_2CO_3 + 2\,H_2O$$

a) Die zwei Wasserstoffatome des Kohlensäuremoleküls werden durch Na ersetzt; es entsteht Na_2CO_3.

Die zwei einwertigen Natriumatome der Natronlauge verdrängen die zwei einwertigen Wasserstoffatome im Kohlensäuremolekül. Es bildet sich Natriumkarbonat Na_2CO_3.

b) Wir lassen nur ein Molekül Natronlauge auf je ein Molekül Kohlensäure einwirken:



$$Na \cdot OH + \begin{matrix} H \\ H \end{matrix}\!\!\rangle CO_3 \longrightarrow \begin{matrix} Na \\ H \end{matrix}\!\!\rangle CO_3 + H_2O$$

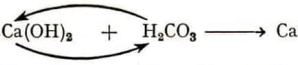
b) Nur ein Wasserstoffatom der Kohlensäure wird durch Na ersetzt; es entsteht die Verbindung $NaHCO_3$. Eine derartige Verbindung, bei der nicht alle Wasserstoffatome des Säuremoleküls durch Metall ersetzt sind, bezeichnet man als saures Salz.

Das einwertige Natriumatom kann nur eines der beiden Wasserstoffatome im Kohlensäuremolekül ersetzen. Es entsteht die Verbindung $NaHCO_3$. Diese Verbindung ist ein Salz, denn sie enthält Metall und einen Säurerest (Definition des Salzes; [161]). Man könnte die Verbindung aber auch noch als Säure auffassen, da sie Wasserstoff und einen Säurerest enthält (Definition der Säure; [160]). Die Verbindung $NaHCO_3$ nimmt eine Zwischenstellung ein; man bezeichnet sie als „saures Salz".

Bei den sauren Salzen sind also nicht alle ersetzbaren Wasserstoffatome im Säuremolekül tatsächlich durch Metall ersetzt.

[351] „Bikarbonate". Bei der Bildung von $CaCO_3$ hat ein zweiwertiges Kalziumatom die beiden Wasserstoffatome des Kohlensäuremoleküls ersetzt:

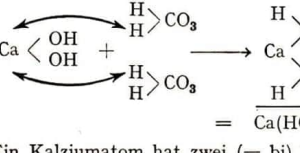
Die gleichen Möglichkeiten bestehen, wenn das zweiwertige Kalziumatom



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

Die entstandene Verbindung heißt *Kalziumkarbonat* oder *kohlensaurer Kalk.*

Tritt ein zweites Kohlensäuremolekül in die Reaktion ein, so ersetzt das eine vorhandene Kalziumatom nur je ein Wasserstoffatom jedes Säuremoleküls:



$$Ca\begin{matrix}OH\\OH\end{matrix} + \begin{matrix}H\\H\end{matrix}\!\!>\!CO_3 \longrightarrow Ca\begin{matrix}>CO_3\\>CO_3\\H\end{matrix}\;\begin{matrix}\\+\\H-OH\end{matrix}\;\begin{matrix}\\\\H-OH\end{matrix}$$

$$= Ca(HCO_3)_2 + 2\,H_2O$$

Ein Kalziumatom hat zwei (= bi) Säurereste (CO_3) gebunden; wir nennen das entstandene Salz daher Kalzium*bi*karbonat oder *doppelt*kohlensauren Kalk.

Na_2CO_3 ist Natriumkarbonat oder kohlensaures Natron,

$NaHCO_3$ ist Natriumbikarbonat oder doppeltkohlensaures Natron.

in die Reaktion eintritt.

a) Ca^{II} ersetzt die beiden H-Atome des Säuremoleküls und bildet $CaCO_3$ = Kalziumkarbonat oder kohlensaurer Kalk.

b) Das Ca-Atom ersetzt nur je 1 Wasserstoffatom im Säuremolekül und bildet $Ca(HCO_3)_2$ = Kalziumbikarbonat oder doppeltkohlensaurer Kalk.

Na_2CO_3 = Natriumkarbonat oder kohlensaures Natrium, $NaHCO_3$ = Natriumbikarbonat oder doppeltkohlensaures Natron.

[352] „Einbasische und mehrbasische Säuren". Salzsäure HCl ist eine *einbasische Säure.* Sie enthält nur ein Atom Wasserstoff, das durch Metall ersetzt werden kann. Es können also keine „sauren Chloride" gebildet werden, da stets der gesamte Wasserstoffgehalt im Säuremolekül durch Metall ersetzt wird.

Die Schwefelsäure H_2SO_4 und die Kohlensäure [H_2CO_3] sind *zweibasische Säuren.* Sie enthalten je zwei Atome ersetzbaren Wasserstoff im Molekül und können daher auch zwei Reihen von Salzen bilden, je nachdem, ob das Metall nur ein Wasserstoffatom oder beide Wasserstoffatome ersetzt.

Die Phosphorsäure H_3PO_4 als dreibasische Säure enthält 3 Wasserstoffatome im Molekül, die durch Metall ersetzt werden können. Demnach bildet sie auch drei Reihen von Salzen, je nachdem, ob 1, 2 oder 3 Wasserstoffatome durch Metall ersetzt werden.

Wie wir das unlösliche Kalziumkarbonat in Versuch 186 in das lösliche Kalziumbikarbonat übergeführt haben, so wird das unlösliche Kalziumphosphat (Phosphorit) durch Schwefelsäure in wasserlösliche saure Phosphor-

Einbasische Säuren enthalten im Molekül nur ein Atom Wasserstoff, das durch Metall ersetzbar ist. Salzsäure ist eine einbasische Säure. Zweibasische Säuren enthalten im Molekül zwei durch Metall ersetzbare Wasserstoffatome. Schwefelsäure und Kohlensäure sind zweibasische Säuren. Die dreibasische Phosphorsäure enthält drei Wasserstoffatome im Molekül und bildet entsprechend auch drei Reihen von Salzen aus.

salze übergeführt, die als Düngemittel Verwendung finden [299].

$$\underset{\text{Trikalzium-phosphat}}{Ca_3(PO_4)_2} + 2\,H_2SO_4 \longrightarrow \underbrace{Ca(H_2PO_4)_2}_{\text{Superphosphat}} + 2\,CaSO_4$$

Schwefelsäure

Das Reaktionsgemisch der rechten Seite, das aus saurem Phosphat und Kalziumsulfat besteht, kommt als „Superphosphat" in den Handel und stellt ein hochwertiges Düngemittel dar.

46. Kapitel: Kohlenmonoxyd

A. Lehrgang | B. Kurzfassung

[353] Entstehung des Kohlenoxyds. Wenn auf ein Kohlenfeuer frische Kohlen nachgeschüttet werden, können wir häufig blaue Flämmchen beobachten, die auf den Kohlen hin- und hertänzeln und von einem brennbaren Gase herrühren müssen. Die gleiche Erscheinung zeigt sich auf langsam brennendem Koks. Es kann sich nicht um Kohlendioxyd handeln, da dieses nicht brennbar ist. Es hat sich vielmehr eine andere gasförmige Verbindung zwischen Kohlenstoff und Sauerstoff gebildet, das Kohlenmonoxyd = Kohlenoxyd mit der Formel CO. Kohlenoxyd entsteht immer dann, wenn glühende Kohlen bei ungenügender Luftzufuhr verbrennen.

Bei langsamer Verbrennung von Koks und Kohle zeigen blaue Flämmchen die Bildung eines brennbaren Kohlenstoffoxyds von der Formel CO an, das den Namen Kohlenoxyd trägt.
Kohlenoxyd entsteht, wenn glühende Kohlen bei ungenügender Luftzufuhr verbrennen.

[354] Reduktion des Kohlendioxyds durch Kohlenstoff. Wir können das Kohlenoxyd durch Reduktion von Kohlendioxyd darstellen, indem wir einen regelmäßigen Strom von Kohlendioxyd über glühende Kohle als Reduktionsmittel leiten:

$$\underset{\text{Kohlendioxyd}}{CO_2} + \underset{\text{Kohle}}{C} \longrightarrow \underset{\text{Kohlenoxyd}}{2\,CO}\uparrow$$

In der gleichen Weise entsteht das Kohlenoxyd bei frisch aufgeschüttetem Kohlenfeuer. Die glühenden Kohlen verbrennen zu Kohlendioxyd, das durch die darüber liegenden Kohlen streicht und von diesen reduziert wird.

In der Nähe des Rostes verbrennen die Kohlen zunächst zu Kohlendioxyd, das durch darüber liegende Kohlenschichten häufig zu Kohlenoxyd reduziert wird.

[355] Die Eigenschaften des Kohlenoxyds. Kohlenoxyd ist ein farbloses Gas, das ebenso schwer wie Luft

Das farblose Kohlenoxyd verbrennt zu Kohlen-

ist. In Wasser ist es nicht löslich. Es verbrennt mit blauer Flamme zu Kohlendioxyd:

$$\underset{\text{Kohlenoxyd}}{CO} + \underset{\text{Sauerstoff}}{O} \longrightarrow \underset{\text{Kohlendioxyd}}{CO_2\uparrow}$$

Kohlenoxyd ist sehr giftig. Schon ein Gehalt von 0,05% CO in der Luft führt bei längerem Einatmen zum Tode. Das Gas wird selten rechtzeitig erkannt, da es geruchlos und geschmacklos ist. Daher ist Vorsicht vor dem Betreten kohlenoxydhaltiger Räume dringend geboten. Verschiedentlich liest man in den Zeitungen von Kohlenoxydgasvergiftungen; oft ist das Gas aus schadhaften Öfen infolge geringen Kaminzuges in die Wohn- oder Schlafräume gedrungen. Unglücksfälle geschehen ferner durch vorzeitiges Schließen der Ofentüren an Berliner Öfen oder durch unvorsichtiges Betreten von Ofenanlagen und Kesseln bei der Reparatur. *Auch die Stadtgasvergiftungen sind Kohlenoxydvergiftungen*, da Stadtgas bis zu 15% Kohlenoxyd enthält [359].

Das Kohlenoxyd verbindet sich sehr leicht mit dem roten Blutfarbstoff und hindert ihn dadurch, Sauerstoff in der Lunge aufzunehmen und in die Gewebe weiterzuleiten. Der Tod tritt dann durch Ersticken ein.

dioxyd. In Wasser ist es unlöslich.
Bereits ein Gehalt der Luft an 0,05% CO wirkt bei längerem Einatmen tödlich. Daher Vorsicht vor CO-gefährdeten Räumen! Auch die Stadtgasvergiftungen sind Kohlenoxydvergiftungen; denn das Stadtgas enthält bis 15% CO.
Kohlenoxyd verbindet sich mit dem roten Blutfarbstoff und hindert diesen, den Sauerstoff in der Lunge aufzunehmen.

[356] Kohlenoxyd ist ein gutes Reduktionsmittel. Wenn wir Kohlenoxyd über erhitztes schwarzes Kupferoxyd leiten, entsteht metallisches Kupfer:

$$\underset{\text{Kohlenoxyd}}{CO} + \underset{\substack{\text{Kupferoxyd}\\ \text{braunschwarz}}}{CuO} \longrightarrow \underset{\substack{\text{Kupfer}\\ \text{metallglänzend}}}{Cu} + \underset{\text{Kohlendioxyd}}{CO_2\uparrow}$$

Kohlenoxyd ist in der Hitze ein kräftig wirkendes Reduktionsmittel, das im Hochofen praktisch angewendet wird, um aus Metalloxyden die Metalle zu gewinnen.

Kohlenoxyd ist in der Hitze ein starkes Reduktionsmittel, das z. B. im Hochofen die Erze zu Metallen reduziert.

[357] Verwendung des Kohlenoxyds. Trotz seiner Gefährlichkeit findet das Kohlenmonoxyd in der Industrie weitgehend Verwendung. Durch Überleiten von Luft über dicke, glühende Koksschichten stellt man *Generatorgas* her, das ein Gemisch von Kohlenmonoxyd und Stickstoff ist [266]. Es wird vielfach als Heizgas benutzt, so z. B. in Glasfabriken, zum Beheizen der Kammeröfen in den Gaswerken und bei der Stahlerzeugung.

In der Industrie findet Kohlenoxyd vielfach in Gasmischungen Verwendung. So ist Generatorgas ein Gemisch von Kohlenoxyd und Stickstoff; es dient als Heizgas. Das Wassergas ist ein Gemisch von Kohlenoxyd und Wasserstoff. Es dient ebenfalls als

Ebenso wichtig ist das durch Einwirkung von Wasserdampf auf glühende Kohlen gewonnene *Wassergas*, ein Gemisch aus Kohlenoxyd und Wasserstoff, das unter anderem dem Stadtgas zugesetzt wird [267]. Beide Gasgemische liefern nach der Entfernung des Kohlenoxyds [270] die Grundstoffe Stickstoff und Wasserstoff für die Haber-Bosch-Ammoniak-Synthese [272].

Heizgas und als Zusatz zum Stadtgas. Beide Gase werden nach dem Entfernen des Kohlenoxyds zur Haber-Bosch-Ammoniak-Synthese gebraucht.

[358] Die Entgasung der Kohle. Die Entgasung der Kohle ist eine Trockendestillation, wobei die als „Gaskohle" bekannte Fettkohle mit einem Kohlenstoffgehalt von mindestens 80% unter Luftabschluß in eisernen Röhren (Retorten) oder in modernen Kammeröfen erhitzt wird. Die entstehenden festen, flüssigen und gasförmigen Produkte wollen wir zunächst an einem einfachen Vorversuch kennenlernen.

Die Entgasung der Kohle geschieht in Retortenöfen oder in Kammeröfen und stellt eine Trockendestillation der Kohle dar. Hierbei entstehen gasförmige, flüssige und feste Endprodukte; die wichtigsten unter ihnen sind Koks, Teer und Leuchtgas.

● Versuch 187: Modell eines Gaswerkes. *Wie beim Versuch 172 erhitzen wir Braunkohle in einem schwer schmelzbaren Reagenzglas. Diesmal schließen wir zwei Vorlagen an, von denen die zweite zu einem Drittel mit Wasser gefüllt ist. Zwischen den beiden Vorlagen wird eine Kugelröhre eingeschaltet, deren Kugel von einem Wattepfropfen erfüllt ist (Abb. 116).*

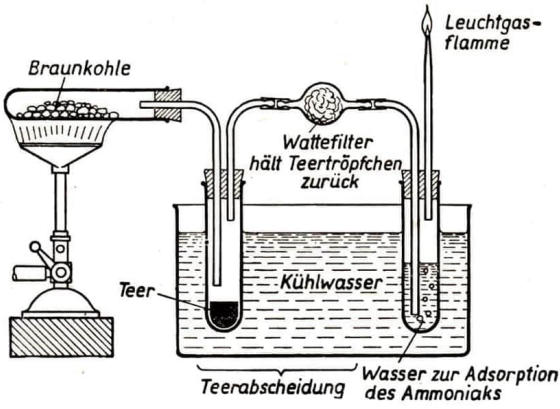


Abb. 116. Modell eines Gaswerkes

Beim Erhitzen der Kohle verdichtet sich ein Teil der entweichenden Stoffe in der Vorlage 1 zu schwarzbraunem, schmierigem Teer. Einzelne Teertröpfchen, die in der Vorlage 1 nicht festgehalten werden, bleiben im Wattefilter des Kugelrohres hängen. An dem zu einer Spitze ausgezogenen Endrohr läßt sich eine Leuchtgasflamme entzünden.

Im Leuchtgas lassen sich Wasserstoff und Kohlenstoffverbindungen nachweisen.

● Versuch 188: Nachweis von Wasserstoff und Kohlenstoffverbindungen. *Halten Sie in die Leuchtgasflamme des Versuches 187 einen kalten, glasierten Porzellanscherben! Der Scherben beschlägt sofort; dann setzt sich auf ihm Ruß ab.* Da das Leuchtgas beim Brennen Wasser bildet, muß es Wasserstoff enthalten; da es Ruß abscheidet, müssen auch Kohlenstoffverbindungen in ihm enthalten sein.

Leuchtgas ist farblos, hat einen eigentümlichen Geruch und ist giftig.

● Versuch 189: Leuchtgas ist giftig. *Wir blasen die Leuchtgasflamme aus und leiten das Gas in einen bedeckten Zylinder, in dem sich eine Fliege befindet. Das Tier stirbt sogleich.* Leuchtgas ist ein farbloses Gas von eigentümlichem Geruch; es ist giftig (CO-Gehalt – [355]).

Leuchtgas enthält in ungereinigtem Zustande Schwefelwasserstoff. Dieser bewirkt den eigentümlichen Geruch des Gases.

● Versuch 190: Nachweis von Schwefelwasserstoff. *Wir halten über die Mündung des Endrohres einen blanken, silbernen Gegenstand (Löffel, Münze). Das Silber läuft erst rötlich, dann braunschwarz an.*

Das Anlaufen des Silbers deutet auf das Vorhandensein von Schwefelwasserstoff hin; es hat sich braunschwarzes Silbersulfid gebildet.

$$\underset{\text{Schwefelwasserstoff}}{H_2S} + \underset{\text{silberglänzend}}{Ag} \longrightarrow \underset{\text{braunschwarz}}{Ag_2S\downarrow} + \underset{\text{Wasserstoff}}{H_2\uparrow}$$

Leuchtgas enthält Ammoniakgas, das in der Vorlage zu Ammoniumhydroxyd gelöst wird.

● Versuch 191: Untersuchung der Vorlage 2. *Untersuchen wir das Wasser in Vorlage 2 mit Lackmuspapier, so stellen wir Blaufärbung fest.* Also befindet sich nach dem Versuch eine basisch reagierende Flüssigkeit in der Vorlage.

● Versuch 192: Untersuchung des Gases, das aus dem Kugelrohr austritt. *Nunmehr erhitzen wir die Kohle weiter und bringen an die Mündung des Kugelrohres einen mit Salzsäure befeuchteten Glasstab. Sofort bilden sich weiße Nebel.* Das Gas enthält also Ammoniak, das mit Salzsäure Salmiaknebel bildet [258].

$$\underset{\text{Ammoniak}}{NH_3} + \underset{\text{Salzsäure}}{HCl} \longrightarrow \underset{\text{Salmiaknebel}}{NH_4Cl\downarrow}$$

[359] **Das Stadtgas.** Das von den Gaswerken gelieferte Stadtgas ist gereinigt; es enthält weder Teer noch Ammoniak. Nur geringe Mengen Schwefelwasserstoff sind der Reinigung entgangen und geben dem Gas seinen charakteristischen Geruch.

Durchschnittlich besteht das Stadtgas aus

52% Wasserstoff,
20% Methan,
18% Kohlenmonoxyd,
6% Stickstoff,
2% höheren Kohlenwasserstoffen und
2% Kohlendioxyd.

Außer dem Stickstoff und dem Kohlendioxyd sind alle Bestandteile brennbar. Der Name „Leuchtgas" für die Gasmischung ist nicht mehr gerechtfertigt, denn die Leuchtkraft des Gases beruht auf seinem Gehalt an höheren Kohlenwasserstoffen (2%!), die heute zum größten Teile als wertvolle Nebenprodukte dem Stadtgas entzogen werden. Wasserstoff hingegen erzeugt eine sehr heiße, aber nichtleuchtende Flamme; ebenso ist die Leuchtkraft des Kohlenoxyds und des Methans gering. Es handelt sich heute also um ein *Heizgas*, das entweder zum Kochen oder in den Gaslampen zum Erhitzen der Glühstrümpfe auf Weißglut dient.

Das von den Gaswerken gelieferte Stadtgas besteht aus etwa
50% Wasserstoff,
20% Methan,
18% Kohlenoxyd und
6% Stickstoff.
Früher war das Gas ein „Leuchtgas"; seine Flamme leuchtete. In neuerer Zeit werden dem Gase die leuchtenden Bestandteile (höhere Kohlenwasserstoffe) als wertvolle Nebenprodukte entzogen. Das Gas brennt mit nichtleuchtender Flamme und dient als Heizgas zur Heizung oder beim Gasglühlicht zum Erhitzen der Glühstrümpfe auf Weißglut.

K. Zusammenfassung (41.–46. Kapitel)

41. Kapitel: Der Kohlenstoff

Kohlenstoff ist ein vierwertiges Nichtmetall mit dem chemischen Zeichen C. Er entsteht bei der Trockendestillation organischer Stoffe. C verbrennt zu Kohlendioxyd. Kohlenstoff adsorbiert auf seiner großen Oberfläche Farbstoffe und Gase (Aktivkohle).
Reiner Kohlenstoff findet sich in der Natur als Graphit und Diamant. Graphit ist sehr weich (Bleistiftminen); Diamant ist das härteste uns bekannte Mineral.

42. Kapitel: Die Kohlen

Ähnlich wie die Trockendestillation in der Industrie verläuft die Inkohlung in der Erdrinde. Pflanzenteile werden unter Mitwirkung von Bakterien unter Luftabschluß zersetzt. Durch intramolekulare Oxydation entstehen gasförmige Pro-

dukte, während sich der Kohlenstoff mit fortschreitender Inkohlung in den Rückständen immer mehr anreichert. Mit zunehmendem Alter und zunehmender Inkohlung wird daher auch der Heizwert der entstehenden Kohlen immer größer (Torf, Braunkohle, Steinkohle). Unter Heizwert verstehen wir die Wärmemenge in kcal, die beim Verbrennen von 1 kg festem oder 1 nm^3 gasförmigem Brennstoff entsteht.

43. Kapitel: Flamme und Beleuchtung

Flammen sind brennende Gase. Stoffe, die mit Flammenerscheinung verbrennen, vergasen vor dem Verbrennungsvorgang, so z. B. das Petroleum oder das Stearin der Kerzen an der Spitze des Dochtes. In der Hitze der Flamme zersetzen sich die Kohlenwasserstoffe unter Abscheidung von Kohlenstoffteilchen, die in der Flamme aufglühen und das Leuchten der Flamme verursachen.

Die Flamme besteht aus einem äußeren, schwach leuchtenden, sehr heißen und dünnen Mantelsaum, in dem die vollständige Vermischung mit Luftsauerstoff und darauf die Verbrennung der Gase stattfindet. Die Hitze des Mantelsaumes führt zur Zersetzung der Verbrennungsgase im darunterliegenden Flammenkegel, wobei die entstehenden Kohlenstoffteilchen hell aufleuchten und den Flammenkegel zum Leuchten bringen. Im Inneren der Flamme, im dunklen Flammenkern, finden weder Verbrennungserscheinungen noch Zersetzungserscheinungen statt.

Durch Mischen der Verbrennungsgase mit Luftsauerstoff vor der Verbrennung werden höhere Flammentemperaturen erzielt, so z. B. im Bunsenbrenner und im Teclubrenner. Es entstehen kurze, nichtleuchtende, sehr heiße Flammen durch vollständige Verbrennung aller Gasbestandteile. Durch die Bunsenbrennerflamme werden im Gasglühlicht die Glühstrümpfe, die aus Thoriumoxyd und Zeroxyd bestehen, auf Weißglut erhitzt.

Beim elektrischen Licht werden Metallfäden oder Kohlefäden in den mit Stickstoff oder Edelgas gefüllten Glühbirnen durch elektrischen Strom auf Weißglut erhitzt und strahlen Licht aus.

44. Kapitel: Kohlendioxyd

Kohlendioxyd ist ein farbloses Gas, das bei vollkommener Verbrennung entsteht; es ist selbst nicht brennbar und unterhält auch die Verbrennung nicht. Kohlendioxyd ist 1,5mal so schwer wie Luft. In geringer Menge (0,03%) ist es in der Luft enthalten und wird von der Pflanze im Assimilationsprozeß verbraucht. Bei der Atmung, bei der Verbrennung und bei der Verwesung entsteht CO_2 und strömt in die Atmosphäre zurück. CO_2 findet im festen Zustande als Trockeneis Verwendung. Im Laboratorium wird Kohlendioxyd durch Einwirkung von Salzsäure auf Marmor (Kalk) gewonnen.

45. Kapitel: Die Karbonate

Die Kohlensäure [H_2CO_3] ist eine sehr unbeständige, schwache Säure, die frei nicht existenzfähig ist. Sie entsteht beim Einleiten von Kohlendioxyd in Wasser. Als zweibasische Säure bildet sie zwei Reihen von Salzen, die Karbonate und als saure Salze die Bikarbonate.

46. Kapitel: Kohlenmonoxyd

Kohlenmonoxyd entsteht bei langsamer Verbrennung von Koks und Kohle unter beschränktem Luftzutritt. Es entsteht auch durch Reduktion von CO_2 durch heiße Kohlen.

Kohlenmonoxyd ist ein farbloses, äußerst giftiges Gas, das ebenso schwer wie Luft ist. In Wasser ist es nicht löslich. Es verbrennt mit blauer Flamme zu Kohlendioxyd. Kohlenmonoxyd ist der giftige Bestandteil des Stadtgases, des Generatorgases und Wassergases. CO ist ein gutes Reduktionsmittel und dient im Hochofenprozeß zur Reduktion der oxydischen Erze zu reinen Metallen.

Best.-Nr. 16320/10
Lizenz Nr. 334
1000/48-II 183

Verfaßt von einer Autoren-Arbeitsgemeinschaft der Gewerkschaft der Lehrer und Erzieher im FDGB. Leipzig - Schriftleitung: Albert Först, Leipzig - Satz: Offizin Haag-Drugulin in Leipzig (M 103) - Druck: Bonneß & Hachfeld, Potsdam (Reg.8) A 73

DIE DEUTSCHE FERNSCHULE
LEHRBRIEFE FÜR FERN- UND SELBSTUNTERRICHT
VOLK UND WISSEN VERLAGS GMBH • BERLIN/LEIPZIG

47. Kapitel: Ein Besuch im Gaswerk

A. Lehrgang

[360] Trockendestillation der Kohle im Gaswerk. Die anrollenden Loren mit der Steinkohle werden auf Kippbühnen entleert und die Kohlen in den Kohlenbrechern auf bestimmte Korngrößen zerkleinert. Die gebrochenen Kohlen gelangen durch Hebewerke oder auf Transportbändern in die Bunker über den Öfen. Bei kleineren Gaswerken findet die Trockendestillation der Kohlen in *Retortenöfen* statt, die in großer Zahl über- und nebeneinander angeordnet sind und etwa 600 kg Kohle fassen. In den modernen Gaswerken sind sie durch *Kammeröfen* ersetzt, die aus feuerfesten Steinen errichtet sind. Sie fassen bis 10 t Kohle und werden durch Generatorgas bis zur beginnenden Weißglut der Kohle (1200°) erhitzt. In Abb. 117 sehen wir links den Schnitt durch einen Kammerofen. Aus dem Vorratsbunker rutscht die Kohle in den Ofen hinein. Nach der Entgasung der Kohle wird die Kammertür (rechts) geöffnet und der glühende *Koks* durch die Ausstoßvorrichtung in vorfahrende Löschwagenzüge gedrückt und in diesen durch Wasser aus einem fahrbaren Löschturm abgelöscht.

[361] Graphitbildung. An der Wandung der Retorten setzt sich oft eine Schicht dichten Kohlenstoffs ab, der Retortengraphit. Als guter Leiter der Elektrizität dient er zur Herstellung von Kohlestiften für Bogenlampen und von Elektroden.

B. Kurzfassung

Die Steinkohlen werden in Kohlenbrechern auf bestimmte Korngrößen zerkleinert und durch Hebewerke oder Transportbänder den Vorratsbunkern zugeführt. In den Kammeröfen findet die Entgasung der Kohlen statt. Durch Generatorgas werden die Kammeröfen beheizt und die Kohlen auf Weißglut erhitzt. Nach der Entgasung wird der glühende Koks in Löschwagen ausgestoßen und durch vorfahrende Löschtürme abgelöscht.

An der Wandung der Retorten setzt sich dichter Kohlenstoff als „Retortengraphit" ab und dient zur Herstellung von Kohlestiften für Bogenlampen und von Elektroden.

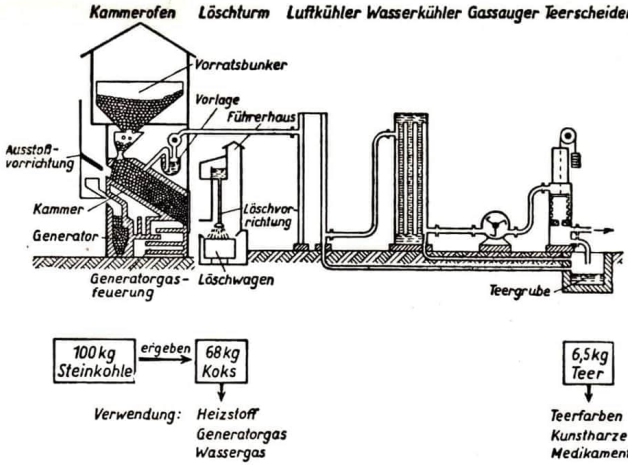
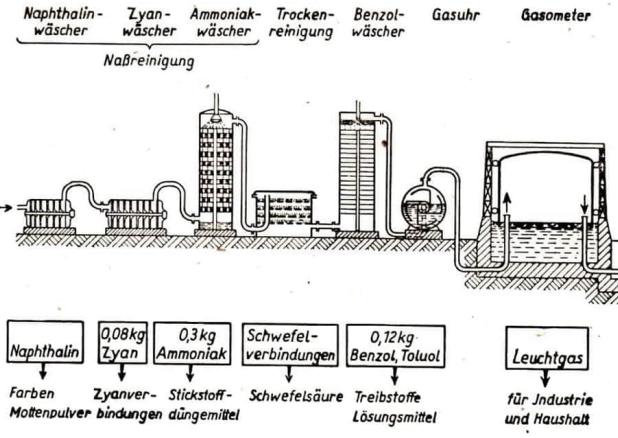


Abb. 117. Schnitt durch ein Gaswerk

[362] **Die Teerabscheidung.** Die den Kammern entströmenden Destillationsprodukte bilden ein braunes Gemisch von Gasen und Nebeln, dessen Temperatur etwa 400° beträgt. In einem umständlichen Reinigungsprozeß werden diesem Gemisch die verschiedensten Nebenprodukte entzogen, so daß zuletzt das reine Stadtgas übrigbleibt. Die Destillationsprodukte steigen zunächst durch Abzugsrohre nach oben und gelangen in ein weites, liegendes Sammelrohr, die *Vorlage*. Das Wasser der Vorlage schließt den Entgasungsraum luftdicht ab. Hier wird das Gas auf etwa 80° abgekühlt. Der Teer verdichtet sich zum Teil, und das Wasser nimmt Ammoniakgas auf. Der nun folgende *Luftkühler* (Abb. 117 und 118) ist ein hohes eisernes Rohr mit doppelten Wänden, zwischen denen das Gas nach unten strömt. Es kühlt sich auf etwa 40° ab, wobei abermals Teer zur Abscheidung kommt.

Das aus den Kammern austretende Destillationsgemisch gelangt in eine Vorlage mit Wasser. Es kühlt sich stark ab, wobei das Wasser Ammoniakgas löst und aus dem Reaktionsgemisch ein Teil des Teeres sich abscheidet. In Luft- und Wasserkühlern wird das Gasgemisch weiter abgekühlt. Abermals scheidet sich Teer aus und fließt in die Teergrube. Durch einen Gassauger wird das Gasgemisch angesaugt und in den Teerscheider gedrückt, wo ihm die letzten Teertröpfchen entzogen werden.

Anschließend durchströmen die Gase den *Wasserkühler*, in dem die Gasrohre von Kühlwasser im Gegenstrom umspült werden (Abb. 117 und 119). Beide Kühler haben Durchmesser von mehreren Metern und sind nicht



selten bis 20 m hoch. Teer und Gaswasser kondensieren sich weiter, so daß nur noch winzige Teertröpfchen im Gase verbleiben.

Der Kühlvorgang hat den Druck des Gases soweit herabgesetzt, daß es durch eine Saugpumpe, den *Gassauger*, angesaugt und in den Teerscheider weitergedrückt werden muß. Der *Teerscheider* besteht aus siebartig durchlöcherten Schwimmglocken, die derart ineinandergeschachtelt sind, daß die Öffnungen der einen Glockenwand der vollen Wandung der nächsten Glocke gegenüberstehen. Die Erschütterungen beim Anprallen des Gasstromes bewirken ein Zusammenfließen der Teertröpfchen. Hierdurch werden die letzten Teerreste dem Gasgemisch entzogen und in die *Teergrube* abgeleitet.

[363] Ammoniak-, Naphthalin- und Zyangewinnung. In der anschließenden *„Nassen Reinigung"* durchläuft das Gasgemisch liegende eiserne Zylinder verschiedener Konstruktionen. In dem *Naphthalinwäscher* wird dem Gas durch Anthrazenöl der Naphthalingehalt entzogen,

In der „Nassen Reinigung" durchläuft das Gasgemisch liegende Eisenzylinder, in denen Naphthalin und Zyan aus dem Gase entfernt werden.

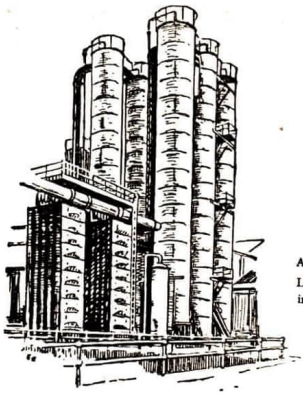


Abb. 118
Luft- und Wasserkühler in einer Kokerei

Das Naphthalin wird in der Farbenindustrie und als Mottenpulver verwendet. Der Zyanschlamm wird ebenfalls in der Farbenindustrie weiterverarbeitet oder zur Herstellung von Zyanverbindungen verwendet.

Im Ammoniakwäscher wird Ammoniak aus dem Gasgemisch herausgelöst und auf Düngemittel verarbeitet.

während im Zyanwäscher die giftige Blausäure durch Eisensulfat gebunden wird:

$$\underset{\text{Eisensulfat}}{FeSO_4} + \underbrace{\underset{\text{Blausäure}}{2\,HCN} + \underset{\text{Ammoniak}}{2\,NH_3}}_{\text{des ungereinigten Gases}} \longrightarrow \underset{\text{Eisenzyanid}}{Fe(CN)_2} + \underset{\text{Ammoniumsulfat}}{(NH_4)_2\,SO_4}$$

Das gewonnene Eisenzyanid $Fe(CN)_2$ wird als Zyanschlamm abgepreßt und in der Farbenindustrie weiterverarbeitet, während das gleichzeitig anfallende Ammoniumsulfat ein geschätztes Düngemittel ist [260].

Die Hauptmenge des Ammoniaks, von dem sich nur $^1/_5$ in der Vorlage abscheidet, wird aus dem Gas in einem *Ammoniakwaschturm* herausgelöst, in welchem das Gasgemisch dem herabrieselnden Wasser entgegenströmt.

[364] Die Schwefelgewinnung. Der Schwefelwasserstoffgehalt des Gases wird in der *Trockenreinigung* chemisch gebunden. Das Gas durchströmt flache, luftdicht abschließende Eisenkästen, in denen gemahlenes Raseneisenerz auf siebartigen Zwischenböden lagert:

$$\underset{\substack{\text{Raseneisenerz}\\(=\text{Eisen(3)-hydroxyd})}}{2\,Fe(OH)_3} + \underset{\substack{\text{Schwefelwasserstoff}\\\text{des Gases}}}{3\,H_2S} \longrightarrow \underset{\text{Eisen(3)-sulfid}}{Fe_2S_3} + \underset{\text{Wasser}}{6\,H_2O}$$

In der Trockenreinigung wird dem Gasgemisch der Schwefelwasserstoff entzogen und durch Raseneisenerz gebunden, das auch die letzten Zyanspuren aus dem Gase herausholt. Hierbei durchströmt das Gas luftdicht abschließende

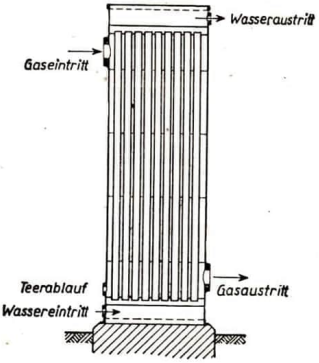


Abb. 119
Wasserkühler im Längsschnitt

Eisenkästen, in denen das Eisenhydroxyd auf siebartigen Zwischenböden liegt. Durch anschließendes Lagern an der Luft und wiederholtes Umschaufeln wird die Reinigungsmasse regeneriert, wobei sich Schwefel abscheidet.

Der Schwefelgehalt der Reinigungsmasse wird meist auf Schwefelsäure verarbeitet.

Das Eisenhydroxyd bindet den Schwefelwasserstoff zu Eisensulfid und hält die letzten Zyanspuren zurück. Durch Umschaufeln an der Luft wird die Reinigungsmasse unter Schwefelabscheidung regeneriert[1]) und schließlich auf Schwefelverbindungen (vor allem Schwefelsäure) und auf Zyanverbindungen verarbeitet.

[365] In der Benzolwäsche. In den von Teerölen durchrieselten *Benzolwäschern* werden zuletzt Benzol und Toluol aus dem Gase herausgezogen. Dann gelangt das gereinigte Gas durch Gasmesser in die *Gasometer*. In den durch Wasser abgedichteten Schwimmglocken wird das Gas für die Stunden des Spitzenverbrauchs gespeichert.

Zuletzt werden dem Gase die wertvollen Kohlenwasserstoffe Benzol und Toluol entzogen, ehe es durch Gasmesser in den Gasometer gelangt. Hier wird das Gas für die Stunden des Spitzenverbrauches gespeichert.

Durch dieses Speichervermögen hat das Gas seinen Platz in der modernen Heiz- und Beleuchtungstechnik neben der Elektrizität behaupten können. Für die Elektrizitätswerke stellt das Gas z. B. in der Straßenbeleuchtung für die Stunden des Spitzenverbrauches eine wesentliche Entlastung dar. Außerdem fallen bei der Straßenbeleuchtung die hygienischen Nachteile der Gasbeleuchtung in Wohnräumen weg. Fernlöscher und Fernzünder, die durch Stromstöße in Tätigkeit gesetzt werden, verbilligen ihren Betrieb.

[1]) regenerare (lat.) = wieder hervorbringen, erzeugen

A. Lehrgang

B. Kurzfassung

[366] **Die Aufgabe der Kokerei.** Während beim Gaswerk das Gas als Hauptprodukt und der Koks als Nebenprodukt auftreten, spielt bei der Kokerei die Kokserzeugung die Hauptrolle. Daher wurde anfangs das gebildete Gas in der Kokerei wenig beachtet und meist nur im werkeigenen Betriebe weiterverwendet. Seitdem man das Gas und vor allem seine Nebenprodukte als wertvolle Rohstoffe erkannte, ist man auch in der Kokerei dazu übergegangen, diese Nebenprodukte zu gewinnen und gereinigtes Heizgas herzustellen. Dieses Gas wird unter erhöhtem Druck in langen Fernleitungen den Großstädten zur Verwendung zugeführt. Man nennt es *Ferngas* im Gegensatz zum *Stadtgas*, das im städtischen Kleinbetrieb des Gaswerkes zur Versorgung einer Gemeinde und ihrer Industrie erzeugt wird [359].

Gaswerk und Kokerei gehen von der Kohle aus. Beim Gaswerk ist das Gas, bei der Kokerei der Koks das Hauptprodukt. Neuerdings werden auch in der Kokerei Heizgas und dessen Nebenprodukte gewonnen, welche wertvolle Rohstoffe darstellen.

Die Kokerei geht von gasarmen Kohlen aus. Diese liefern den festen Hüttenkoks, welcher dem Druck der Erzsäule im Hochofen standhalten kann.

Die Kokerei steht meist in enger Verbindung mit den Hüttenwerken, denn sie liefert den Koks für den Hochofenprozeß. Das Gaswerk verwendet als Ausgangsprodukt die gasreiche Gaskohle. Da der Hüttenkoks dem Druck der Erzsäule im Hochofen standhalten muß, geht die Kokerei von weniger fetten, gasärmeren Kohlen aus, welche den festeren Koks liefern.

[367] **Die Entgasung der Kohle im Koksofen.** Die Verkokung erfolgt in schmalen Kammeröfen, von denen meist 50–70 zu einer Koksofenbatterie vereinigt sind (Abb. 120). Zwischen je zwei Kammern liegt eine Heizkammer, die mit Generator- oder Gichtgas[1]) beheizt wird. Die Kohle wird zunächst wie im Gaswerk auf eine bestimmte Korngröße gebrochen und durch Förderbänder zu den Bunkern des Kohlenturmes emporgetragen (Abb. 120). Aus ihnen übernimmt sie der Koksofenfüllwagen (Abb. 120 und 121), der auf der Koksofenbatterie entlangfährt. Von ihm aus werden die Deckel der leeren Kammern geöffnet und diese mit Kohle beschickt. Jede Kammer faßt bis 30 t Kohle. Die Entgasung dauert 20 bis 24 Stunden.

50–70 Kammeröfen sind zu einer Koksofenbatterie vereinigt, und jeder dieser Öfen hat ein Fassungsvermögen von 20–30 t Kohle. Über der Batterie fahren die Füllwagen entlang und beschicken die einzelnen Kammern. Nach 24 Stunden ist die Kohle entgast.

[1]) Gichtgas ist ein Heizgas mit etwa 30% Kohlenmonoxyd, das bei der Eisenverhüttung aus dem oberen Teile des Hochofens, der Gicht, abströmt.

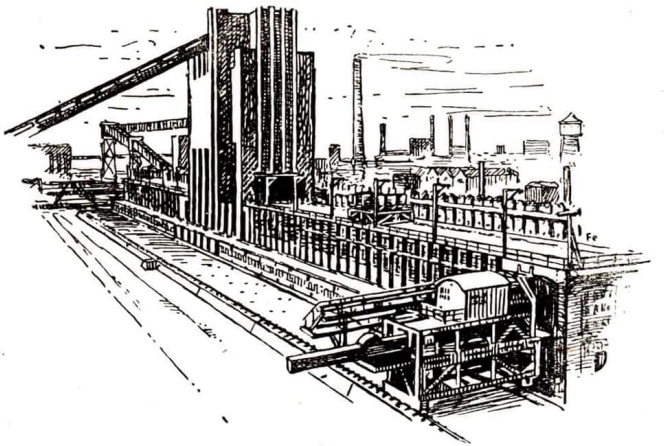


Abb. 120. Koksofenbatterie einer Kokerei. In der Mitte sehen Sie den Kohlenturm, rechts davon den Koksofenfüllwagen über der Batterie. Ganz rechts im Bilde ist ein Ausdrückwagen sichtbar, der die erste Kammer von der Rückseite her mit dem Druckstempel entleert

[368] **Die Gewinnung des Kokses.** Nachdem die Entgasung abgeschlossen ist, wird der Koks von der Rückseite der Kammer her durch den Druckstempel des Ausdrückwagens (Abb. 120 und 121) aus dem Ofen herausgepreßt und fällt in die Kokslöschwagen (Abb. 121 und 122). Die Löschwagen fahren unter den Löschturm, wo der glühende Koks durch Beregnen mit Wasser abgekühlt wird; dann kippen sie den Koks auf die Abwurframpe (Abb. 121), über die der Koks auf ein Förderband herabgleitet, das ihn zum Hochofen oder zur Verladeanlage trägt.

Der Koks wird durch Ausdrückwagen aus der Kammer gestoßen, gelöscht und der Weiterverarbeitung zugeführt.

[369] **Die Erzeugnisse der Kokerei.** Etwa $^1/_4$ der deutschen Steinkohlenförderung wird verkokt. Aus 1000 kg Kohle gewinnt man durchschnittlich

700 kg Koks,
30 kg Teer,
12 kg Ammoniak,
10 kg Benzol und
300 m³ Ferngas.

Etwa ein Viertel der deutschen Steinkohlenförderung wird auf Koks verarbeitet.

[370] **Die Benzolgewinnung der Kokerei.** Besonders wertvoll unter den Nebenprodukten der Kokerei ist

Das Rohgas verarbeitet man wie im Gaswerk wei-

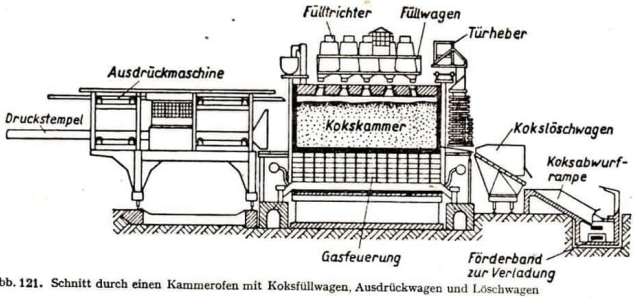


Abb. 121. Schnitt durch einen Kammerofen mit Koksfüllwagen, Ausdrückwagen und Löschwagen

das Benzol. Das aus den Kammeröfen der Kokerei austretende Destillationsgemisch wird zunächst vom Teer befreit (Abb. 123). Dann löst Wasser aus dem Gasgemisch das Ammoniakgas heraus, und Waschöl nimmt das Rohbenzol auf. Das Rohbenzol wird durch Destillation vom Waschöl getrennt, mit Schwefelsäure raffiniert und durch abermalige Destillation als Reinbenzol dargestellt.

ter. Im Teerscheider wird der Teer aus dem Rohgas entfernt. Durch Berieselung mit Wasser löst man im Ammoniakwäscher das Ammoniak aus dem Gasstrom heraus und fängt anschließend im Benzolwäscher das Benzol durch Waschöl auf. Durch Destillation werden Waschöl und Benzol wieder getrennt. Dann raffiniert man das Benzol mit Schwefelsäure und gewinnt durch erneute Destillation das Reinbenzol.

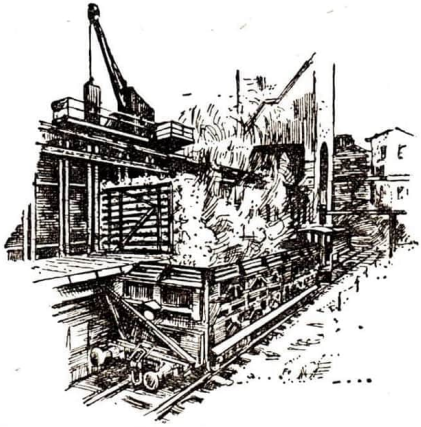


Abb. 122. Ausdrücken des Kokskuchens in den Löschwagen

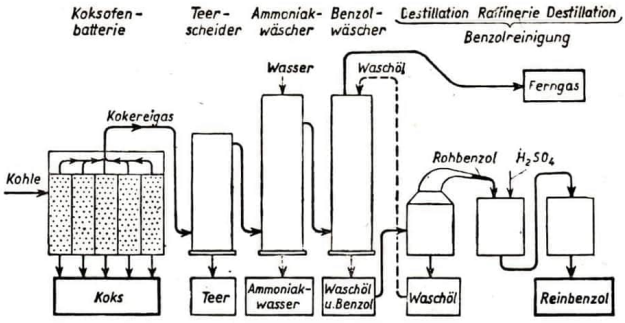


Abb. 123. Benzolgewinnung in der Kokerei

49. Kapitel: Verschwelung und Teerverarbeitung

A. Lehrgang | **B. Kurzfassung**

[371] **Die Teerverarbeitung.** Der in Kokereien und Gaswerken anfallende Teer wird einer fraktionierten Destillation [12] unterworfen. Die einzelnen in ihm enthaltenen Kohlenwasserstoffe haben verschieden hohe Siedepunkte; jeder Anteil geht innerhalb eines bestimmten Temperaturbereiches in den Gaszustand über. Zuerst entweichen die leicht beweglichen Anteile, die ein geringes spezifisches Gewicht haben und leicht entzündlich sind; wir fassen sie als Leichtöle zusammen. Ihr typischster Vertreter ist das Benzin. Bei höherer Temperatur gehen die Mittelöle (Karbolöle) und zuletzt die spezifisch schwereren, schwerer entzündlichen Schweröle (Kreosotöl und Anthrazenöl) über. Der Rückstand ist dickflüssig.

Durch fraktionierte Destillation werden die einzelnen Bestandteile des Teeres getrennt.

Zunächst entweichen die leichtflüchtigen und leicht entzündlichen Leichtöle (spez. geringes Gewicht), deren hauptsächlichste Vertreter Benzin und Benzol sind.

Nach den Mittelölen (Karbolöl) gehen die schwer entzündlichen und schwer flüchtigen Schweröle über (Kreosotöl, Anthrazenöl).

[372] **Die Verwendung der einzelnen Fraktionen.** Die Leichtöle (Benzin und Benzol) sind die bekanntesten Motorentreibstoffe und haben durch die neuzeitliche Motorisierung eine erhöhte Bedeutung erlangt. Auch die Mittelöle werden z. T. als Motorentreibstoffe und als Heizöle verwendet, z. T. auch in der Lackindustrie und als Putzöle verbraucht. Die Schweröle sind

Die Leichtöle sind Motorentreibstoffe, die Mittelöle dienen als Heiz- und Treiböle.

Die Schweröle sind wichtig als Schmieröl.

Aus dem dickflüssigen Rückstand werden Vase-

als Schmieröle wichtig, denn hierzu sind hitzebeständige Mineralöle notwendig. Aus dem dickflüssigen Rückstand werden Vaseline, Paraffin und Pech gewonnen.

Der Steinkohlenteer enthält vor allem Leicht- und Mittelöle, während im Braunkohlenteer die Schweröle überwiegen.

line, Paraffin und Pech gewonnen.

[373] Erhöhung der Teerausbeute durch Tieftemperaturverkokung der Steinkohle. Führt man die Trockendestillation der Steinkohle bei niedriger Temperatur durch (unter 600°), so wird die Gasausbeute vermindert und die Teerausbeute vermehrt. Bei manchen Steinkohlen beträgt die Teerausbeute bei Tieftemperaturverkokung das Doppelte gegenüber der normalen Verkokung.

Durch die niedrige Temperatur wird eine starke Zersetzung des Teeres verhindert. Während die Verkokung als Nebenprodukte Benzol, Naphthalin und Anthrazen liefert, entstehen bei der Tieftemperaturverkokung die wasserstoffreicheren Produkte Benzin, Phenol und Paraffin, die heute sehr geschätzte Treibstoffe und Rohstoffe darstellen.

Die Tieftemperaturverkokung ist eine Trockendestillation der Kohle bei niedriger Temperatur. Hierbei wird eine starke Zersetzung des Teeres verhindert. Es entstehen an Stelle von Benzol, Naphthalin und Anthrazen die wasserstoffreicheren Endprodukte Benzin, Phenol und Paraffin. Gleichzeitig wird die Teerausbeute wesentlich vermehrt.

[374] Teergewinnung durch Braunkohleverschwelung. Den gleichen Vorgang der Tieftemperaturverkokung stellt die Braunkohleverschwelung dar, die bei etwa 500° durchgeführt wird. Die milde Behandlung bedingt, daß die gasförmigen und leichtflüssigen Bestandteile in stärkerer Konzentration im Teer zurückbleiben.

Auch die Braunkohleverschwelung arbeitet bei nur 500°. Hierdurch ist der Gehalt des Teeres an leichtflüssigen Bestandteilen wesentlich größer.

[375] Die Verwendung der Schwelprodukte. Bei der Aufbereitung von rohem Braunkohlenschwelteer durch Destillation lassen sich ungefähr 60% Kraftstoffe und 25% feste Stoffe (Paraffin, Pech, Asphalt, Koks) gewinnen, und auch das anfallende Schwelgas besitzt noch bedeutende Energiewerte.

Der Schwelkoks wird als Grudekoks in besonderen Öfen im Hausbrand verbraucht, zur Elektrizitätsgewinnung verwendet oder den Hydrierwerken zugeführt.

Der Schwelteer liefert bis 60% Kraftstoffe und 25% feste Stoffe.
Schwelgas ist als Energiequelle, Schwelkoks als Grudekoks und zur Elektrizitätsgewinnung wertvoll.

A. Lehrgang

B. Kurzfassung

[376] Die Druckhydrierung (Bergius-Verfahren). Besonders begehrt sind heute die Leichtöle, allen voran das *Benzin*, während der Bedarf an den wasserstoffärmeren Mittel- und Schwerölen nicht im gleichen Ausmaße angestiegen ist. Erstmalig war die katalytische Anlagerung von Wasserstoff unter hohem Druck und hoher Temperatur im Haber-Bosch-Verfahren bei der Ammoniaksynthese geglückt, die Sie in [272] kennengelernt haben. Aber alle bekannten Katalysatoren wurden durch Schwefel als Kontaktgift unwirksam gemacht. Erst spät fand man in Wolfram- und Molybdänverbindungen schwefelfeste Kontaktstoffe und entdeckte katalytisch wirkende Eisenverbindungen, deren Kontaktwirkung durch vorhandenen Schwefel noch verstärkt wurde. Nunmehr war der Weg frei geworden, um durch Hochdruckkatalyse Leichtöle aus der Kohle herzustellen.

Die Entwicklung der Ammoniaksynthese nach Haber-Bosch führte zur Entwicklung der Hochdruckkatalyse. Nachdem man schwefelfeste Katalysatoren gefunden hatte, war die Möglichkeit gegeben, die Hochdruckkatalyse auch in der Kohlenchemie anzuwenden.

[377] Die Kohleverflüssigung. Die Kohleverflüssigung nach dem *Bergius-Verfahren* beruht auf einem Auseinanderbrechen der komplizierten Kohlenstoffverbindungen unter Wasserstoffaufnahme (Hydrierung) bei 250 at Druck und 450° C durch Katalysatorenwirkung. Aus den hochmolekularen, wasserstoffarmen Ausgangsprodukten entstehen hierbei niedermolekulare, wasserstoffreiche Kohlenwasserstoffe (= „Benzine"). Diesen Vorgang bezeichnet man als *Kohleverflüssigung*, da aus der festen Kohle fast ausschließlich Öle gewonnen werden.

Im Bergius-Verfahren werden die großen Moleküle wasserstoffarmer Kohlenwasserstoffe zerbrochen und aus den Bruchstücken durch Wasserstoffanlagerung (Hydrierung) die kleineren Moleküle der wasserstoffreicheren Mittelöle und Leichtöle aufgebaut.

Die Druckhydrierung wird technisch in großem Maßstabe zur Gewinnung synthetischer Treibstoffe durchgeführt. Die Hydrierung selbst erfolgt in zwei Stufen. In der ersten Stufe, der *Sumpfphase*, wird das Ausgangsprodukt zunächst in ein Zwischenprodukt, in Mittelöle, übergeführt. In der zweiten Stufe, der *Gasphase*, werden die gewonnenen Mittelöle dann zu Benzin hydriert.

Die Druckhydrierung verläuft in zwei Phasen. In der Sumpfphase werden zunächst die Mittelöle gebildet und diese in der Gasphase weiter zu Leichtölen hydriert

[378] Die Teerhydrierung. Aus dem Teer werden zunächst in einem Destillationsverfahren Benzin und die

Bei der Teerverarbeitung werden zunächst dem

Leichtöle herausgezogen (Abb. 124). Die übrigbleibenden Schweröle werden im Sumpfofen der katalytischen Druckhydrierung unterzogen. Es bilden sich vor allem Mittelöle, dagegen wenig Leichtöle. Leicht- und Mittelöle werden in einem zweiten Destillationsverfahren abgetrennt und die restlichen Schweröle in den

Teere die Leicht- und Mittelöle entzogen. Darauf wird der Teer in der Sumpfphase zu Mittelölen hydriert und diese in der Gasphase weiter in wasserstoffreiche Leichtöle umgewandelt.

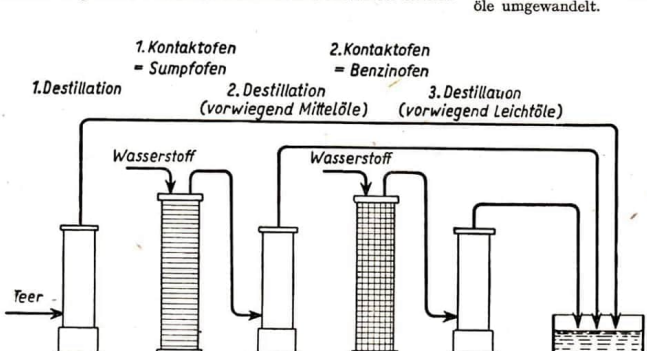


Abb. 124. Schematische Darstellung der Teerhydrierung

Sumpfofen zurückgeleitet. Die Mittelöle beider Destillationen gelangen in den Benzinofen und werden dort einer zweiten Druckhydrierung unterworfen, wobei hauptsächlich Benzin entsteht. Das gewonnene Rohbenzin durchläuft noch eine Benzinwäsche, ehe es als Reinbenzin in den Handel kommt.

[379] **Die Kohlehydrierung. A. Die Sumpfphase.** Bei der Kohlehydrierung erkennen wir im wesentlichen den gleichen Arbeitsgang wieder (Abb. 125). Die Kohle wird zerkleinert und mit Schweröl zu einer breiigen Paste verrieben. Diese Paste vermischt man in der Kohleanreibung mit dem feinpulverigen Katalysator und drückt sie durch Hochdruckpressen in den Sumpfofen hinein. Der Sumpfofen ist ein 18 m hohes Stahl-

Kohle wird mit Schwerölen zu einer Kohlenpaste angerührt und mit dem feinpulverigen Katalysator vermengt. Die Paste gelangt in ein Stahlrohr von 1 m Durchmesser und 18 m Höhe, den Sumpfofen. Dort erfolgt bei

rohr mit einem Durchmesser von etwa einem Meter; äußerlich ähnelt er dem Ammoniak-Kontaktofen sehr. In den Sumpföfen setzt sich der Kohlenbrei bei 450° und 200 bis 300 at Druck mit Wasserstoff teilweise zu den leichtsiedenden Leichtölen, hauptsächlich aber zu den schwerer flüchtigen und nichtflüchtigen Kohlenwasserstoffen um. In einer ersten Destillation werden anschließend die Benzine (Siedepunkt bis 170°) von den Mittelölen (170–325°) und den Schwerölen (über

450° und 200–300 at Druck die Hydrierung zu den wasserstoffreicheren Molekülen der Mittelöle.

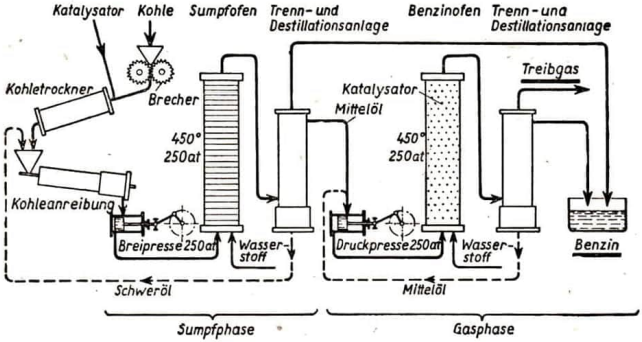


Abb. 125. Schematische Darstellung der Kohlehydrierung (Bergius-Verfahren)

325°) getrennt (Fraktionierte Destillation [12]). Das gewonnene Schweröl dient zum Anreiben neuer Kohlenpaste. Das Mittelöl gelangt zur weiteren Hydrierung in die Gasphase.

[380] Die Kohlehydrierung. B. Die Gasphase. Das Mittelöl wird verdampft und im Benzinofen nochmals bei 450° und 200–300 at Druck mit Wasserstoff umgesetzt. Da das Reaktionsgemisch sich jetzt im Gaszustand befindet, kann der Katalysator in festen Brocken im Ofen angeordnet sein. Die Mittelöle setzen sich weitgehend in Leichtöle um. Bei der nachfolgenden Destillation erhalten wir Gase (Methan, Äthan, Propan, Butan), Leichtöle (Benzin und Leuchtöle) und unverändertes Mittelöl, das in den Benzinofen zurückwandert. Die entstandenen Gase (Propan und Butan) wer-

Die entstandenen Mittelöle werden in gasförmigem Zustande im Benzinofen abermals hydriert, wobei vor allem die leicht flüchtigen Leichtöle entstehen. Die anfallenden gasförmigen Nebenprodukte werden z. T. verflüssigt und als „Flüssiggas" zu Heiz- und Treibzwecken verwendet.

den verflüssigt und gelangen als „Flüssiggas" in Gasflaschen für Heiz- und Treibzwecke in den Handel.

Durch verschiedene Führung der Hydrierung (veränderter Druck, veränderte Temperatur, andere Katalysatoren) kann man als Endprodukte entweder die hochmolekularen Schmieröle, Heizöle und Dieselöle erhalten, oder es entstehen die niedermolekularen Leichtöle (Benzine). Wie schon erwähnt, ist es heute möglich, sowohl die Kohlen und das Erdöl als auch die anfallenden Nebenprodukte Koks und Teer zu hydrieren.

Durch Hydrierung lassen sich alle Kohlen, das Erdöl und auch die Nebenprodukte der Kohleverarbeitung Koks und Teer in Leicht-, Mittel- und Schweröle umwandeln. Die angewendete Temperatur, der angewendete Druck und die verwendeten Katalysatoren bestimmen, welcher Art die Endprodukte sind.

[381] Die Benzinsynthese nach Fischer-Tropsch. Während bei der Kohlehydrierung nach dem Bergius-Verfahren das Kohlemolekül lediglich in kleinere Teilstücke aufgespalten wird, die durch Hydrierung wasserstoffreicher gemacht werden, geht das Fischer-Tropsch-Verfahren der Benzinsynthese von einer totalen Zerstörung des Kohlengefüges aus. Die Kohle wird zu Kohlenmonoxyd abgebaut (Herstellung von Wassergas) und dieses im Kontaktofen bei gewöhnlichem Druck und einer Temperatur von 170–190° zu Kohlenwasserstoffen aufgebaut (Abb. 126).

Das Fischer-Tropsch-Verfahren geht vom Wassergas aus, dem ein Teil des Kohlenoxyds entzogen wird. Als Synthesegas kommt ein Gemisch von Kohlenoxyd und Wasserstoff im Verhältnis 1:2 in den Kontaktofen, in dem Kobalt und andere Metalle als Katalysatoren wirken und die Benzinsynthese aus Kohlenstoff und Wasserstoff veranlassen.

Zunächst wird Wassergas hergestellt und dann ein Teil des CO zu CO_2 oxydiert und entfernt [270]. Nach der Entschwefelung des Gasgemisches, das aus Kohlenoxyd und Wasserstoff im Verhältnis 1 : 2 bestehen muß, wird dieses in einen Kontaktofen geleitet. Dort bildet der Sauerstoff des Kohlenmonoxyds mit dem Wasserstoff Wasser. Unter der Kontaktwirkung von Kobalt

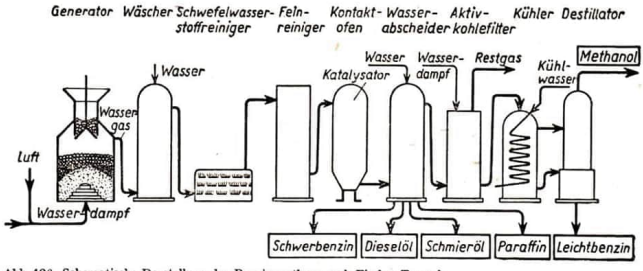


Abb. 126. Schematische Darstellung der Benzinsynthese nach Fischer-Tropsch

und anderen Metallen vereinigen sich Kohlenstoff und Wasserstoff zu Kohlenwasserstoffen (Benzinsynthese).

[382] Die Endprodukte der Benzinsynthese. Bei der Benzinsynthese nach Fischer-Tropsch entstehen als Endprodukte 30% Gase (davon 20% Methan), etwa 40% Benzin, 20% Dieselöl und 10% Paraffin.

Besonders wichtig sind die beim Fischer-Tropsch-Verfahren anfallenden Paraffine. Die Synthese läßt sich so leiten, daß an Stelle von 10% Paraffin etwa 50% anfällt. Aus diesen Paraffinen kann man durch Oxydation Fettsäuren herstellen, die in der Seifenindustrie Verwendung finden.

Benzin bildet die Hauptmasse der Endprodukte bei der Benzinsynthese nach Fischer-Tropsch. Die als Nebenprodukte anfallenden Paraffine sind besonders wichtig für die Seifenindustrie, da aus ihnen durch Oxydation Fettsäuren entstehen.

51. Kapitel: Das Erdöl

A. Lehrgang | B. Kurzfassung

[383] Die Entstehung des Erdöls. Das Erdöl hat ganz besonders in den letzten Jahrzehnten die Entwicklung unserer Verkehrsmittel beeinflußt, denn es war vor Ausarbeitung der Kohleverflüssigung der wichtigste Rohstoff zur Herstellung von Heiz- und Motorentreibstoffen.

Wie die Kohle so ist auch das Erdöl organischen Ursprungs und hat sich wahrscheinlich am Meeresboden gebildet. Man nimmt an, daß das Erdöl aus gewaltigen Mengen kleinster im Wasser schwebender Lebewesen tierischer und pflanzlicher Art hervorgegangen ist. Dieses „Plankton" lagerte sich vor Jahrmillionen beim Absterben am Grunde des Meeres ab und wurde von Sand- und Tonschichten überdeckt. Unter Luftabschluß verwandelten sich die organischen, kohlenstoffhaltigen Zersetzungsprodukte durch Anlagerung von Wasserstoff in Kohlenwasserstoffe der verschiedensten Art. Häufig findet sich das Erdöl, besonders in Deutschland, an den Flanken der Salzhorste. Es füllt die Hohlräume poriger Absatzgesteine, der „*Ölsande*", aus und reichert sich besonders in schräg verlaufenden Schichtenfolgen an.

Auch das Erdöl ist organischen Ursprungs und ist wahrscheinlich aus Meeresplankton (im Wasser schwebenden, winzig kleinen Tieren und Pflanzen) hervorgegangen. Dieses hat sich am Grunde des Meeres abgelagert und wurde unter Luftabschluß zersetzt.
In Deutschland findet sich das Erdöl an den Flanken der Salzhorste als Porenausfüllung in den Ölsanden.

[384] Die Gewinnung des Erdöls. Das Erdöl wird durch Niedertreiben von Bohrlöchern gewonnen. Von einem 45 m hohen Bohrturme aus wird ein Meißel, der

Bohrlöcher werden bis etwa 3000 m Tiefe zum Anbohren der Ölsande nie-

an einem eisernen Hohlgestänge befestigt ist, in Drehung versetzt und arbeitet sich in den Boden ein (Abb. 127). Das Gestänge kann beliebig verlängert werden. Während des Bohrens wird das Wasser mit dem entstehenden Gesteinsschlamm emporgepumpt. Damit das Bohrloch nicht durch nachdrückende Erdmassen verstopft wird, kleidet man es mit eisernen Rohren aus, die fernrohrartig nach der Tiefe zu enger werden. Die Bohrlöcher werden bis in Tiefen von 3000 m vorgetrieben. Sobald die ölführende Schicht erreicht ist, springt meist das Öl durch unterirdischen Gasdruck selbsttätig aus dem Bohrloche heraus. Reicht hierzu der unterirdische Gasdruck nicht aus, so wird das Öl durch Pumpen oder durch Druckluft gefördert.

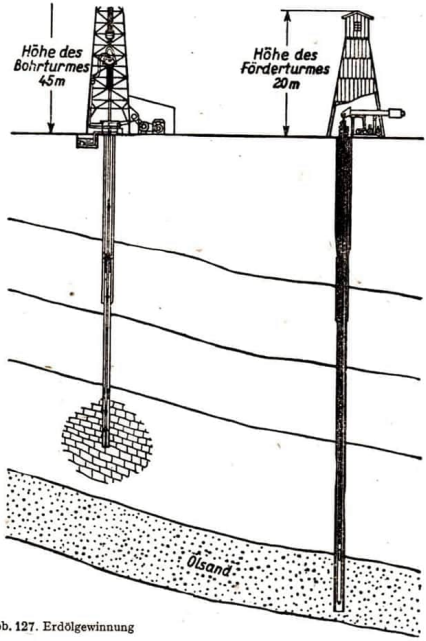


Abb. 127. Erdölgewinnung

dergetrieben. Man kleidet sie mit eisernen Rohren aus. Meist fließt das Erdöl durch unterirdischen Gasdruck selbsttätig aus, wenn der Ölsand erreicht ist; andernfalls muß es hochgepumpt oder durch Druckluft emporgepreßt werden.

[385] Das Erdöl ist ein Gemisch von Kohlenwasserstoffen. Das Erdöl bildet eine dickflüssige, dunkelbraunrote bis fast schwarze Masse. Es ist ein Gemisch aus vielen Kohlenwasserstoffen, von denen einige gasförmig, die meisten flüssig, manche auch fest und in den flüssigen Bestandteilen gelöst sind. Da die einzelnen Kohlenwasserstoffe verschiedene Siedepunkte haben, kann man sie durch fraktionierte Destillation [12] trennen. Zunächst wird das Erdöl in die großen Gruppen der Leichtöle, Mittelöle und Schweröle getrennt, die dann abermals durch fraktionierte Destillation in einzelne Anteile zerlegt werden. Die wichtigsten Erzeugnisse, die bei der Verarbeitung des Rohpetroleums entstehen, sind Benzin, Petroleum[1]), Gasöl, Schmieröl, Vaseline und Paraffin.

Das Erdöl ist ein Gemisch sehr vieler Kohlenwasserstoffe. Meist sieht es dunkelbraunrot bis fast schwarz aus und hat einen üblen Geruch.
Durch fraktionierte Destillation läßt es sich in Leichtöle, Mittelöle, Schweröle und feste Rückstände zerlegen.

[386] Die Verarbeitung des Erdöls. Früher wurde das Rohöl in Destillierblasen (Abb. 11) erst schwach, dann immer stärker erhitzt, wobei die einzelnen Fraktionen nacheinander in Dampfform übergehen und in besonderen Kolonnentürmen verflüssigt wer-

Heute wird das Rohöl der neuzeitlichen Röhrendestillation unterworfen.
Hierbei verdampft man zuerst alle flüssigen Koh-

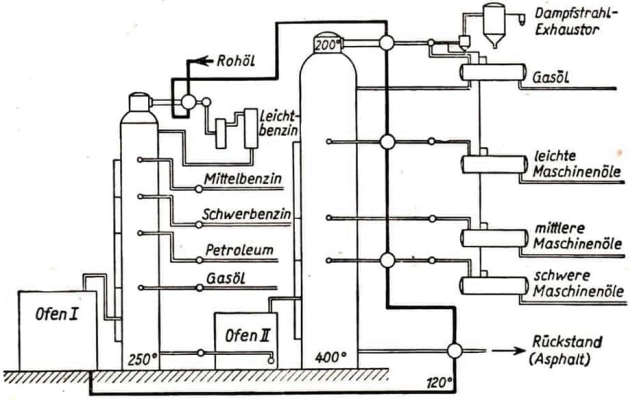


Abb. 123. Röhrendestillation des Erdöls

[1]) pétros (griech.) = Fels; oleum (lat.) = Öl

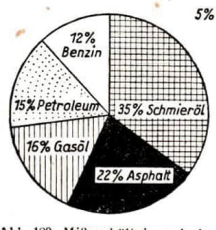
den. Heute ist an die Stelle der veralteten Blasendestillation die neuzeitliche *Röhrendestillation* getreten, bei der das gesamte Rohöl bis auf einen geringen Rückstand in Dampfform übergeführt wird und die einzelnen Bestandteile durch stufenweise Abkühlung gewonnen werden. Abb. 128 zeigt eine Destillationsanlage mit zwei Destillationstürmen von 20–30 m Höhe. Im ersten Ofen wird das Öl auf 250° erhitzt, wobei nur flüssige Öle verdampfen. Den Rückstand erhitzt man im zweiten Ofen auf 400°, um auch die Schweröle zu gewinnen. Bei der stufenweisen Abkühlung in den Destillationstürmen erhält man zunächst die schwersten und dann die leichteren Bestandteile des Gemenges.

[387] Gewinnung und Bedarf. Die Zusammensetzung des Erdöls ist je nach seiner Herkunft sehr verschieden, wie die folgende Übersicht zeigt:

Erdöl-Lagerstätten in	Rohbenzin	Leuchtöle und Gasöle	Schmieröle und Rückstand
Kalifornien ...	33	59	8
UdSSR	23	38	39
Mexiko	3	23	74
Deutschland ..	1	21	78

Tabelle 6: Zusammensetzung des Erdöls in Prozenten

Durch Destillation werden aus dem Rohöl durchschnittlich gewonnen:



Der Welthandel erfordert folgende Struktur:

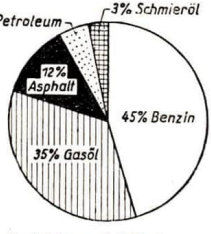


Abb. 129. Mißverhältnis zwischen Produktion und Bedarf

lenwasserstoffe und läßt aus dem Gasgemisch die einzelnen Anteile durch stufenweise Abkühlung in einem Destillationsturm sich abscheiden. Zuerst trennen sich die höher siedenden Anteile, später die leichter flüchtigen ab. Danach wird auch der feste Rückstand durch stärkeres Erhitzen vergast und in einem zweiten Destillationsturm durch stufenweise Abkühlung in die einzelnen Anteile zerlegt.

Das Erdöl ist je nach seiner Herkunft in den einzelnen Fundorten ganz verschieden zusammengesetzt. Es besteht meist aus einem sehr hohen Prozentsatz von Schwerölen und Rückstand, während in der Praxis vor allem die Leichtöle dringend gebraucht werden.
Um den Bedarf der Weltwirtschaft an Leichtölen zu decken, mußte die Erdölförderung in den letzten Jahrzehnten enorm gesteigert werden. Die hierdurch anfallenden Schweröle und Rückstände waren unverkäuflich und wurden vernichtet. Erst durch das in Amerika entwickelte Kracken des Erdöles und durch die Hydrierung nach dem Bergius-Verfahren ist es möglich geworden, die überschüssigen Mengen an Schmierölen und Rückstand in Leichtöle (Benzin) zu verwandeln und damit auch verwertbar zu machen.

Diese Gegenüberstellung zeigt sehr deutlich den Gegensatz zwischen den naturgegebenen Möglichkeiten und den Erfordernissen des Welthandels. Anfangs half man sich mit Produktionssteigerung und vernichtete die unverkäuflichen Anteile oder schüttete sie ins Meer. Heute verwandelt man die schweren Bestandteile des Erdöls durch Kracken oder Hydrieren in leichter siedende Anteile.

[388] Kracken des Erdöles. Die hochsiedenden Öle werden durch starkes Erhitzen unter hohem Druck und bei Einwirkung von Wasserdampf behandelt, wobei ein Molekülzerfall eintritt. Es entstehen benzinartige Produkte, aber auch Schweröle und Koks. Dieses Spaltverfahren heißt Kracken (to crack = spalten) und ist besonders in Amerika durchgebildet worden. Durch Kracken wird die Benzinausbeute bis auf 50% gesteigert bei einem Brennstoffverbrauch von etwa 4%.

Kracken ist ein Spaltverfahren, bei dem die großen Moleküle durch Druck und starke Hitze zerfallen, wobei sich durch Anwesenheit von Wasserdampf wasserstoffreichere Spaltprodukte bilden. Die Benzinausbeute wird durch Kracken wesentlich gesteigert.

[389] Das Hydrieren des Erdöles. Durch Hydrierung nach dem Bergius-Verfahren kann man die Verwandlung der einzelnen Anteile in beliebiger Richtung ändern. Es können alle höher siedenden Anteile des Erdöles einschließlich seiner festen Rückstände in leichte Benzine und Gasöle übergeführt werden.

Auch durch Hydrierung (Bergius-Verfahren) können alle höher siedenden Anteile einschließlich der festen Rückstände in Benzin und Leichtöle übergeführt werden.

[390] Raffination der Endprodukte. Die durch Destillation oder durch Kracken gewonnenen Anteile werden nachträglich noch einer Reinigung = Raffination[1]) unterworfen, wobei mit Hilfe von Lösungsmitteln, aktiven Erden und aktiven Kohlen [315] störende Bestandteile entfernt werden. Hierbei ist es besonders wichtig, die metallangreifenden Nebenbestandteile aus den Schmierölen usw. herauszuziehen.

Durch nachträgliche Raffination werden die einzelnen Anteile von störenden Nebenbestandteilen (z. B. von metallangreifenden Säuren) befreit.

[391] Die Verwendung der einzelnen Anteile. Leichtöle, Mittelöle und Schweröle werden durch fraktionierte Destillation weiter in die einzelnen Anteile zerlegt. Die niedrigstsiedenden Leichtöle sind *Petroläther* und *Gasolin*, die als Lösungsmittel für Harze, Öle, Kautschuk und Fette (Fleckenreinigung) viel verwendet werden. Gasolin und *Benzin* dienen wegen ihres niedrigen Siedepunktes hauptsächlich als Heiz- und Treibstoffe. Benzin ist ein wichtiges Entfettungsmittel für

Petroläther, Gasolin und Benzin sind wichtige Lösungsmittel für Harze, Kautschuk, Öle und Fette. Gasolin und Benzin werden als Heiz- und Treibstoffe verwendet. Ligroin ist ein bekanntes Beleuchtungsmittel im Freien. Putz- und Lacköle ersetzen bei der Lack-

[1]) raffiner (franz.) = läutern, reinigen, verfeinern

Palmkerne, Knochen und in der chemischen Wäscherei. Die höher siedenden Leichtöle sind *Ligroin*, ein bekanntes Beleuchtungsmittel auf Jahrmärkten und im Freien und die *Putz- und Lacköle*, die bei der Lackbereitung das teure Terpentinöl ersetzen.

Das *Petroleum* hatte früher als Beleuchtungsmittel große Bedeutung. Heute wird es mehr für Ölfeuerungen in der Schiffahrt verbraucht. Die *Gasöle* liefern das hochwertige Ölgas.

Tierische und pflanzliche Öle und Fette würden sich als Schmiermittel in den Maschinenlagern infolge der hohen Temperaturen unter Bildung von Fettsäuren zersetzen, die ihrerseits die Metalle angreifen. Die mineralischen *Schmieröle* halten diese hohen Temperaturen ohne Zersetzungserscheinungen aus.

Aus den Rückständen der Erdöldestillation gewinnt man als schmierige, braungelbe Masse *Vaseline*, die nach der Reinigung als weiße Salbengrundlage allgemein bekannt ist. Das *Paraffin* wird zur Kerzenfabrikation und zum Imprägnieren von Geweben und Steinen verwendet. Durch Oxydation können wir es in Fettsäuren umwandeln, die in der Seifenfabrikation dringend gebraucht werden. Das *Petroleumpech* hat ähnliche Eigenschaften wie der Natursphalt. Es dient zur Herstellung guter „teerfreier" Dachpappe und ist auch im Straßenbau dem Steinkohlenteerpech überlegen.

bereitung das teure Terpentinöl.

Petroleum, das früher ein wichtiges Beleuchtungsmittel war, wird jetzt für Ölfeuerungen in der Schiffahrt viel verbraucht.

Aus den Gasölen gewinnt man das wertvolle Ölgas. Die Schmieröle sind als Schmiermittel unentbehrlich, da sie sich auch bei höheren Temperaturen nicht in die metallangreifenden Fettsäuren zersetzen, wie dies für Pflanzen- und Tierfette charakteristisch ist.

Aus den Rückständen der Erdöldestillation gewinnen wir Vaseline, das Paraffin für Kerzen- und Seifenbereitung und das Petroleumpech zur Herstellung teerfreier Dachpappen.

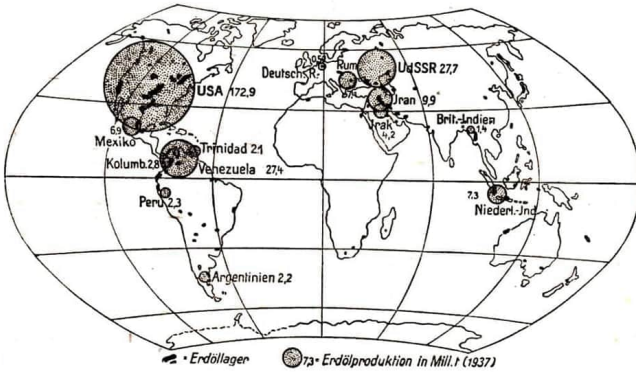


Abbildung 130 Erdöllager und Erdölproduktion

[392] Erdölvorkommen und Erdölproduktion. Die wichtigsten Erdölproduzenten der Erde sind die USA., die UdSSR. und Venezuela (Abbildung 130). Ein Vergleich der Tabellen 7 und 8 zeigt, daß die großen Erdölvorkommen des Iran und ganz besonders des Irak bisher noch sehr wenig ausgenutzt wurden.

Die wichtigsten Erdölproduzenten der Welt sind die USA., die UdSSR. und Venezuela. Große Lagerstätten befinden sich außerdem im Irak und im Iran.

Land	Erdölproduktion 1937	
	in Millionen t	in % der Weltförderung
USA	172,9	62
UdSSR	27,7	10
Venezuela	27,4	10
Iran	9,9	3
Niederländ. Indien	7,3	3
Rumänien	7,1	3
Mexiko	6,9	2
Irak	4,2	1
Kolumbien	2,8	1
Peru	2,3	1
Argentinien	2,2	1
Trinidad	2,1	1

Tabelle 7: Erdölproduktion 1937

Erdöllagerstätten in	Geschätzte Menge Erdöl
USA	2000 Millionen t
UdSSR	550 Millionen t
Irak	400 Millionen t
Iran	300 Millionen t
Südamerika	300 Millionen t
Europa	200 Millionen t
Niederländisch Indien	150 Millionen t

Tabelle 8: Die wichtigsten Erdölvorkommen

A. Lehrgang

B. Kurzfassung

[393] Quarz, ein Hauptbaustein der Erdrinde. Nachdem wir im Kohlenstoff einen Hauptbaustein der organischen Welt kennengelernt haben, wollen wir jetzt einen Stoff betrachten, der zu den Hauptbausteinen der Erdrinde gehört. Es ist das Silizium, das 25 % der Erdrinde bildet. Viele Massengesteine sind Siliziumverbindungen. Eine der bekanntesten Siliziumverbindungen ist der Sand. Als feinen, fast weißen Flugsand finden wir ihn am Meeresstrande, wo er durch den Wind oft zu langen Dünenketten aufgetürmt ist. Er findet sich, wenn auch selten in der gleichen Reinheit, im Inneren des Landes als Schwemmsand in alten Flußbetten und in dicken Schichtpaketen in den Sandgruben. Meist ist er durch Eisenverbindungen gelblich oder braunrot gefärbt. Der Sand besteht zum größten Teil aus abgerundeten, durchscheinenden Körnern, die härter als Glas und Eisen sind und sich in Wasser nicht lösen. Der Mineraloge[1]) nennt diesen Stoff *Quarz*.

Der Kohlenstoff ist der Hauptbaustein der organischen Welt, das Silizium der Hauptbaustein der Erdrinde (25 %).
Eine Siliziumverbindung ist der Sand.
Als Flugsand finden wir ihn in den Dünenketten am Meeresstrand und in den Wüstengebieten, als Schwemmsand in den Flußbetten und Sandgruben. Die abgerundeten, meist durchscheinenden Sandkörner sind unlöslich in Wasser und härter als Eisen.

[394] Die chemische Zusammensetzung des Sandes. Zur Feststellung der chemischen Zusammensetzung des Sandes hat man ein inniges Gemenge von feinem Sand mit Magnesiumpulver in einem schwer schmelzbaren Tiegel durch das Knallgasgebläse erhitzt. Das Magnesium verbrennt zu weißer Magnesia; ein kristalliner, braunschwarzer Rückstand von großer Härte bleibt zurück. Also ist im Sand Sauerstoff enthalten, den das Magnesium zu seiner Verbrennung braucht. Der harte, kristalline Rückstand erweist sich als *Silizium*[2]). Dieses Element gehört zu den vierwertigen Nichtmetallen. Sand ist Siliziumdioxyd und hat die Formel SiO_2.

Beim Erhitzen von Magnesium mit feinpulverigem Sand in der Gebläseflamme wirkt Magnesium als Reduktionsmittel.
Es reduziert den Sand zu Silizium und oxydiert sich durch den Sauerstoffgehalt des Sandes zu Magnesiumoxyd.
Silizium ist ein vierwertiges Nichtmetall. Sand ist Siliziumdioxyd SiO_2.

[395] Die Kieselsäure. Das Siliziumdioxyd SiO_2 entspricht in seiner Zusammensetzung dem Kohlendioxyd CO_2. Schon die Kohlensäure H_2CO_3 ist eine schwache Säure; sie ist so unbeständig, daß wir sie nur in wässeriger Lösung kennengelernt haben. Die Kieselsäure H_2SiO_3 ist in ihrer chemischen Wirksamkeit noch

Siliziumdioxyd entspricht in seinem chemischen Aufbau dem Kohlendioxyd. Wie das Kohlendioxyd mit Basen unter Bildung von kohlensauren Salzen reagiert, so bildet das

[1]) mineralis (lat.) = zum Bergwerk gehörig
[2]) silex (lat.) = Kieselstein

schwächer als die Kohlensäure (Versuch 195). Wir kennen sie nur aus den kieselsauren Salzen, den *Silikaten*. So wie sich die kohlensauren Salze durch Einwirkung von Kohlendioxyd auf Basen bilden ($CO_2 + Ca(OH)_2 \longrightarrow H_2O + CaCO_3$), so entstehen die kieselsauren Salze durch Einwirkung von Siliziumdioxyd auf Basen, z. B. auf Ätznatron, Ätzkali usw.

Siliziumdioxyd mit Basen die kieselsauren Salze oder Silikate.

[396] Darstellung von Natriumsilikat. Kocht man z. B. feingepulverten Sand mit konzentrierter Natronlauge oder Kalilauge, so entsteht langsam eine klare Lösung von Natriumsilikat bzw. Kaliumsilikat:

$$\underset{\text{Silizium-dioxyd}}{SiO_2} + \underset{\text{Natronlauge konz.}}{2\,NaOH} \longrightarrow \underset{\text{Natriumsilikat}}{Na_2SiO_3} + \underset{\text{Wasser}}{H_2O}$$

Natrium- und Kaliumsilikat entstehen beim Kochen von Siliziumdioxyd mit konzentrierter Natron- bzw. Kalilauge.

[397] Wasserglas. Dickflüssige Lösungen dieser beiden Silikate kommen als Wasserglas in den Handel. Die Hausfrau verwendet es zum Konservieren von Eiern, deren Poren durch ausfallende Kieselsäure gegen die Luft abgeschlossen werden. Wasserglaslösungen dienen auch zum Imprägnieren von Geweben und Holz für Theaterdekorationen, um diese feuersicher zu machen, und ebenso zu Schutzüberzügen über Freskomalereien. Kaliumsilikat und Natriumsilikat sind die einzigen wasserlöslichen Silikate. Alle übrigen Silikate sind in Wasser unlöslich.

Beide Verbindungen kommen in dickflüssigen Lösungen als Wasserglas in den Handel.
Wasserglas dient als Konservierungsmittel für Eier und zur Feuerschutzimprägnierung von Geweben und Holz (Theaterdekorationen).
Wasserglas ist wasserlöslich. Alle übrigen Silikate sind unlöslich in Wasser.

● Versuch 193: Herstellung von Feuerschutzüberzügen. *Bestreichen Sie Papier, Holz und Gewebe allseits mit Wasserglaslösung! Es bildet sich ein glasartig durchsichtiger Schutzüberzug.*

● Versuch 194: Wirkungsweise der Überzüge. *Versuchen Sie, Papier, Holz und Gewebe der gleichen Art a) ohne Anstrich, b) mit Wasserglasanstrich, der lufttrocken geworden ist, zu verbrennen!*

[398] Ausfällung von Kieselsäure durch Kohlendioxyd. Wasserglas wird schon durch die sehr schwache Kohlensäure und durch das in der Luft vorhandene Kohlendioxyd zersetzt:

$$\underset{\text{Natrium-silikat}}{Na_2SiO_3} + \underset{\text{Kohlen-säure}}{H_2CO_3} \longrightarrow \underset{\text{Natrium-karbonat}}{Na_2CO_3} + \underset{\text{Kiesel-säure}}{H_2SiO_3}$$

Bereits durch das Kohlendioxyd der Luft wird aus Wasserglaslösung die Kieselsäure ausgeschieden. Die Kieselsäure bildet zunächst eine gallertartige Masse, die allmählich erstarrt.

● Versuch 195: *Lassen Sie eine Wasserglaslösung in einem offenen Gefäß längere Zeit stehen! Allmählich bildet sich in der Lösung eine gallertartige Masse von weißer Farbe, die im Laufe der Zeit zu einer steinharten Masse erhärtet.*

Die Kieselsäure bildet eine steife, gallertartige Masse, die allmählich erhärtet. Da die Kieselsäure in Versuch 195 durch die Kohlensäure in Freiheit gesetzt wird, muß die Kohlensäure in ihrer chemischen Wirkung stärker als die Kieselsäure sein [395].

[399] Ausfällung von Kieselsäure durch Salzsäure. Die starke Salzsäure setzt die schwache Kieselsäure aus ihren Salzen in Freiheit.

Durch Salzsäure wird aus einer konzentrierten Wasserglaslösung sofort Kieselsäure ausgefällt.

● Versuch 196: *Versetzen Sie eine konzentrierte Wasserglaslösung mit Salzsäure! Es scheidet sich sofort eine gallertartige Masse ab (Abb. 131), die auf dem Silikat eine feste Kruste bildet. Sie können dann das Glas umkippen, ohne daß Flüssigkeit ausfließt.*

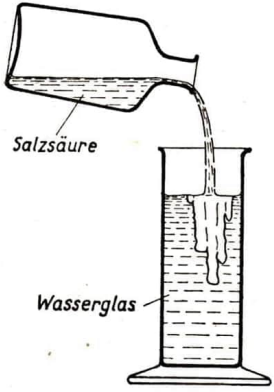


Abb. 131
Ausfällung von Kieselsäure durch Salzsäure

Die starke Salzsäure fällt aus einer Wasserglaslösung sofort die schwache Kieselsäure als weiße, gallertartige Masse aus, die allmählich erhärtet. Die Kieselsäureabscheidung zeigt sich zunächst eiszapfenartig an der Stelle, an welcher die Salzsäure in die Wasserglaslösung einfließt

$$\underset{\text{Wasserglas}}{K_2SiO_3} + \underset{\text{Salzsäure}}{2\,HCl} \longrightarrow \underset{\text{Kaliumchlorid}}{2\,KCl} + \underset{\text{Kieselsäure}}{H_2SiO_3}$$

Rühren Sie hingegen die Säure und die Wasserglaslösung rasch durcheinander, so entsteht ein dicker Brei.

[400] Die Löslichkeit der Kieselsäure in Wasser. In verdünnter Wasserglaslösung bleibt die Kieselsäureabscheidung durch Salzsäure zunächst aus.

In stark verdünnten Wasserglaslösungen scheidet zunächst die Salzsäure keinen Kieselsäurenieder-schlag aus, denn die frisch gebildete Kieselsäure ist wasserlöslich.

● Versuch 197: Einwirkung von Salzsäure auf stark verdünnte Wasserglaslösungen. *Wenn wir eine stark verdünnte Wasserglaslösung mit viel Salzsäure versetzen, so bleibt die Flüssigkeit anscheinend unverändert. Erst nach mehreren Tagen der Einwirkung scheidet sich die Kieselsäure als gallertartiger Niederschlag ab.* Erklärung: Im Augenblick der Abscheidung aus dem Salze ist die Kieselsäure wasserlöslich. Später lagern sich die einzelnen Moleküle der Kieselsäure unter Wasserabspaltung zu größeren Molekülkomplexen zusammen, die uns äußerlich als gallertartige Masse entgegentreten. Diese unter Wasserabspaltung gebildete, hochmolekulare Kieselsäure ist in Wasser unlöslich.

Später lagern sich die Kieselsäuremoleküle unter Wasserabspaltung zu größeren Molekülkomplexen zusammen; es entsteht eine hochmolekulare Kieselsäure, die in Wasser unlöslich ist.

[401] Halbdurchlässige Häute. Der Chemiker ist in der Lage, die beiden Säuren in Versuch 197 schon vor der Abscheidung der Kieselsäure vollständig zu trennen, denn die Kieselsäure ist nicht in Einzelmolekülen in der Flüssigkeit enthalten, sondern bildet Molekülverbände.

Das Flüssigkeitsgemisch aus Salzsäure und verdünnter Wasserglaslösung kann unter Verwendung halbdurchlässiger Häute in den Salzsäureanteil und den gebildeten Kieselsäureanteil zerlegt werden. Die Einzelmoleküle von KCl und HCl durchdringen diese Häute, z. B. Pergamentpapier, während die hochmolekularen Kieselsäuren die Wandung nicht durchdringen können. Die Pergamentwand ist eine halbdurchlässige

● Versuch 198: Trennung mit halbdurchlässigen Häuten (Abb. 132). *Versetzen Sie eine stark verdünnte Wasserglaslösung mit Salzsäure, und bringen Sie das Flüssigkeitsgemisch in ein weites Reagenzglas mit abgesprengtem Boden oder in ein weites Glasrohr, dessen Ende durch Pergamentpapier abgeschlossen ist! Hängen Sie dieses Rohr in ein Gefäß, das mit destilliertem Wasser gefüllt ist!*

Die Einzelmoleküle des gebildeten Kaliumchlorids und der überschüssigen Salzsäure wandern durch die Per-

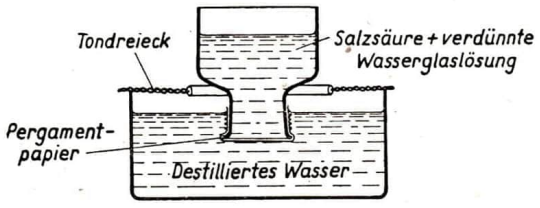


Abb. 132. Die Wirkung halbdurchlässiger Scheidewände (Dialysator[1])

[1]) diálysis (griech.) = Trennung

gamentwandung hindurch in das reine Wasser. (Nachweis des eindringenden Chlors durch Chlorreagens [106]; Versuch 75!) Die Kieselsäure kann die Pergamenthaut nicht durchdringen und bleibt im ersten Gefäß zurück. Die Pergamentwand bezeichnet man daher auch als „halbdurchlässige Wand" (= semipermeable[1]) Membran), denn nur kleinere Moleküle sind in der Lage, sie zu durchdringen.

Wand (semipermeable Membran). Sie läßt die kleinen Moleküle durchtreten und hält größere Molekülvereinigungen zurück.

[402] Kolloide und kolloide Lösungen. Die Kieselsäure, die Pergamenthäute nicht durchdringen kann, gehört zu den *Kolloiden*[2]). Dies sind Stoffe, die wie Leim, Eiweiß, Gummi in Wasser aufquellen, sich meistens beim Erwärmen scheinbar lösen und beim Abkühlen gallertartig werden. Sie können sich aus dem Lösungsmittel nicht als Kristalle abscheiden.

Die Eigenschaft, kolloide Lösungen zu bilden, ist nicht an bestimmte Stoffe gebunden. Alle Stoffe können unter bestimmten Außenbedingungen und in bestimmten Lösungsmitteln in den kolloiden Zustand übergehen.

Kolloide Lösungen sind keine echten Lösungen mehr. Es sind sehr feine Aufschwemmungen. Nur durch die außerordentliche Kleinheit der in der Aufschwemmung schwebenden Teilchen macht die Aufschwemmung den Eindruck einer echten Lösung. In der Natur gibt es keine scharfe Grenze zwischen echten und kolloiden Lösungen. Wir finden vielmehr fließende Übergangsstufen zwischen beiden Lösungsformen.

Die echten Lösungen enthalten Teilchen, deren Durchmesser kleiner als $^1/_{1\,000\,000}$ Millimeter (= 1 $\mu\mu$)[3]) ist; es sind dies Moleküle oder elektrisch geladene Teile von Molekülen, die Ionen. Die Abmessungen der Teilchen in kolloiden Lösungen sind 100- bis 1000 mal größer (0,1 μ bis 1 $\mu\mu$); bei ihnen handelt es sich um Gruppen, die aus zahlreichen Einzelmolekülen bestehen; auch diese Molekülgruppen können noch nicht unter dem gewöhnlichen Mikroskop wahrgenommen werden. Der Größenunterschied der selbständigen Teilchen bedingt, daß die kolloiden Teilchen von halbdurchlässigen Wänden zurückgehalten werden, während die echten Lösungen diese Wände ungehindert durchdringen können [401].

Stoffe, die von halbdurchlässigen Wänden zurückgehalten werden, bezeichnet man als Kolloide. Sie quellen in Wasser auf; meistens lösen sie sich scheinbar beim Erwärmen und werden beim Abkühlen gallertartig.

Kolloide Lösungen sind keine echten Lösungen, sondern sehr feine Aufschwemmungen; wegen der Kleinheit der Schwebeteilchen entsteht der Eindruck einer echten Lösung.

Die Fähigkeit, kolloide Lösungen auszubilden, ist nicht die spezifische Eigenschaft bestimmter Stoffe; es können vielmehr alle Stoffe unter bestimmten Außenbedingungen in den kolloiden Zustand übergehen.

Zwischen echten Lösungen und kolloiden Lösungen gibt es keine scharfe Grenze; es zeigen sich fließende Übergänge zwischen beiden Lösungsformen.

[1]) semi (lat.) = halb; permeare (lat.) = hindurchgehen
[2]) kólla (griech.) = Leim; eidés (griech.) = ähnlich (Kolloid = leimähnlich)
[3]) µ (sprich: „müh"; griech. „m") = Mikron = $^1/_{1000}$ mm; µµ = Millimikron = $^1/_{1000}$ Mikron = $^1/_{1000\,000}$ mm

A. Lehrgang

B. Kurzfassung

[403] Der Aufbau des Granits. Quarz ist ein Hauptbestandteil vieler Gesteine und ist z. B. im Granit enthalten. In den Großstädten sind meist die Bürgersteige mit Granitplatten belegt. An ihnen sehen wir, besonders schön nach einem Regen, die drei Hauptbestandteile, aus denen sich der Granit zusammensetzt: Quarz, Feldspat und Glimmer. Der Feldspat bildet große, glatte, spiegelnde Kristalle, die entweder rötlich oder grünlichweiß gefärbt sind. Zwischen ihnen liegen kleinere, glänzende, schwarze oder silberweiße Glimmertäfelchen. Als Ausfüllmasse zwischen den Feldspatkristallen und Glimmerplättchen ist der rauchgraue, fettig glänzende Quarz zu sehen, der unregelmäßig umgrenzte Körner bildet und bei der Auskristallisation sich den fremden Kristallformen anschmiegen mußte.

Quarz ist ein Hauptbestandteil vieler Gesteine. So besteht der Granit aus großen, rötlichen oder weißgrünen Feldspatkristallen, glänzenden Glimmerplättchen und dem rauchgrauen, fettglänzenden Quarz.

[404] Silikate. Quarz ist chemisch Siliziumdioxyd ([393], [394]). Er stellt das Anhydrid der Kieselsäure dar. Silizium bildet eine ganze Reihe von verschiedenen Kieselsäuren aus, von denen jede als Salze die ihr eigenen Silikate bildet. In der Natur finden sich die einfachen Silikate relativ selten, in denen der Wasserstoff der Kieselsäure nur durch ein Metall ersetzt ist. Meist finden wir *Doppelsilikate*, bei denen die Wasserstoffatome der Kieselsäure durch zwei oder mehr verschiedene Metalle ersetzt worden sind.

Quarz SiO_2 ist das Anhydrid der Kieselsäure. Silizium bildet eine ganze Reihe verschiedener Kieselsäuren aus, von denen jede die ihr eigenen Silikate bildet.

Wesentlich häufiger als die einfachen Silikate treten in der Natur die Doppelsilikate auf.

[405] Natürliche Doppelsilikate. Die meisten Mineralien und Gesteine der Erdrinde sind Silikate oder Doppelsilikate. So ist der Feldspat ein Kalium-Aluminium-Doppelsilikat von der Zusammensetzung $K[AlSi_3O_8]$ oder Natrium-Aluminium-Doppelsilikat von der Zusammensetzung $Na[AlSi_3O_8]$. Wir lernten den Feldspat als Gemengbestandteil des Granits kennen [403]. Auch der Glimmer ist ein Doppelsilikat, das außer Natrium, Kalium und Aluminium noch Magnesium und Eisen enthält.

Zu den Doppelsilikaten gehören viele Mineralien und Gesteine der Erdrinde, z. B. der Feldspat und der Glimmer.

[406] Die Zersetzung der Silikate. Die Silikate werden durch Einwirkung von Säuren zersetzt, wie die Versuche 195 und 196 zeigen. Da die natürlichen, in

Die natürlichen Wässer in der Erdrinde enthalten oft Kohlensäure, Humussäu-

der Erdrinde und in den Gesteinen kreisenden Wässer oft Kohlensäure, Humussäuren und etwas Salzsäure enthalten, müssen durch sie auch die gesteinsbildenden Silikate und Doppelsilikate allmählich zersetzt werden. Hierbei zerfällt z. B. der Feldspat in lösliche und unlösliche Bestandteile:

ren und Spuren von Salzsäure. Daher wirken sie zersetzend auf die Silikatbestandteile der Gesteine ein. So wird z. B. der Feldspat durch kohlensäurehaltige Wässer in wasserlösliche Karbonate, wasserunlöslichen Ton und Kieselsäure übergeführt.

Na-Al-Silikat K-Al-Silikat Ca-Al-Silikat	+	Kohlensäure	→	Na-Karbonat K-Karbonat Ca-Karbonat	+	Al-Silikat + Kieselsäure
Feldspat		Kohlensäurehaltige Wässer		Soda Pottasche Kalkstein (wasserlöslich)		Ton Kaolin (wasserunlöslich)

[407] Die Verwitterung des Granits. Die säurehaltigen Wässer zersetzen zunächst die leicht zersetzbaren Silikate. Der Feldspat des Granits zerfällt in wasserlösliche Karbonate und das wasserunlösliche Aluminiumsilikat, das als Tonerde, Schieferton oder Kaolin zurückbleibt. Auch die Glimmer werden chemisch zersetzt. Nur der Quarz bleibt chemisch unverändert. Diesen Vorgang bezeichnen wir als *chemische Verwitterung der Gesteine.* Da die wasserlöslichen Produkte vom Wasser ausgelaugt werden, wird das Gestein porös. Eindringende Sickerwässer gefrieren im Winter und üben eine mechanische Sprengkraft aus. So zerfällt der Granit durch chemische und *mechanische Verwitterung* in einen lockeren Grus, in dem die unlöslichen Quarzkörner vorherrschen.

Während die wasserlöslichen Spaltprodukte der Silikate vom Wasser fortgeschwemmt werden, wird das Gestein porös und unterliegt neben der chemischen Verwitterung auch der mechanischen Verwitterung durch Hitzewirkung und durch die Sprengkraft des Eises. Das Gestein zerfällt in lockeren Grus.

[408] Das Schicksal der unlöslichen Verwitterungsprodukte. Während die wasserlöslichen Verwitterungsprodukte aus den Gesteinen herausgelöst werden, bleiben zunächst die wasserunlöslichen Bestandteile Ton und Quarz zurück. Beide werden vom Wasser zu Tal getragen. Die harten Quarzkörner reiben auf ihrer langen und oft stürmischen Talfahrt aneinander, polieren und glätten sich gegenseitig und treten uns dann als die gerundeten Körner des Flußsandes oder als die größeren Kieselsteine entgegen, die der Fluß auf seinem Flußbett entlangrollt.

Wenn die tragende Kraft des Wassers nachläßt, besonders beim Einströmen der Flüsse ins Meer, setzen sich die Schwebstoffe in immer neuen Schichten zu B den und bilden einerseits die Sandablagerungen, andererseits die Tonlager oder ein Gemisch beider, den Lehm.

Von den Flüssen werden der unlösliche Ton und Quarz zu Tal getragen. Hierbei runden sich die harten Quarzkörner, und die Flußkiesel werden glattpoliert.

Sand und Ton setzen sich zu Boden, wenn die treibende und tragende Kraft des fließenden Wassers nachläßt.

Durch nachträgliche Verfestigung solcher Sandablagerungen entstehen die Sandsteinformationen.

Werden Sandbänke nachträglich durch Bindemittel verfestigt, so entstehen mächtige Felsenbildungen, wie sie uns im Elbsandsteingebirge landschaftsbildend entgegentreten.

54. Kapitel: Die Kieselsäure als gesteinsbildender Faktor

A. Lehrgang

[409] **Das Schicksal der wasserlöslichen Verwitterungsprodukte.** Die wasserlöslichen Verwitterungsprodukte wandern mit dem Sickerwasser in den Erdboden und bilden zum Teil wichtige Nährstoffe für die Pflanzen (Kaliumsalze). Auch die Kieselsäure, die im Augenblick ihres Entstehens wasserlöslich ist, wird zu einem beträchtlichen Teil durch das Sickerwasser im Erdboden fein verteilt und wird mit dem Wasser von der Pflanze aufgenommen.

Im Pflanzenkörper lagert sich oft die Kieselsäure in Form feiner Nadeln von Siliziumdioxyd ab. So finden Sie häufig im Humus und Moder die feinen, zarten Skelette verwester Blätter, die meist aus Siliziumdioxyd bestehen. Viele Riedgräser besitzen scharf schneidende Blattränder, und auch Sie werden sich schon irgendwann einmal eine schmerzhafte und tiefe Schnittwunde zugezogen haben, wenn Sie achtlos ein solch scharfes Grasblatt durch die Hand zogen. Die scharfe Schneide ist auf Kieseleinlagerungen zurückzuführen. Auf hohem Kieselgehalt beruht die Verwendung der Schachtelhalme als „Scheuerkraut".

Kieselhaltige Wässer durchsetzen vielfach auch die Überreste absterbender Bäume und verkieseln das Holz. So begegnen wir im Chemnitzer Becken vielfach den verkieselten Stämmen von Schachtelhalmen und Nadelhölzern früherer Erdperioden. Der in Chemnitz aufgestellte „Versteinerte Wald" bietet ein treffliches Beispiel der verkieselnden Wirkung kieselhaltiger Wässer in der Natur.

[410] **Kieselgur.** Große Mengen von gelöster Kieselsäure wandern mit den Flüssen ins Meer und dienen vielen Algen zum Aufbau ihrer Panzer.

So scheiden die niedrigsten einzelligen Pflanzen, die Kieselalgen oder Diatomeen, zierliche Kieselpanzer aus, die wie Schachteln mit Deckeln oder wie Schiff-

B. Kurzfassung

Die wasserlöslichen Verwitterungsprodukte kreisen mit den Sickerwässern im Erdboden und werden mit dem Wasser von den Pflanzen aufgenommen (Kaliumsalze). So gelangt auch die gelöste Kieselsäure in den Pflanzenkörper.
In vielen Pflanzen finden sich Kieseleinlagerungen, so z. B. in den schneidend scharfen Blättern der Riedgräser und in den Schachtelhalmen („Scheuerkraut").
Kieselhaltige Wässer durchdringen Reste abgestorbener Pflanzen und verkieseln das Pflanzengewebe völlig. So sind uns vielfach verkieselte Stämme von Nadelhölzern und von Schachtelhalmen früherer Erdperioden erhalten geblieben.

Kieselgur oder Diatomeenerde besteht aus den Kieselpanzern winziger, einzelliger Kieselalgen. Beim Absterben der Algen häufen sich ihre Panzer am Grunde der Gewässer zu

chen aussehen (Abb. 31). Die Gehäuse der abgestorbenen Kieselalgen sammeln sich oft zu mächtigen Schichten am Grunde der Gewässer an und bilden die Kieselgurablagerungen. Kieselgur wird sandgrubenmäßig abgebaut und dient als Poliermittel, als Formsand und zur Wärmeisolierung, ebenso aber auch zur Herstellung von Berkefeldfiltern für die Trinkwasserentkeimung (Abb. 32 und 33; [75]).

großen Schichtenpaketen an und werden heute als Polier- und Isoliermittel und zur Herstellung von Berkefeldfiltern für die Trinkwasserreinigung verwendet.

[411] Kieselsinter und Feuerstein. Die im Wasser gelöste Kieselsäure wird ziemlich rasch und reichlich ausgeschieden, wenn heiße Quellen an die Erdoberfläche treten. Dann bilden sich schneeweiße oder gelbliche Krusten und Decken oder schön geformte Terrassen aus Kieselsinter, wie wir sie an den heißen Springquellen (Geiser) Islands vielfach finden.

Auf den Gehalt des Meerwassers an Kieselsäure ist auch die Bildung der grauschwarzen Feuersteine zurückzuführen. Die im Wasser gelöste Kieselsäure gelangte in die porösen Ablagerungen der Kreidefelsen und schlug sich in den Hohlräumen in Form gallertartiger Klumpen nieder, die allmählich erhärteten. Bei der Zerstörungsarbeit der Meeresbrandung werden die Feuersteinknollen aus den Kreidefelsen herausgenagt (Rügen). Als eiszeitliche Geschiebe sind sie auf dem Gletschereise weit nach Süden gewandert und zeigen noch heute durch ihr Vorhandensein, wie weit einst die eiszeitliche Vergletscherung über Europa sich ausgedehnt hat.

Die Feuersteinknollen zerspringen durch kräftigen Schlag mit muscheligem Bruch und unter Ausbildung

Von den heißen Quellen wird der Kieselsäuregehalt beim Abkühlen an der Erdoberfläche als Kieselsinter abgesetzt.

So bildeten sich weiße und gelbliche Kieselsinterterrassen an den heißen Springquellen Islands aus.

Die Feuersteine in der Schreibkreide Rügens entstanden durch Ausfällung von Kieselsäure in Hohlräumen des porösen Absatzgesteines. Die Gletscher der Eiszeit trugen die Feuersteine mit sich in den zentraleuropäischen Raum hinein. Ihre Fundorte markieren noch heute die südliche Grenze der eiszeitlichen Vergletscherung.

Die Feuersteinknollen zerspringen bei kräftigem Schlag mit muscheligem Bruch zu messerscharfen und nadelspitzen Gesteinssplittern, die den Eiszeitmenschen als Messer, Schaber, Beile und Faustkeile dienten.



Abb. 133. Faustkeil, steinzeitliches Werkzeug und Waffe, aus Feuerstein hergestellt



Abb. 134 Feuersteinmesser

schneidender Kanten zu messerscharfen und nadelspitzen Gesteinssplittern. Daher waren die Feuersteine für den Steinzeitmenschen einer der wertvollsten Rohstoffe, aus dem er sich Beile, Faustkeile, Messer und Schaber fertigte (Abb. 133 und 134).

[412] **Halbedelsteine.** Aus kalten Lösungen scheidet sich die Kieselsäure sehr langsam ab und füllt Spalten und Hohlräume der Gesteine zunächst gallertartig aus, gibt Wasser ab, zieht sich zusammen und wird allmählich fest. So entstanden in den Gesteinen „Mandeln" aus feinstrahligen Abarten des Quarzes in verschiedenen Farben und Bänderungen, denn in der Gallerte waren noch andere Stoffe gelöst, von denen die einzelnen Schichten beim Erstarren größere oder kleinere Mengen aufnahmen.

Durch Ausscheidung aus kalten Lösungen bilden sich bunte Abarten des Quarzes, so der graue Chalzedon, der rote Karneol, der hellgrüne Chrysopras, der tiefrote Jaspis und der dunkelgrüne, rotgefleckte Heliotrop. Der Onyx ist weiß-schwarz gebändert, und der Achat zeigt eine bunte Bänderung.

Wir unterscheiden den grauen *Chalzedon*[1]), den gleichförmig fleischroten *Karneol*[2]), den hellgrünen *Chrysopras*[3]), den tiefroten *Jaspis* und den dunkelgrünen *Heliotrop*[4]) mit seinen roten Flecken. Der *Onyx*[5]) hat wechselnde weiße und schwarze Lagen, und der *Achat*[6]) ist bunt gebändert (Abb. 135).



Abb. 135. Knolle von Bandachat (aufgeschliffen)

[1]) Chalzedon ist eine Stadt am Bosporus
[2]) caro, carnis (lat.) = Fleisch
[3]) chrysòs (griech.) = Gold; pràsios (griech.) = lauchgrün
[4]) hēlios (griech.) = Sonne
[5]) ónyx (griech.) = der gestreifte (schmutzige) Fingernagel
[6]) Achates = Fluß in Sizilien; dort wurde im Altertum der Stein zuerst gefunden

Diese buntfarbigen Quarzabarten sind als Schmucksteine sehr beliebt und werden als Halbedelsteine bezeichnet. Bekannte Edelstein- und Achatschleifereien befinden sich in Idar und Oberstein an der Nahe. Die dort geschliffenen Achate werden meist als Rohsteine von Übersee eingeführt (Brasilien und Uruguay) und häufig künstlich gefärbt, denn ihre Chalzedonschichten sind feinporig und saugen Farbstoffe auf. Die schwarze Bänderung der Achate z. B. erzielt man durch Tränkung der Schichten mit Honig, den man dann durch Einwirkung von Schwefelsäure verkohlt (Versuch 121).

Diese Halbedelsteine werden in den Edelsteinschleifereien von Idar und Oberstein (Nahe) zugerichtet und bilden begehrte Schmucksteine.

[413] **Quarzdrusen.** Wenn die Ausscheidung in den Hohlräumen der Gesteine sehr langsam erfolgt, so setzt sich die Kieselmasse nicht mehr als Gallerte ab, sondern es wachsen Kristalle in das den Hohlraum ausfüllende Wasser hinein. An Stelle von gefüllten „Mandeln" entstehen hohle Kristalldrusen (Abb. 136).

Bei sehr langsamer Abscheidung setzt sich die Kieselmasse nicht als Gallerte ab, die den Hohlraum später als „Mandel" ausfüllt, sondern es wachsen von den Wandflächen her Kristalle in den Hohlraum hinein. Auf diese Weise entstehen die Kristalldrusen.
Ein jeder Stoff entwickelt hierbei ganz bestimmte, für ihn charakteristische Kristallformen. Bei anhaltendem Zustrom kieselsäurehaltigen Wassers und ungestörtem Wachstum der Kristalle können die Drusen zuwachsen, doch unterscheidet sie auch dann noch die kristalline Struktur von der Gesteinsmandel.

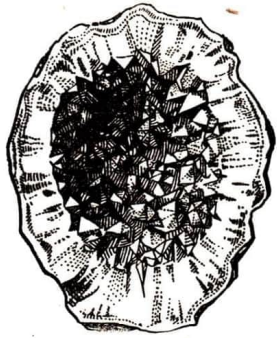


Abb. 136. Kristalldruse aus Amethyst

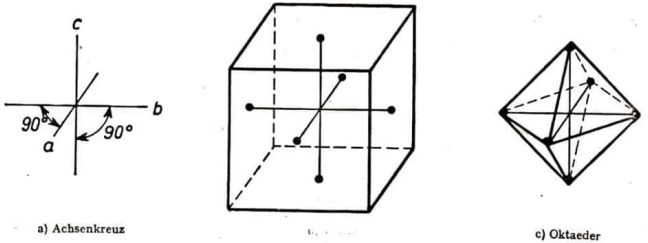
Ähnliche Vorgänge spielen sich in Rissen, Spalten und Klüften der Gesteine ab, in denen sich Quarz abscheidet und später als Quarzader das Gestein durchzieht. Bei fortgesetztem Zustrom kieselsäurehaltigen Wassers können auch die Kristalldrusen zuwachsen. Sie unterscheiden sich stets durch ihre kristalline Struktur von den Gesteinsmandeln.

[414] **Kristallsysteme.** Wie jeder andere Stoff, so bildet auch der Quarz eine charakteristische Kristallform

Unter den Kristallformen unterscheiden wir 6 Kri-

aus. Wir ordnen die Kristalle in sechs verschiedene Systeme ein, deren Achsenkreuze sich durch die verschiedene Lage und Länge der Achsen unterscheiden.

stallsysteme, die sich durch die Anordnung und Länge der Kristallachsen unterscheiden.



a) Achsenkreuz

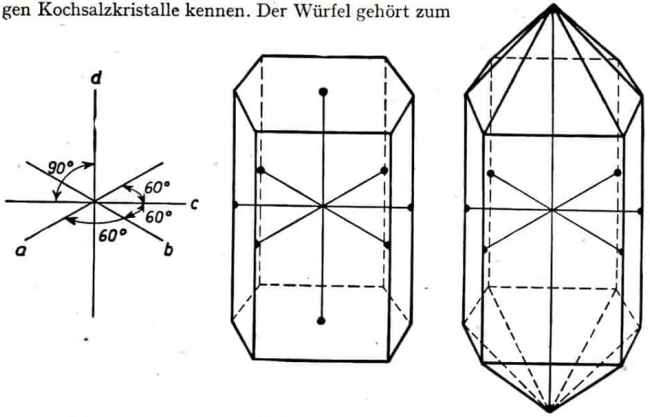
c) Oktaeder

Abb. 137. Das reguläre Kristallsystem

Zwar werden bei der Kristallisation durch verschieden schnelles Wachstum der einzelnen Flächen die theoretisch regelmäßigen Formen häufig verzerrt, aber die Winkel verändern sich hierbei nie.

Bereits in Versuch 15 lernten wir die würfelförmigen Kochsalzkristalle kennen. Der Würfel gehört zum

Das reguläre Kristallsystem ist durch ein Achsenkreuz von drei senkrecht aufeinander stehenden Achsen gleicher Länge



a) Achsenkreuz

b) hexagonales Prism

c) hexagonale Säule mit Doppelpyramide

Abb. 138. Das hexagonale Kristallsystem

regulären Kristallsystem. Verbindet man die gegenüberliegenden Ecken oder Flächenmitten durch Achsen, so erhält man beim regulären System drei gleichlange, senkrecht aufeinander stehende Achsen (Abb. 137a). Die bekanntesten Formen des regulären Kristallsystems sind dementsprechend der Würfel und das Oktaeder[1]) (Abb. 137b und c).

Ein zweites Kristallsystem ist das hexagonale System. Sein Achsenkreuz besteht aus drei gleichlangen Achsen, die untereinander Winkel von 60° bilden, und einer vierten Achse, die auf den übrigen senkrecht steht (Abb. 138a). Die Grundformen dieses Systems sind die hexagonale Doppelpyramide, das hexagonale Prisma (Abb. 138b) und eine Kombination dieser beiden Formen (Abb. 138c).

ausgezeichnet. Würfel und Oktaeder sind typische Kristallformen des regulären Kristallsystems.
Das hexagonale Kristallsystem besitzt 3 gleichlange Achsen, die Winkel von 60° einschließen, und eine vierte Achse, die auf den anderen senkrecht steht. Ihre typischen Vertreter sind die hexagonale Säule und die Doppelpyramide.

[415] Quarzkristalle. Quarz kristallisiert als sechsseitige Doppelpyramide oder in der weitaus überwiegenden Mehrzahl der Fälle als hexagonale Säule in Verbindung mit der Doppelpyramide aus (Abb. 138c). Wir finden diese Kristalle wasserklar als *Bergkristall* in den Alpen bis zu Zentnerschwere. Daneben treten der braun angehauchte *Rauchquarz* und der veilchenblaue *Amethyst*[2]) (Abb. 139) auf.

Quarz kristallisiert in hexagonalen Säulen in Verbindung mit der Doppelpyramide. Wir unterscheiden den wasserhellen Bergkristall, den bräunlichen Rauchquarz und den veilchenblauen Amethyst.

Die Abbildungen 139 und 136 zeigen die charakteristische Kristallform des Quarzes am Beispiel des Amethysts. Bilden sich die Kristalle von einer Grundfläche aus, so tragen die Säulen nur an dem freien Kopfende eine abschließende Pyramide (Abb. 139). Bei der Kristalldruse (Abb. 136) sind die Einzelsäulen nachträglich beim Dickenwachstum miteinander verwachsen, so daß nur die freien Pyramiden in den Hohlraum hineinragen.



Abb. 139. Amethyst

[1]) ŏktó (griech.) = acht; hédra (griech.) = Fläche; Oktaeder = Achtflächner

[2]) améthystos (griech.) = dem Rausche widerstrebend; er sollte vor Trunkenheit schützen

47. Kapitel: Ein Besuch im Gaswerk

Die Trockendestillation der Kohlen findet im Gaswerk in modernen Kammeröfen statt, die durch Generatorgas befeuert werden. Als Nebenprodukte werden Koks, Teer, Ammoniak, Naphthalin, Zyanverbindungen, Schwefel und Benzol gewonnen.

48. Kapitel: In der Kokerei

In der Kokerei bildet der Koks das Hauptprodukt. Durch die Verarbeitung gasärmerer Kohle erhält man in der Kokerei einen festeren Koks als im Gaswerk. Der gewonnene Hüttenkoks hält dem Druck der Erzsäule im Hochofen stand. Die Kammeröfen sind zu großen Koksofenbatterien vereinigt. Die anfallenden Kokereigase werden wie im Gaswerk gereinigt.

49. Kapitel: Verschwelung und Teerverarbeitung

Aus den in Kokereien und Gaswerken anfallenden Teermengen werden durch fraktionierte Destillation Leichtöle und Mittelöle als Motorentreibstoffe und Schweröle als Heiz- und Schmieröle gewonnen. Der Rückstand liefert Vaseline, Paraffin und Pech.

Durch Tieftemperaturverkokung unter 600° wird die Gasausbeute vermindert und die Teerausbeute vermehrt, da hierbei eine starke Zersetzung des Teeres vermieden wird. Durch Braunkohleverschwelung wird heute die Teergewinnung in großem Stile betrieben.

50. Kapitel: Die Kohleverflüssigung

Im Bergius-Verfahren werden die komplizierten Moleküle der Kohlenstoffverbindungen unter Wasserstoffaufnahme (Hydrierung) auseinandergebrochen, wobei wasserstoffreichere Kohlenwasserstoffe, die Benzine, entstehen. In der Benzinsynthese nach Fischer-Tropsch hingegen findet eine totale Zerstörung des Kohlengefüges statt. Die Kohle wird zu Kohlenmonoxyd abgebaut und dieses dann nachträglich wieder zu den wasserstoffreichen Kohlenwasserstoffen (Leichtölen, besonders Benzin) aufgebaut. Außerdem entsteht im Fischer-Tropsch-Verfahren das Paraffin, das zu Fettsäuren oxydiert und auf Seife verarbeitet werden kann.

51. Kapitel: Das Erdöl

Auch das Erdöl ist organischen Ursprungs. Es ist ein dickflüssiges, dunkel gefärbtes Gemisch vieler Kohlenwasserstoffe von verschiedenen Siedepunkten. Bei der neuzeitlichen Röhrendestillation wird das gesamte Gemisch verdampft und durch stufenweise Abkühlung in Schwer-, Mittel- oder Leichtöle zerlegt. Durch Druckspaltung in der Hitze (Kracken) oder durch Hydrieren können die anfallenden Mittel- und Schweröle in Benzin ungewandelt werden.

52. Kapitel: Siliziumdioxyd, Kieselsäure und Silikate

Quarz = Siliziumdioxyd SiO_2 ist der Hauptbaustein der Erdrinde. SiO_2 ist Kieselsäureanhydrid. Die Kieselsäure H_2SiO_3 gehört zu den sehr schwachen und sehr unbeständigen Säuren; sie ist nur in ihren Salzen bekannt. Die Salze der Kieselsäure heißen Silikate. Natrium- und Kaliumsilikate sind die einzigen wasserlöslichen Silikate; ihre Lösungen werden als Wasserglas bezeichnet.

Kieselsäure tritt oft in kolloider Form auf. Kolloide Lösungen sind keine echten Lösungen, sondern sehr feine Aufschwemmungen, die nur durch äußerste Kleinheit der Schwebeteilchen den Eindruck einer echten Lösung machen.

53. Kapitel: Quarz und Kieselsäure als Verwitterungsprodukte

Quarz und die Silikate bilden den Hauptbestandteil vieler Gesteine. Hauptsächlich treten Doppelsilikate gesteinsbildend auf. Der Granit besteht aus Quarz und den Doppelsilikaten Feldspat und Glimmer. Diese Doppelsilikate zerfallen bei der chemischen Verwitterung des Gesteins durch Einwirkung säurehaltiger Wässer in wasserlösliche Karbonate und Kieselsäure und in wasserunlösliches Aluminiumsilikat (Ton).

54. Kapitel: Die Kieselsäure als gesteinsbildender Faktor

Die im Wasser gelöste Kieselsäure gelangt mit den Sickerwässern in den Erdboden und in die Gesteine; dort bildet sie Mandeln, Knollen und Kristalldrusen als Hohlraumausfüllungen und verkittet lose Trümmer zu festen Gesteinen. Mit dem Grundwasser gelangt sie auch in den Pflanzenkörper (Riedgräser) oder wird von den Kieselalgen dem umgebenden Wasser entnommen und zum Aufbau der Kieselpanzer verwendet (Kieselgur).

Quarz kristallisiert nach dem hexagonalen Kristallsystem als hexagonale Säule in Verbindung mit der Doppelpyramide (Bergkristall, Amethyst).

Best.-Nr. 16330/11 1.–10. Tsd. – Lizenz Nr. 334 – 17. 12. 1947, 1000/47 – 415 – Verfaßt von einer Autoren-Arbeitsgemeinschaft der Gewerkschaft der Lehrer und Erzieher im FDGB. Kreis Leipzig – Schriftleitung: Albert Först, Leipzig – Satz: Offizin Haag-Drugulin in Leipzig (M 103) – Druck: Bonneß & Hachfeld, Potsdam

DIE DEUTSCHE FERNSCHULE
LEHRBRIEFE FÜR FERN- UND SELBSTUNTERRICHT
VOLK UND WISSEN VERLAGS GMBH · BERLIN/LEIPZIG

41. Kapitel: Der Kohlenstoff

C. Lehrgespräch

Lehrer: Welche Eigenschaften der Holzkohle kennen Sie?
Schüler: Holzkohle färbt ab, sie ist brennbar und hat die Fähigkeit der Adsorption.
L.: Wir wollen heute an Hand dieser Eigenschaften die Verwendung der Holzkohle in der Praxis untersuchen. Beginnen Sie mit der ersten der genannten Eigenschaften.
S.: Die Holzkohle weicher Hölzer wird als Zeichenkohle verwendet.
L.: Richtig. Es ist besonders die Lindenholzkohle. Nennen Sie auch noch eine andere Modifikation des Kohlenstoffs, die in ähnlicher Weise verwendet wird!
S.: Es ist der Graphit, eine kristalline Modifikation des Kohlenstoffs.
L.: Was geschieht, wenn wir mit Graphit über Papier fahren?
S.: Es bleiben ganze Atomschichten auf dem Papier haften, die wir dann als Bleistiftstrich sehen. – Aber warum heißt das Schreibgerät überhaupt „Bleistift"?
L.: Lange vor Verwendung des heutigen „Bleistiftes" hatte man entdeckt, daß ein dunkler Strich entsteht, wenn man mit einem Stück Blei oder Zinn über Papier streicht. Probieren Sie dies selbst aus! Daher wurden schon im 14. Jahrhundert weiche Legierungen aus Blei und Zinn in Italien zum Schreiben benutzt. Nachdem man im Jahre 1564 in England die ersten Graphitlager entdeckt hatte, entstanden 1565 auch die ersten Graphit-„blei"stifte. Später erst ging man dazu über, aus Graphit und Ton Bleistiftminen zu brennen. – Wissen Sie auch, wo die wichtigsten deutschen Bleistiftfabriken zu finden sind?
S.: In Nürnberg. Dort werden z. B. die weltbekannten Faberbleistifte hergestellt.
L.: Richtig! Mehr als 20 Bleistiftfabriken wurden in Nürnberg und Umgebung erbaut. – Doch nun zur zweiten Eigenschaft der Holzkohle! Wie können Sie überhaupt Holzkohle herstellen, da dieselbe beim Erhitzen verbrennt?

S.: Holzkohle gewinnen wir durch Erhitzen von Holz unter Luftabschluß. Hierbei entweichen gasförmige Produkte, während reiner Kohlenstoff zurückbleibt.

L.: Was verstehen Sie unter der Adsorptionsfähigkeit der Holzkohle?

S.: Die Fähigkeit, gelöste Stoffe oder Gase auf ihrer großen Oberfläche festzuhalten.

L.: Wie wird diese Eigenschaft in der Technik ausgenutzt?

S.: Holzkohle dient zur Rückgewinnung von Dämpfen in der Industrie und zur Reinigung und Entkeimung des Trinkwassers in Brunnenanlagen. – Aber warum werden die in die Erde gerammten Pfähle vorher angekohlt?

L.: Es bildet sich hierbei äußerlich eine Schicht Holzkohle, die fäulniserregende Bakterien oberflächlich festhält und den Pfahl gegen Fäulnis schützt. Außerdem entstehen bei der Verkohlung Teerprodukte, welche keimtötend wirken. Endlich fault die Holzkohle selbst auch nicht und umgibt als Schutzschicht das leicht faulende Holz. – Haben Sie schon einmal von Kohletabletten gehört?

S.: Ja. Kohletabletten werden bei Darmstörungen eingenommen.

L.: Auch hierbei wird die Adsorptionsfähigkeit der Holzkohle ausgenutzt, indem die Holzkohle schädliche Stoffe in sich aufsaugt.

S.: Beim Durcharbeiten des Lehrstoffes fragte ich mich vergeblich, was die Gewichtseinheit des Diamanten mit dem Samen des Johannisbrotes zu tun hat.

L.: Die Neger benutzten anfangs die Samen des Johannisbrotes zum Abwiegen der Diamanten. Das Durchschnittsgewicht eines Samens beträgt etwa 0,2 g. Später setzte man das Karat genau mit 0,205 g fest.

D. Wiederholung

1. Was entsteht bei der Verbrennung von Kohlenstoff? [314]
2. Bei welchen früheren Versuchen haben wir schon die Brennbarkeit des Kohlenstoffs erkannt? (Versuch 48; [245])
3. Warum werden die in das Erdreich gesetzten Pfähle vorher angekohlt? (Lehrgespräch)
4. Was versteht man unter Adsorption? [315]
5. Was ist Aktivkohle? [315]

E. Prüfungsfragen

1. Woraus besteht die Kruste von angebranntem Brot?
2. Welcher Prozeß ist hierbei im Ofen des Bäckers abgelaufen?
3. In welchen Formarten kommt reiner Kohlenstoff in der Natur vor?
4. Wie kann man beweisen, daß diese Formarten aus reinem Kohlenstoff bestehen?
5. Wo befinden sich die deutschen Graphitlager?
6. Wie werden die Bleistiftminen hergestellt?

F. Übungen

1. Überlegen Sie sich, warum die Schornsteine der Häuser in der Hausmitte angelegt werden müssen und nicht an den Außenwänden des Hauses in die Höhe geführt werden dürfen!
2. Entwickeln Sie aus den Eigenschaften des Graphits dessen Verwendbarkeit in Haushalt und Industrie!

42. Kapitel: Die Kohlen

C. Lehrgespräch

Lehrer: Welche Kohlenarten sind Ihnen bekannt?
Schüler: Torf, Braunkohle, Steinkohle und Anthrazit.
L.: Und wie unterscheiden sich diese Arten?
S.: Sie unterscheiden sich durch die Menge des in ihnen enthaltenen Kohlenstoffes und den hieraus sich ergebenden Heizwert. – Wie ist diese Ungleichheit zu erklären? Wird die Braunkohle sich im Laufe der Zeit ebenfalls in Steinkohle umwandeln?
L.: Der Gedanke, daß Moorboden im Laufe der Zeit sich in ein Braunkohlenlager verwandelt und dieses allmählich in Steinkohle übergeht, ist nicht ganz richtig. Die einzelnen Kohlenarten entstehen durch Verwesung ganz verschiedener Pflanzentypen.
S.: Ich erinnere mich. Der Torf bildete sich durch Verwesung von Torfmoosen. Die Braunkohle entstand hauptsächlich aus Sumpfzypressen und anderen Nadelbäumen, während die Steinkohle aus Farnen, Schachtelhalmen, Schuppen- und Siegelbäumen hervorging.
L.: Richtig. Die Steinkohlen gingen also aus Gewächsen hervor, die keinen eigentlichen Holzkörper besaßen; ihre Vermoderung muß daher andere Endprodukte liefern als die Vermoderung der Nadelhölzer der Tertiärzeit.
S.: Wie ist es zu erklären, daß in den Steinkohlenlagern nicht wie in den Braunkohlenlagern ein großes Hauptflöz sich zeigt, sondern daß zahlreiche dünne Flöze übereinanderliegen? Und wie erklärt sich überhaupt die große Mächtigkeit dieses Schichtenpaketes?
L.: Zur Karbonzeit wurden riesige Gebirge im europäischen Raume aus dem Meere aufgefaltet. An ihrem Fuße entstanden weite Schwemmlandebenen und Küstentiefländer, in denen sich die üppige Pflanzenwelt der Karbonzeit entwickelte. Große Luftfeuchtigkeit, Regenreichtum und dauernd gleichmäßige Wärme begünstigte das Wachstum dieser Sumpfvegetation, von der Ihnen die Abbildung 107 im Lehrbrief 10 einen Eindruck vermitteln soll. Die markreichen, über das Wasser rasch emporschießenden Stämme der Schachtelhalme wurden durch Land- und Seewinde immer wieder abgebrochen und erfüllten mit ihrem Moder das Wasser; aber immer wieder wuchs die raschlebige Pflanzenwelt empor.

S.: Auf der rechten Seite des Bildes sehe ich Schachtelhalmdickicht. Wie hoch wurden diese Schachtelhalme?

L.: Sie wurden höher als unsere heutigen Bäume und wurden noch bei weitem durch die Baumformen der damaligen Zeit überragt.

S.: Was sind das für Bäume, deren Kronen sich schirmförmig ausbreiten?

L.: Die schirmförmigen Bäume gehören zu den Bärlappgewächsen; rechts im Bild sehen Sie Siegelbäume. Die Blattpolster der abgestorbenen Blätter sind erhaben wie Siegel auf der Rinde zu sehen; hiervon erhielt der Baum seinen Namen. Die Baumriesen zur Linken sind Schuppenbäume, deren Schuppen auf der Baumrinde ebenfalls aus Blattpolstern hervorgegangen sind.

S.: Die Farne auf dem Bilde sind ebenso hoch wie die Schachtelhalme dargestellt; waren die auch baumhoch gewachsen?

L.: Ja. Es sind Baumfarne; Sie erkennen den Farncharakter an den eingerollten Herzblättchen (links im Bilde). Daneben sehen Sie Lianenfarne, die als Schlinggewächse um die Baumstämme emporranken (rechts).

S.: Wie kommen die Zwischenschichten von Sanden und Tonen zwischen die sich bildenden Kohlenflöze?

L.: In Perioden mit starken Regenfällen führten die Flüsse große Mengen Geröll mit sich und lagerten Gerölle, Sande und Tone in den modererfüllten Küstensümpfen ab. Mit diesen Sedimenten wechseln dicke Pakete absterbender Pflanzen ab, während das ganze Gebiet sich immer tiefer senkte.

S.: In wieviel Jahren wird eine solche Gebirgsauffaltung und Küstenlandsenkung vor sich gegangen sein?

L.: Die Erscheinungen kann man nicht nach Jahren messen; sie gehen in geologischen Zeiträumen vor sich.

S.: Da müßte also ein Mensch schon sehr alt werden, um die Veränderungen feststellen zu können?

L.: Diese Veränderungen kann ein einzelner Mensch nie feststellen. Die Gebirgsfaltungen und Landsenkungen können nur mit wissenschaftlichen Methoden oder durch genaue Überlieferungen nach vielen Generationen erkannt werden. Die Mächtigkeit der Kohlenlager zwingt zur Annahme gewaltiger geologischer Zeiträume für die Bildung der Kohlenlager und ferner zur Annahme einer Senkung der sumpfigen Küstenstreifen um mehrere tausend Meter.

D. Wiederholung

1. Worin besteht das Wesen der Inkohlung? [323]
2. Aus welchen Gewächsen bildeten sich die Braunkohlen? [326]
3. Schildern Sie den Braunkohlentagebau! [327]
4. Wie geht der Steinkohlenabbau vor sich? [330]

E. Prüfungsfragen

1. Was verstehen Sie unter Trockendestillation?
2. Wie unterscheidet sich diese von der Verbrennung?
3. Wozu wird Torf verwendet?
4. Was ist der „Heizwert"?
5. Wiederholen Sie die Arbeitsstufe D des 14. und 15. Kapitels!

F. Übungen

1. Abbildung 9 zeigt ein Stück Bernstein, in dem die Blüte eines Zimtbaumes eingeschlossen ist. Wie entstand der Bernstein? – Welche Schlüsse ziehen Sie aus diesem Funde?
2. Vergleichen Sie die Aufstellung über den Heizwert der verschiedenen Brennstoffe [331] mit der Abbildung 100! Sie sehen dann, wie der Kohlenstoffgehalt den Heizwert des Endproduktes bestimmt (kleine Abweichungen sind bedingt durch höheren Wassergehalt – z. B. bei Rohbraunkohle im Verhältnis zum Braunkohlenbrikett).

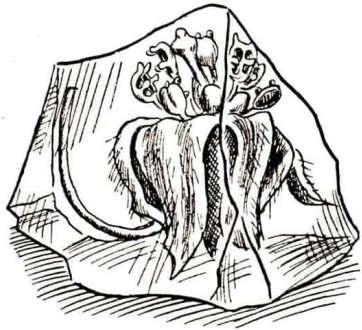


Abb. 9. Die Blüte eines Zimtbaumes als Bernsteineinschluß

43. Kapitel: Flamme und Beleuchtung

C. Lehrgespräch

Lehrer: Was können wir allgemein bei jeder Verbrennung feststellen?
Schüler: Die verbrennenden Stoffe werden glühend und senden hierbei Licht aus; die Verbrennungen sind zugleich Lichtquellen.
L.: Wie ist dieses Glühen zu erklären?
S.: Die entstehende Verbrennungswärme erhöht die Temperatur derart, daß die Stoffe zu glühen beginnen.
L.: Bei etwa 500 bis 600° zeigen die festen Stoffe Rotglut; von etwa 800 bis 1000° erscheinen sie gelbglühend und über 1200° weißglühend. – Wie ist es zu erklären, daß manche Brennstoffe bei der Verbrennung eine Flamme bilden und andere nicht?
S.: Nur die gasförmigen Stoffe verbrennen unter Flammenbildung.
L.: Welche Möglichkeiten für die Entstehung einer Flamme sind also denkbar?

S.: a) Der verbrennende Stoff ist ein Gas, wie z. B. Wasserstoff, Kohlenmonoxyd und Leuchtgas.
b) Der verbrennende Stoff wird bei höherer Temperatur gasförmig, wie z. B. das Petroleum, das Benzin und der Spiritus.
c) Der verbrennende Stoff zersetzt sich in der Hitze der Verbrennungstemperatur in Gase, wie z. B. Holz, Kohle und Stearin.

L.: Wie verläuft die Verbrennung der Holzkohle?

S.: Die Holzkohle bildet beim Verbrennen keine Flamme aus, sondern glüht nur.

L.: Und wie verläuft die Verbrennung von Magnesiumpulver?

S.: Unter starker Lichtentwicklung bildet sich eine Flamme. – Wie ist diese Flammenbildung zu erklären?

L.: Die Flamme besteht aus brennendem Metalldampf. Was muß demnach erfolgen, wenn Sie einen kalten Teller in die Magnesiumflamme halten?

S.: Der kalte Teller kühlt die Flamme sehr stark ab, so daß sich der Metalldampf als metallischer Überzug auf dem Teller niederschlägt.

L.: Ja. Das Magnesium setzt sich als feiner, schwarzer Überzug ab. Welchen Parallelversuch hierzu haben Sie bereits kennengelernt?

S.: Die Rußabscheidung auf einem kalten Porzellanscherben, der in eine leuchtende Flamme gehalten wurde.

L.: Wie kommt diese Rußabscheidung zustande?

S.: Durch Abkühlung der in der Flamme aufglühenden Kohlenstoffteilchen.

L.: In welchem Flammenbezirk glühen die Kohlenstoffteilchen auf?

S.: Im leuchtenden Flammenkegel.

L.: Dort verbrennt also nur der aus den Kohlenwasserstoffen stammende Wasserstoff vollständig, während ein Teil des sich bildenden Kohlenstoffes nicht verbrennt. Was wird mit dem unverbrannten Kohlenstoff?

S.: Er verbrennt im Mantelsaum der Flamme.

L.: Welche beiden Flammenarten unterscheiden wir?

S.: Die nichtleuchtende Flamme und die leuchtende Flamme.

L.: Welche von beiden entwickelt die größere Hitze?

S.: Die nichtleuchtende Flamme ist bei gleichem Brennstoffverbrauch heißer als die Leuchtflamme, da in der nichtleuchtenden Flamme eine vollständige Verbrennung aller Bestandteile stattfindet.

L.: Wie muß also die Flamme eines Gaskochers beschaffen sein?

S.: Es muß eine nichtleuchtende Flamme sein.

D. Wiederholung

1. Schildern Sie Bau und Wirkungsweise des Bunsenbrenners! [337]
2. Zeichnen Sie einen Bunsenbrenner und einen Teclubrenner im Schnitt aus dem Kopfe auf! (Abbildungen 112 und 113 in [337])
3. Vergleichen Sie beide Brennerformen in ihrem Bau und in ihrer Wirkungsweise miteinander! [337]
4. Schildern Sie den Aufbau der Flamme! ([335]; Abbildung 110)

E. Prüfungsfragen

1. Woraus besteht der Gasglühstrumpf a) vor, b) nach dem Abbrennen?
2. Welcher Teil der Flamme ist am heißesten?
3. In welchem Flammenbezirk finden die Oxydationen statt? Warum?
4. Welches ist der Reduktionsraum der Flamme? Begründung!

F. Übungen

1. Wie kommt das Licht der elektrischen Beleuchtung zustande?
2. Mit welchen Gasen sind die elektrischen Glühbirnen gefüllt?
3. Welchen Zweck hat diese Gasfüllung?
4. Warum wählt man gerade diese Gase zur Füllung der Glühbirnen?

44. Kapitel: Kohlendioxyd

C. Lehrgespräch

Personen: Lehrer; zwei Schüler (Hans und Fritz)

Lehrer: Welche Rohstoffe brauchen wir zur Herstellung von Brauselimonade?

Hans: Wir brauchen Kohlendioxyd und einen Fruchtsaft.

Fritz: Und Zucker; ich will die Brause schön süß haben.

L.: Und weiter brauchen Sie nichts? – Ihre Brause dürfte ziemlich trocken sein. Ich brauche noch das Lösungsmittel Wasser dazu. – Doch woher nehmen wir das Kohlendioxyd?

F.: Natürlich aus Marmor und Salzsäure. Wir entwickeln es in unserem selbstgebastelten Gasentwickler.

L.: Aber was ist Salzsäure chemisch?

H.: Chlorwasserstoffgas, das in Wasser aufgelöst ist.

L.: Denken Sie einmal über die Versuche zur Erzeugung der Salmiaknebel nach!

H.: Wir verwendeten hierzu Salzsäure und Ammoniumhydroxyd.

L.: Fritz, können Sie uns sagen, wie die Salmiaknebel zustande kamen?

F.: Es bildeten sich aus Ammoniak das Ammoniakgas und aus Salzsäure das Chlorwasserstoffgas; beide Gase vereinigten sich zu der Additionsverbindung Salmiak = Ammoniumchlorid.

H.: Da sich aus der Salzsäure schon bei normaler Temperatur Chlorwasserstoffgas bildet, würde auch in unserem Versuche zusammen mit dem gebildeten Kohlendioxyd etwas Chlorwasserstoffgas entweichen...

F.: ...und da sich Chlorwasserstoffgas leicht in Wasser löst, würde dann unsere Limonade salzsäurehaltig sein.

L.: Wie könnten Sie Ihre Vermutung experimentell überprüfen?

F.: Wir gehen von destilliertem Wasser aus und prüfen das Wasser nach Einleiten des Gases aus dem Gasentwickler mit Silbernitratlösung.

H.: Ja, richtig! Silbernitrat bildet bei Anwesenheit von Chlor einen weißen Niederschlag von Silberchlorid.

L.: Gut! – Also stellen wir das Kohlendioxyd auf eine andere Art her. Denken Sie an die verschiedenen Möglichkeiten der Säurebildung!

F.: Wir müssen von einem Karbonat ausgehen, um die darin enthaltene Kohlensäure in Freiheit zu setzen. Also nehmen wir z. B. Natriumkarbonat und übergießen es mit Salzsäure, denn starke Säuren setzen aus den Salzen schwächerer Säuren diese in Freiheit.

H.: Aber Salzsäure wollen wir doch nicht nehmen und brauchen wir auch nicht zu nehmen, denn Kohlensäure ist eine ganz schwache Säure.

F.: Richtig! Wir brauchen nur eine Säure, die ein klein wenig stärker als die Kohlensäure ist; also nehmen wir Essigsäure! Wir schütten in unseren Gasentwickler...

L.: Ich schlage noch etwas anderes vor. Wir verwenden überhaupt keinen Gasentwickler, sondern schütten das Karbonat und die Säure sogleich in unsere Limonade hinein und lassen das Kohlendioxyd an Ort und Stelle entstehen.

F.: Ist denn das Natriumkarbonat auch unschädlich?

L.: Natriumkarbonat ist Soda. Kosten Sie einmal vorsichtig etwas Soda!

H.: Ach! Schmeckt die Soda seifig und scharf! Pfui!

L.: Wir nehmen daher auch keine Soda, sondern verwenden doppeltkohlensaures Natron.

F.: Da werde ich für meine Limonade auch keinen Essig nehmen, wenn ich den mittrinken muß.

L.: Wir nehmen eine unschädliche, sehr schwache organische Säure, z. B. Zitronensäure oder Weinsäure.

F.: Dann schmeckt doch die Limonade wieder sauer!

L.: Nicht saurer als eine Frucht. In jeder Frucht sind Fruchtsäuren, z. B. Weinsäure und Zitronensäure, enthalten. Der Zucker gleicht geschmacklich die Säurewirkung aus. Erst wenn Sie sehr viele Früchte hintereinander essen, merken Sie die Schärfe der Fruchtsäuren. Unreife Früchte enthalten viele Fruchtsäuren und haben noch nicht genügend Zucker ausgebildet.

H.: Dann brauchen wir wohl gar keinen Fruchtsaft zuzusetzen?

L.: Nein. Merken Sie sich folgendes *Rezept für die Herstellung von Brauselimonade* für heiße Sommertage:
Mischen Sie gleiche Teile doppeltkohlensaures Natron und gepulverte Weinsäure oder besser Zitronensäure, und fügen Sie doppelt so viel Zucker hinzu. Besonders fein wird die Limonade, wenn Sie auf 10 g Pulver 1 Tropfen Zitronenöl geben. – Beim Eintragen in Wasser löst sich das Pulver auf, und das Kohlendioxyd schäumt empor.

H.: Und nun auf zur Tat!

F.: Ja. Auch ich habe schon einen Riesendurst!

D. Wiederholung

1. Welche Eigenschaften des Kohlendioxyds sind Ihnen bekannt? [342 – 345]
2. Wo kommt Kohlendioxyd in der Natur vor? [346]
3. Was ist Trockeneis? [347]
4. Wie können Sie Kohlendioxyd herstellen? [341]
5. Wie wird Kohlendioxyd chemisch nachgewiesen? [51], [340]

E. Prüfungsfragen

1. Welche Stoffe werden dem Wasser zur Herstellung von Brauselimonade zugesetzt?
2. Erklären Sie, welche Aufgabe den einzelnen Zusätzen zukommt!
3. Können wir diese Stoffe auch durch andere ersetzen? Warum, bzw. warum nicht?
4. Wiederholen Sie die Arbeitsstufe D des 16.–18. Kapitels!

F. Übungen

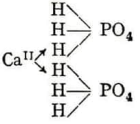
1. Wieviel Liter Kohlendioxyd enthält ein Zimmer von 6,5 m Länge, 5,4 m Breite und 4 m Höhe, wenn man den Gehalt an Kohlendioxyd in der Luft mit 0,03% annimmt?
2. Wie groß ist der Kohlendioxydgehalt in dem Zimmer, wenn ein Erwachsener 10 Minuten lang darin gesessen hat?
   Ein Erwachsener führt im Sitzen durchschnittlich 20 Atemzüge pro Minute durch und wechselt durchschnittlich pro Atemzug 500 cm^3 Luft. Die ausgeatmete Luft enthält etwa 4% Kohlendioxyd.

45. Kapitel: Die Karbonate

C. Lehrgespräch

Lehrer: Wir wollen über Formelbildung und Namenbildung sprechen. Welche Formel hat die Phosphorsäure?
Schüler: H_3PO_4.
L.: Zu welcher Gruppe von Säuren gehört sie?
S.: Sie gehört a) zur Gruppe der anorganischen Säuren,
b) zur Gruppe der Sauerstoffsäuren, denn in ihrem Säurerest ist auch Sauerstoff enthalten,
c) in die Gruppe der dreibasischen Säuren, denn sie enthält drei Atome durch Metall ersetzbaren Wasserstoff.
L.: Wie erfolgt die Salzbildung bei dreibasischen Säuren?
S.: Entsprechend den Vorgängen bei zweibasischen Säuren muß die dreibasische Säure drei Reihen von Salzen bilden können, bei denen ein, zwei oder alle drei Wasserstoffatome des Säuremoleküls durch Metall ersetzt sind.
L.: Richtig. Bilden Sie die Formeln für die drei Natriumsalze der Phosphorsäure!
S.: NaH_2PO_4, Na_2HPO_4 und Na_3PO_4.
L.: Alle drei Formeln bezeichnen Natriumphosphate. Wie können wir sie dem Namen nach unterscheiden? Denken Sie an ähnliche Fälle!

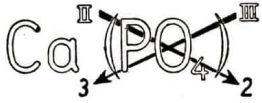
S.: CO nennen wir Kohlen*mon*oxyd, CO_2 hingegen Kohlen*di*oxyd.
L.: Gut! Und wie bezeichnen Sie nun die drei Phosphate?
S.: Als Mononatriumphosphat, Dinatriumphosphat und Trinatriumphosphat.
L.: Sie können auch die Anzahl der Wasserstoffatome angeben. Versuchen Sie es einmal!
S.: NaH_2PO_4 wäre wohl dann Dinatriumhydrophosphat?
L.: Falsch! Dinatrium ... heißt 2mal Natrium. Sie müssen die Zahl vor das richtige Bezugswort setzen und erhalten als Namen Natrium-dihydrophosphat, also zweimal Hydrogenium = Wasserstoff.
S.: Na_2HPO_4 ist dann Natriummonohydrophosphat. – Aber wie ist dann die dritte Verbindung zu benennen, in der überhaupt kein Wasserstoff vorkommt?
L.: Als Natriumphosphat bzw. genauer als Trinatriumphosphat. – Schwieriger ist die Formelbildung für die Kalziumphosphate, da Kalzium zweiwertig ist. Bilden Sie die Formeln!
S.: a) Ein Wasserstoff wird ersetzt:



Entsprechend der Formel für Kalziumkarbonat erhalten wir die Formel $Ca(H_2PO_4)_2$.

b) Zwei Wasserstoffe werden ersetzt. Es ergibt sich sehr einfach die Formel $CaHPO_4$.

c) Drei Wasserstoffe werden ersetzt. Nach der Überkreuz-Methode erhalten wir



$= Ca_3(PO_4)_2$.

L.: Wie können Sie diese Verbindungen benennen?
S.: Wir zählen entweder die Anzahl der Kalziumatome oder die Anzahl der Wasserstoffatome.
L.: Probieren Sie die Namenbildung nach beiden Methoden, und beginnen Sie mit der Zählung der Kalziumatome!
S.: Das geht ja gar nicht. Denn die beiden ersten Verbindungen haben die gleiche Anzahl von Kalziumatomen.
L.: Merken Sie sich also, daß wir bei zweiwertigen Metallen in Verbindung mit dreiwertigen Säureresten (PO_4) nur die Anzahl der Wasserstoffatome zählen.
S.: Ich erhalte dann die Namen Kalzium-*dihydro*-phosphat für $Ca(H_2PO_4)_2$, Kalzium-*monohydro*-phosphat für $CaHPO_4$ und Trikalziumphosphat für $Ca_3(PO_4)_2$.
L.: Sehr gut! Wir müssen nur genau aufmerken, welche Formelteile wir am günstigsten zählen und wohin die Zahlworte gesetzt werden. Dann ist die Namenbildung auch in solchen Fällen leicht durchführbar.

D. Wiederholung

1. Was ist ein Bikarbonat? [351]
2. Erklären Sie den Ausdruck „saures Salz"! [350]
3. Fertigen Sie eine Säuretabelle an, in der die Säuren in einbasische, zweibasische und dreibasische Säuren eingeteilt werden! [352], [165]
4. Welches Kalziumkarbonat ist wasserlöslich, welches wasserunlöslich? [349]

E. Prüfungsfragen

1. Bilden Sie die Formeln für a) Kaliumkarbonat, b) Kaliumbikarbonat!
2. Wie heißen die Verbindungen a) $AlPO_4$, b) $Mg_3(PO_4)_2$, c) $NaHSO_4$?
3. Welche drei Namen können Sie für die Formel $NaHCO_3$ bilden?
4. Wiederholen Sie die Arbeitsstufe D des 19. und 20. Kapitels!

F. Übungen

Wieviel Kohlendioxyd entsteht bei der vollständigen Verbrennung eines Diamanten von 1 Karat? 1 Liter Kohlendioxyd wiegt im Normalzustand 1,96 g.

46. Kapitel: Kohlenmonoxyd

C. Lehrgespräch

Lehrer: Wie kann man aus Kohlendioxyd das Kohlenmonoxyd herstellen?
Schüler: Beim Überleiten des Kohlendioxyds über glühende Kohlen wird es zu Kohlenmonoxyd reduziert.
L.: Wie heißt die Gleichung für diesen Vorgang?
S.: $CO_2 + C \longrightarrow 2\,CO\uparrow$.
L.: Zu welcher Gruppe von Vorgängen gehört diese Reaktion?
S.: Zu den Reduktionen. Kohlendioxyd wird zu Kohlenmonoxyd reduziert. Das Kohlenmonoxyd ist durch Reduktion entstanden.
L.: Der letzte Satz ist nur zum Teil richtig. Sie lernten früher, daß mit der Reduktion zugleich...
S.: ... auch eine Oxydation verbunden ist.
L.: Können Sie mir dies am Beispiel der Kohlenoxydbildung erläutern?
S.: 1. Kohlendioxyd wird durch das Reduktionsmittel Kohlenstoff zu Kohlenmonoxyd reduziert.
2. Hierbei wird das Reduktionsmittel Kohlenstoff zu Kohlenmonoxyd oxydiert.
L.: Die beiden Moleküle Kohlenmonoxyd sind also auf ganz verschiedene Weise entstanden, das eine durch Oxydation von Kohlenstoff, das andere durch Reduktion von Kohlendioxyd. – Wie wirken Kohlenmonoxyd und Kohlendioxyd auf den Menschen ein?
S.: In beiden Gasen geht der Mensch zugrunde.

L.: Ja. Aber warum?

S.: Der Mensch muß in beiden Gasen ersticken.

L.: Und doch besteht ein grundsätzlicher Unterschied in der Wirkungsweise dieser beiden Gase.

S.: Wir lernten, daß Kohlenmonoxyd ein starkes Gift ist, das sich mit den roten Blutkörperchen chemisch verbindet.

L.: Ja. Es bildet den roten Kohlenmonoxyd-Blutfarbstoff, der keinen Sauerstoff aufnimmt. Daher kann das Blut auch keinen Sauerstoff aus den Lungen in die Gewebe weiterleiten. Es findet eine innere Erstickung statt. Kohlenmonoxyd gehört also zu den typischen Giftstoffen. Wie steht es nun mit dem Kohlendioxyd?

S.: In kohlendioxydhaltigen Räumen erstickt der Mensch, weil das Kohlendioxyd den Luftsauerstoff verdrängt.

L.: Kohlendioxyd ist schwerer als Luft und nimmt den Raum ein, in dem sonst sauerstoffhaltige Luft vorhanden ist. Außerdem erzeugt Kohlendioxyd bei seiner Anreicherung in der Luft Blutleere im Gehirn und führt zur Bewußtlosigkeit.

D. Wiederholung

1. Wie wird Generatorgas hergestellt? [266], [357]
2. Wie wird Wassergas hergestellt? [267], [357]
3. Was verstehen Sie unter Mischgas? [269]
4. Wozu werden die genannten Gase verwendet? [357]

E. Prüfungsfragen

1. Welche Wertigkeit besitzt Kohlenstoff in seinen beiden Oxydationsstufen?
2. Unter welchen Bedingungen entsteht Kohlenmonoxyd?
3. Welche Endprodukte und Nebenprodukte entstehen bei der Trockendestillation der Kohle?
4. Wie ist das Zustandekommen dieser Verbindungen zu erklären?

F. Übungen

1. Bei welchem Industriegas ist der Heizwert am größten, bei welchem am niedrigsten? (Sie sollen die Lösung durch Überlegung finden. Bitte überlegen Sie genau, und schreiben Sie das Resultat nieder!)
2. Warum? (Ausführliche Begründung!)

G. Gesamtwiederholung (41.–46. Kapitel)

1. Wozu dienen die Aktivkohlen?
2. Welche Eigenschaft macht die Aktivkohlen für diese Zwecke besonders geeignet?

3. Wie sind die Kohlen entstanden?
4. Welche Gewächse bilden die Grundlage der Kohlenbildung?
5. Welche Unterschiede bestehen in der Lagerung der Braunkohlen und der Steinkohlen?
6. Welche Möglichkeiten ergeben sich hieraus für den Abbau?
7. Welche beiden Oxydstufen bildet der Kohlenstoff?
8. Welche Unterschiede bestehen zwischen diesen?
9. Wie können Sie Kohlendioxyd im Laboratorium herstellen?
10. Wie wird Kohlendioxyd chemisch nachgewiesen?
11. Was sind Karbonate?
12. Welche beiden Reihen von Karbonaten gibt es?
13. Erklären Sie den Begriff der ein- und zweibasischen Säuren!
14. Was verstehen Sie unter einem sauren Salz?
15. Wo kommt Kohlendioxyd in der Natur vor?
16. Bilden Sie an Hand der Säuretabelle [165] die Formeln und Namen für die Natriumsalze aller Säuren des Chlors, Schwefels, Stickstoffs, Phosphors und Kohlenstoffs!
17. Wozu wird Kohlendioxyd verwendet?
18. Welche Bestandteile des Stadtgases sind Ihnen bekannt?
19. Woraus besteht die Bleistiftmine?
20. Wie kann man Kohlendioxyd in Kohlenmonoxyd überführen und umgekehrt?
21. Woraus bestehen Generatorgas und Wassergas?

47. Kapitel: Ein Besuch im Gaswerk

C. Lehrgespräch

Personen: Lehrer; zwei Schüler (Hans und Fritz)

Lehrer: Neulich statteten wir dem Gaswerk einen Besuch ab. Haben Sie einmal darüber nachgedacht, welche Bedeutung dem Gaswerk in Wirtschaft und Technik zukommt?

Hans: Im Gaswerk wird Stadtgas hergestellt, das zur Beleuchtung, zur Heizung und als Treibgas Verwendung findet.

L.: Welches ist wohl die Hauptrolle, die das Gas heute spielt?

Fritz: Es dient hauptsächlich als Heizgas, nachdem es durch die Elektrizität als Beleuchtungsmittel verdrängt wurde.

H.: Aber als Straßenbeleuchtung behauptet sich die Gaslaterne noch heute in vielen Städten...

F.: ...weil im Freien die hygienischen Nachteile der Gasbeleuchtung wegfallen. In den Wohnungen und Werkstätten erstrahlt heute fast überall die elektrische Glühbirne.

L.: Worauf beruhen die hygienischen Nachteile des Gases in geschlossenen Räumen?

H.: Es enthält geringe Mengen des giftigen Schwefelwasserstoffs...

F.: ... und besteht fast zu einem Fünftel aus dem äußerst giftigen Kohlenmonoxyd. Man liest immer wieder von Gasvergiftungen in der Zeitung.

L.: Diese sind allerdings fast ausnahmslos auf Unachtsamkeit im Gebrauch zurückzuführen. Wenn jemand vergißt, den Gashahn zu schließen, so ist nicht das Gas an dem Unglücksfalle schuld. Welcher Art sind die Unglücksfälle?

H.: Beim Einatmen des Gases treten Kohlenoxydvergiftungen ein.

F.: Außerdem bildet das Gas mit Luft explosive Gemenge, so daß sich Explosionen ereignen können, wenn offene Flammen die Luft-Gas-Gemenge entzünden.

L.: Welche Vorteile bietet die Kohlevergasung?

F.: Im Gaswerk erhalten wir außer dem Stadtgas als Nebenprodukte Koks, Teer, Ammoniak, Benzol, Schwefel, Naphthalin und Zyan.

L.: Diese Nebenprodukte gehen bei der direkten Verbrennung der Kohle verloren. Die Vergasung stellt also eine bessere Ausnutzung des Rohstoffes Kohle, eine Veredlung der Kohle dar. Sie werden sich erinnern, daß als Nebenprodukte wichtige Ausgangsprodukte für weite Teile der chemischen Industrie gewonnen werden. Welche meine ich wohl?

H.: Der Koks dient nicht nur als Heizmaterial, sondern auch als Reduktionsmittel im Hochofen...

F.: ... und zur Herstellung von Generatorgas und Wassergas.

L.: Außerdem ist Koks ein wichtiger Rohstoff z. B. für die Bunasynthese, für die Benzinsynthese und die Herstellung von Kalkstickstoff. – Und wozu dient der Teer?

F.: Durch Destillation gewinnen wir aus Teer Heiz- und Treibstoffe.

H.: Teer ist auch wichtiger Rohstoff in der Farbenindustrie und bei der Herstellung von Kunstharzen und Medikamenten.

L.: Die Zahl der Teerabkömmlinge wächst von Jahr zu Jahr; damit wird die Bedeutung des Teers als Rohstoff immer größer. In den folgenden Kapiteln werden wir sehen, wie Teer durch Hydrierung in Benzin umgewandelt werden kann. – Was wissen Sie über die Verwendung des Ammoniaks?

H.: Ammoniak bildet mit Wasser den Salmiakgeist, eine bekannte Lauge.

F.: Aus Ammoniak wird der häufigste Stickstoffdünger, das Ammoniumsulfat, hergestellt; mit Salzsäure gibt Ammoniak die Verbindung Salmiak, die beim Löten gebraucht wird.

H.: Das im Rohgas enthaltene Benzol ist ein wichtiger Treibstoff.

F.: Und der Schwefelgehalt des Rohgases wird auf Schwefelsäure verarbeitet, einem der wichtigsten Ausgangsstoffe der chemischen Großindustrie.

H.: Wozu dienen aber Naphthalin und Zyan?

L.: Naphthalin ist ebenfalls ein wichtiger Rohstoff für die Farbenindustrie. Haben Sie nicht auch schon Naphthalin im Haushalt angewendet?

F.: Ja. Wir verwenden Naphthalin als Mottenpulver, denn es vergast, ohne flüssig zu werden.

L.: Beachten Sie die Schreibweise des Naphthalins! Es wird mit phth geschrieben. – Das Zyan wird meist auf Kalium- und Natriumzyanid weiterverarbeitet, die in der Galvanotechnik und für Härtebäder gebraucht werden.

H.: Welche Vorteile bietet eigentlich die Gasheizung vor der Kohleheizung?

L.: Bei Gasheizung werden alle Unkosten erspart, die mit der Herbeischaffung und Lagerung größerer Kohlenvorräte verbunden sind. Ebenso fallen Ascheräumungskosten weg. Der Vergasungsvorgang, der beim Verbrennen fester Brennstoffe in den Feuerstellen vor sich geht, ist bei der Vergasung im Gaswerk bereits vorweggenommen. Der Gasofen stellt somit eine einfache Wärmemaschine dar, die hinsichtlich Gasverbrauch, Temperatur und Wärmeausnutzung leicht und sicher zu regulieren ist. Die Vorteile der Gasfeuerung sind ständige Betriebsbereitschaft, einfache Bedienung, saubere rauch- und rußfreie Verbrennung.

D. Wiederholung

1. Welche Nebenprodukte werden im Gaswerk gewonnen? [360–365]
2. In welchen Apparaten gelangen die einzelnen Nebenprodukte zur Abscheidung? [360–365]; Abbildung 117
3. Beschreiben Sie mit eigenen Worten den Fabrikationsgang im Gaswerk an Hand der Abbildung 117! [360]
4. Beschreiben Sie die Generatorgasfeuerung der Kammeröfen! [360], [266], Abbildungen 78 und 117

E. Prüfungsfragen

1. Welches ist der Hauptvorgang, der sich chemisch im Gaswerke abspielt?
2. Wo spielen sich in der Natur ähnliche Vorgänge ab?
3. Wodurch unterscheidet sich das heute von den Gaswerken gelieferte „Stadt"gas vom eigentlichen „Leucht"gas?

F. Übungen

1. Bilden Sie die Gleichung für die Gewinnung des Ammoniaks im Ammoniakwaschturm!
2. Im Rohgas sind bei der Ammoniakwäsche noch Schwefelwasserstoff und Kohlendioxyd enthalten. Nach welcher allgemeinen Gleichung können sich diese beiden Stoffe mit dem Ammoniak umsetzen?
3. Bilden Sie die entsprechenden Gleichungen! Benennen Sie die entstehenden Verbindungen!

48. Kapitel: In der Kokerei

C. Lehrgespräch

Lehrer: In den Feuerungsanlagen treten häufig Wärmeverluste auf, die z. B. im Hausbrand zu starker Vergeudung an Heizstoff führen können. Wodurch sind Wärmeverluste beim Heizen im Ofen bedingt?

Schüler: Wenn der Ofen nicht genügend Zug hat, findet eine unvollständige Verbrennung statt.

L.: Was heißt „unvollständige Verbrennung"?

S.: Es bildet sich nicht die höchste Oxydationsstufe des Kohlenstoffes. Statt Kohlendioxyd entweicht als Abgas das Kohlenmonoxyd. – Mit Hilfe einer Wärmegleichung müßte der Wärmeverlust berechenbar sein.

L.: Sehr richtig! Hier haben Sie die beiden Wärmegleichungen:

$$C + O \longrightarrow CO\uparrow + 29{,}3\ \text{kcal}$$

$$C + O_2 \longrightarrow CO_2\uparrow + 97{,}7\ \text{kcal}.$$

S.: Also ist bei der Bildung von Kohlenmonoxyd noch nicht einmal der dritte Teil der in der Kohle aufgespeicherten Energie in Wärmeenergie umgewandelt worden.

L.: Wann tritt ein solcher Luftmangel und damit Kohlenoxydbildung im Ofen ein?

S.: Bei zu hoher Lagerung der Kohlen.

L.: Warum in diesem Falle?

S.: Weil das unmittelbar über dem Rost gebildete Kohlendioxyd, wenn es durch die vorgewärmten höheren Kohlenschichten hindurchtritt, zu Kohlenmonoxyd reduziert wird.

L.: Eine zweite Ursache der Kohlenoxydbildung ist in der verwendeten Korngröße begründet.

S.: Wenn die Kohlen zu fein sind, liegen sie zu fest und bilden für die durchtretende Luft ein Hemmnis.

L.: Ein dritter Grund für Luftmangel im Feuerungsraum liegt in einer Verschmutzung des Rostes.

S.: Man muß also stets, ehe man Feuer macht, den Rost gründlich säubern, ganz besonders von verschlackten Brocken, wie sie sich aus manchen minderwertigen Kohlesorten bilden.

L.: Eine ebenso häufige Fehlerquelle im Hausbrand besteht darin, daß eine zu große Luftmenge durch den Rost strömt. Wann tritt dieser Fall ein?

S.: Wenn der Rost nur unvollständig mit Brennstoff bedeckt ist.

L.: Können Sie die Erscheinung genauer erklären?

S.: An den freien Stellen des Rostes findet die Luft keinen Widerstand, strömt in großer Menge in denVerbrennungsraum und wird unnötigerweise erhitzt. Die Wärmemenge, welche durch die überschüssige Luft in den Schornstein abgezogen wird, kann sich nicht auf den eigentlichen Heizkörper des Ofens übertragen und geht somit verloren.

L.: Sehr gut! Außerdem begünstigt das Einströmen von Kaltluft die Rußbildung in den Zügen des Ofens, da hierdurch der Kohlenstoff unter seine Entzündungstemperatur abgekühlt werden kann.

D. Wiederholung

1. Beschreiben Sie den Vorgang der Verkokung! [367]
2. Welche Unterschiede bestehen zwischen dem Gaswerk und der Kokerei? [366]
3. Wiederholen Sie den Gang der Reinigung des Heizgases, die Gewinnung und Verwertung der Nebenprodukte im Gaswerk, da die Kokerei mit ähnlichen Mitteln arbeitet. [361–365]

E. Prüfungsfragen

1. Welche Steinkohlensorte verwendet man hauptsächlich im Gaswerk?
2. Welche Eigenschaft muß die in der Kokerei verwendete Kohle haben? Warum?
3. Wiederholen Sie die Arbeitsstufe D des 21.–23. Kapitels!

F. Übungen

1. Wiederholen Sie Lehrabschnitt [12] (Fraktionierte Destillation)!
2. Wiederholen Sie Lehrabschnitt [267] (Die Herstellung von Wassergas)!

49. Kapitel: Verschwelung und Teerverarbeitung

C. Lehrgespräch

Lehrer: Im Anschluß an unsere Betrachtungen über die Wärmeverluste im Haushalt wollen wir heute gemeinsam berechnen, wieviel Luft zur Verbrennung eines Kilogramms Kohlenstoff erforderlich ist. Wie müssen wir vorgehen?

Schüler: Zunächst müssen wir die Verbrennungsgleichung bilden. Sie lautet:

$$C + O_2 \longrightarrow CO_2\uparrow$$

L.: Was ist zu tun, nachdem wir die Gleichung richtig gebildet haben?

S.: Wir setzen die Atomgewichte und die Molekulargewichte ein.

$$12 + 32 = 44$$

L.: Mit diesen Gewichtsbeziehungen bilden wir den Ansatz. Bitte schreiben Sie ihn nieder!

S.: Zur Verbrennung von 12 kg C werden 32 kg O verbraucht.

Zur Verbrennung von 1 kg C werden $\frac{32}{12}$ kg O verbraucht.

Die Ausrechnung ergibt eine Verbrauchsmenge von 2,67 kg O.

L.: Führen wir Sauerstoff in den Ofen ein?

S.: Nein, wir verwenden Luft. Diese besteht zu $^1/_5$ ihres Volumens aus Sauerstoff, zu $^4/_5$ aus Stickstoff.

L.: In welcher Einheit haben Sie eben den Sauerstoff errechnet?

S.: In Kilogramm. Also kann ich auch nicht die Volumenprozente verwenden, sondern muß mit Gewichtsprozenten arbeiten.

L.: In der Luft sind 23 Gewichtsprozente Sauerstoff vorhanden.

S.: 2,67 kg O entsprechen also $\frac{2{,}67 \cdot 100}{23} \approx 11{,}61$ kg Luft.

L.: Wieviel Luft ist das?

S.: Gase werden normalerweise nicht gewogen, sondern in Kubikmetern angegeben. 1 m^3 Luft wiegt 1,29 kg.

11,61 kg Luft entsprechen $\frac{11{,}61}{1{,}29} \approx 9\ m^3$ *Luft.*

L.: Wie lautet also das Endresultat?

S.: Zur Verbrennung von einem Kilogramm Kohlenstoff werden etwa 9 m^3 Luft verbraucht.

L.: Ihre Rechnung stimmt. In Wirklichkeit braucht man fast das Doppelte der berechneten Luftmenge. Für jede chemische Reaktionsgleichung ergibt sich aus der Praxis ein bestimmter Schwund, um den die theoretisch bestimmten Werte erhöht werden müssen, wenn man die Zahlen für die Praxis erhalten will.

D. Wiederholung

1. Wozu werden die einzelnen Fraktionen des Teers in der Praxis verwendet? [372]
2. Welche Stoffe werden aus dem Rückstand der Teerdestillation gewonnen? [372]
3. Was verstehen Sie unter Tieftemperaturverkokung? [373]

E. Prüfungsfragen

1. Welche großen Gruppen von Endprodukten entstehen bei der fraktionierten Destillation des Teers?
2. Welche Vorteile bietet die Tieftemperaturverkokung?
3. Wozu wird Braunkohlenschwelkoks verwendet?

F. Übungen

Wiederholen Sie die Kapitel 34 und 35, in denen die Ammoniaksynthese nach Haber-Bosch dargestellt wurde, und dazu die entsprechenden Kapitel in den Übungsbriefen! Schaffen Sie sich noch einmal Klarheit über das Wesen und Wirken der Katalysatoren ([148] und [149]), über die Kontaktgifte [271] und über Aufbau und Wirkungsweise der Kontaktöfen ([272] und Abbildungen 80 und 81)!

50. Kapitel: Die Kohleverflüssigung

C. Lehrgespräch

Lehrer: Heute wollen wir uns nach der Besprechung der wichtigsten Verfahren zur Kohleveredlung einen Gesamtüberblick über die verschiedenen industriellen Möglichkeiten verschaffen. Welche vier Verfahren der Kohleveredlung haben wir kennengelernt?

Schüler: 1. Die Verkokung, 2. die Vergasung, 3. die Verschwelung und 4. die Hydrierung.

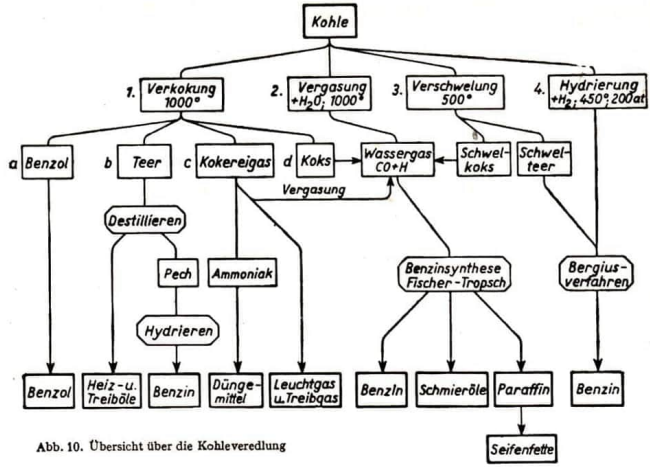


Abb. 10. Übersicht über die Kohleveredlung

L.: Welche Endprodukte erhalten wir bei der Verkokung?

S.: Zunächst als Hauptprodukt den Koks, der zur Verhüttung gebraucht wird, dann als Nebenprodukte das Kokereigas, das als Heizgas und Treibgas verwendet wird, den Teer und das Benzol.

L.: Was entsteht bei der Vergasung der Kohle?

S.: Aus Kohle bzw. Koks und Wasserdampf bildet sich das Wassergas, eine Mischung von Kohlenoxyd und Wasserstoff.

L.: Wozu dient dieses Wassergas?

S.: Wir können es im Haber-Bosch-Verfahren zur Ammoniaksynthese verwenden; ferner dient es als Rohstoff im Fischer-Tropsch-Verfahren zur Benzinsynthese oder zur Herstellung hochwertiger Schmieröle.

L.: Welcher Ausgangsstoff wird im Fischer-Tropsch-Verfahren verwendet?

S.: Wir können jede Sorte Kohle als Ausgangsstoff verwenden, aber ebenso auch den Kokereikoks und den Schwelkoks. Auch das Erdöl läßt sich nach dem Fischer-Tropsch-Verfahren verarbeiten.

L.: Das Fischer-Tropsch-Verfahren ist also ein universell anwendbares Verfahren; es hat aber auch noch einen weiteren Vorteil. Welchen meine ich wohl?

S.: Es liefert das Paraffin, das für die Fettsäureherstellung und für die Seifenindustrie von großer Bedeutung ist.

L.: Wie liegen die entsprechenden Verhältnisse beim Bergius-Verfahren?

S.: Auch für das Bergius-Verfahren können wir heute fast jede Kohlensorte, Teer, Erdöl und Pech als Ausgangsstoff verwenden.

L.: Und welches ist das Endprodukt der Hydrierung?

S.: Vor allem das Benzin, doch kann man durch Veränderung der Außenbedingungen an Stelle von Benzin hochwertige Schmieröle, Heizöle oder Dieselöle erhalten.

L.: Besonders eng sind in der Braunkohleveredlung die Schwelereien und Hydrierwerke vereinigt. Warum?

S.: Damit der anfallende Schwelteer sofort in den Hydrierwerken zu Benzin weiterverarbeitet werden kann.

D. Wiederholung

1. Worauf beruht die Kohleverflüssigung nach dem Bergius-Verfahren? [377]
2. Inwiefern läßt sich das Bergius-Verfahren mit der Haber-Bosch-Synthese vergleichen? [376]
3. Beschreiben Sie den Gesamtverlauf der Hydrierung! [379, 380]

E. Prüfungsfragen

1. Was heißt „Hydrierung"?
2. Welches sind die beiden Stufen der Hydrierung?
3. Welche Produkte entstehen in diesen beiden Stufen?

F. Übungen

Legen Sie dieses Heft beiseite, und fertigen Sie sich ohne Verwendung von Hilfsmitteln ein Übersichtsschema an, in dem die einzelnen Veredlungsmöglichkeiten der Kohle nebeneinandergestellt werden und die jeweiligen Endprodukte klar ersichtlich sind!

51. Kapitel: Das Erdöl

C. Lehrgespräch

Schüler: Seit wann wird das Petroleum für Heiz- und Beleuchtungszwecke verwendet?

Lehrer: Der Zeitpunkt der ersten Anwendung läßt sich nicht mehr bestimmen. Doch schon die Geschichtsschreiber des Altertums berichten von seiner Verwendung. So erzählen Herodot und Plutarch von griechischen und persischen Erdölvorkommen, und Plinius weiß zu berichten, daß die Bewohner von Girgenti Petroleum in ihren Ölkännchen zur Beleuchtung verwendeten.

S.: Die Anwendung des Erdöls war also nur lokal begrenzt?

L.: Ja. Anfangs waren wenig Lagerstätten bekannt, und der Preis des Erdöls war zu hoch. Noch im Jahre 1800 betrug die Weltproduktion nur 2000 t, und ein Liter Leuchtpetroleum kostete in Amerika 19 Mark.
Die eigentliche Petroleumindustrie begann erst 1859, als Ölquellen großen

Stiles in Pennsylvanien erbohrt wurden. Dies hatte einen Preissturz auf eine Mark pro Liter zur Folge, und bis 1900 senkte sich der Preis eines Liters auf 26 Pfennige.

S.: Diese Zahlen zeigen uns sehr deutlich, wie Nachfrage und Liefermöglichkeiten die Preisbildung beeinflussen.

L.: Die Verwendung des Erdöls hat im Laufe der Geschichte auch verschiedene Wandlungen durchgemacht. Können Sie hierüber berichten?

S.: Ja. Anfangs diente das Erdöl nur zu Beleuchtungszwecken.

L.: Welche Eigenschaften muß das Erdöl hierfür haben?

S.: Es darf nicht zu dickflüssig sein. Man muß also vorher die festen Rückstände und die zähen Schweröle in der Raffinerie entfernen.

L.: Dann bleiben die Leicht- und Mittelöle übrig. Hier zeigt sich eine von Ihnen noch nicht beachtete Gefahr.
Wir wollen daher einige kleine Versuche durchführen.
Versuch 1: Schütten Sie wenig Benzin in ein flaches Schälchen, und führen Sie langsam die Flamme eines Streichholzes an das Schälchen heran!

S.: Wupp! Plötzlich springt die Flamme über!

L.: Halt! Messen Sie die Entfernung, aus der die Flamme übersprang!

S.: Die Flamme war 2 cm vom Schälchen entfernt.

L.: Wie ist das Überspringen zu erklären?

S.: Das Benzin vergast schon bei gewöhnlicher Temperatur. Die Benzindämpfe bilden eine Brücke zwischen Schälchen und Streichholzflamme, so daß die Flamme überspringen kann.

L.: *Versuch 2:* Schütten Sie jetzt 10 Tropfen Benzin in einen luftgefüllten, starkwandigen Zylinder und schütteln Sie kräftig um! Nähern Sie dann den bedeckten Zylinder einer Flamme und entfernen Sie das Deckglas!

S.: Unter lautem Knall explodiert das Gasgemisch im Zylinder.

L.: Benzin bildet also mit Luft explosive Gasgemenge.
Nun führen Sie *Versuch 3* durch: Schütten Sie in das Schälchen des Versuchs 1 Petroleum, und nähern Sie diesem eine Zündholzflamme!

S.: Die Flamme will gar nicht überspringen.

L.: Gehen Sie näher heran!

S.: Jetzt berührt die Flamme die Oberfläche des Petroleums, aber dieses brennt noch nicht.

L.: Werfen Sie das brennende Zündholz auf das Petroleum!

S.: Es erlischt. Das ist aber seltsam. Ich denke, die Flüssigkeit ist feuergefährlich?

L.: Nicht die Flüssigkeit selbst, sondern die Gase, die sich aus der Flüssigkeit entwickeln.

S.: Also brennt auch nicht die Flüssigkeit Benzin?

L.: Nein. Denken Sie doch an das Feuerzeug, das zu reichlich mit Benzin getränkt wurde!

S.: Das Feuerzeug brennt erst dann, wenn das Benzin verdampft ist.

L.: Wenn Sie an einem Wintermorgen zum Feuerzeug greifen, um Feuer im Ofen zu entzünden, erleben Sie meist eine Enttäuschung.

S.: Dann bildet sich keine Flamme, denn das Feuerzeug muß erst warm werden.

L.: Warum?

S.: Damit sich Benzindämpfe bilden können.

L.: Und diese Benzindämpfe brennen. – Nun die Nutzanwendung für den Petroleumversuch!

S.: Auch das Petroleum muß erst erwärmt werden, damit es verdampft. Da es einen höheren Siedepunkt als Benzin hat, müssen wir es länger vorwärmen.

L.: Sehr richtig! Legen Sie jetzt in *Versuch 4* einen Wollfaden in das Petroleumschälchen! Lassen Sie das eine Ende des Wollfadens am Schalenrand aus der Flüssigkeit herausragen, und entzünden Sie dieses Ende!

S.: Der Faden beginnt zu brennen. Er wirkt wie ein Docht.

L.: Ja. In der Petroleumlampe wärmen wir durch die Zündholzflamme etwas Petroleum im Docht vor, bis es verdampft. Die entstehenden Dämpfe entzünden sich und lassen durch ihre Verbrennungstemperatur neues Petroleum verdampfen, das seinerseits das im Docht hochgesaugte Petroleum auf die Entzündungstemperatur vorwärmt usw. Und nun noch eine Frage: Können Sie sich denken, warum in früheren Zeiten wesentlich mehr Unglücksfälle bei der Verwendung von Petroleumlampen vorkamen als heute?

S.: Früher war die Raffinerie des Petroleums nicht vollkommen; es waren noch leicht verdampfende Anteile im Petroleum enthalten, die mit der Luft explosive Gemenge bildeten.

L.: Früher wurden nur die Schweröle und Rückstände entfernt. Heute werden die Leichtöle sorgfältig durch Destillation von dem Petroleum abgetrennt, denn diese Leichtöle werden viel notwendiger gebraucht als das Petroleum selbst.

S.: Wir müßten diese Wirkung experimentell nachweisen können, indem wir dem Petroleum etwas Benzin zusetzen.

L.: Tun Sie das! *Versuch 5:* Geben Sie zum Petroleum in dem Schälchen einige Tropfen Benzin! Ziehen Sie den Docht heraus, und wiederholen Sie den Anfangsversuch!

S.: Tatsächlich! Die Flamme springt über. Die Mischung brennt jetzt auch ohne Docht ab.

D. Wiederholung

1. Beschreiben Sie die Gewinnungsmethoden des Erdöles! [384]
2. Welche Fraktionen erhält man bei der Raffinerie des Erdöles? [385]
3. Wie wird die Röhrendestillation durchgeführt? [386]
4. Wie können wir die Benzinausbeute aus Erdöl vergrößern? [388], [389]

E. Prüfungsfragen

1. Was wird aus den Rückständen der Petroleumdestillation gewonnen?
2. Welche technischen Verfahren liefern neuerdings dieselben Endprodukte?
3. Wozu können Sie Benzin im Haushalt verwenden?

Prägen Sie sich an Hand der Karte Abbildung 130 die Erdölgebiete der Welt ein! Aus Tabelle 7 ersehen Sie die Erdölproduktion im Jahre 1937. Die Tabelle 8 gibt Ihnen einen Vergleichsmaßstab für die zukünftige Bedeutung der einzelnen Erdölgebiete. Vergleichen Sie damit die in Zukunft zu erwartenden Pressenotizen über die Erdölförderung der einzelnen Länder, und sammeln Sie diese Angaben in einer Tabelle!

52. Kapitel: Siliziumdioxyd, Kieselsäure und Silikate

C. Lehrgespräch

Schüler: Wir lernten, daß Siliziumdioxyd ein Hauptbestandteil der Erdrinde ist. Bis zu welchen Tiefen ist die Erdrinde bis heute erforscht worden?

Lehrer: Ich möchte zunächst die Gegenfrage stellen: Welche Möglichkeiten der Tiefenforschung bestehen?

S.: Man kann durch Bohrlöcher in die Erdrinde eindringen oder in tiefen Schachtanlagen den Aufbau der Erdrinde studieren.

L.: Das tiefste Bohrloch ist in Kalifornien bis 4900 m niedergetrieben worden; in Deutschland wurde bisher eine Tiefe von 3800 m erbohrt. Vergleichen Sie diese Zahlen mit den Größenverhältnissen der Erde!

S.: Im Vergleich mit dem Erdradius, der 6400 km lang ist sind die Tiefen der Bohrlöcher (bis 5 km) eine winzige Strecke. Größere Tiefen der Erde kennt man überhaupt nicht aus der Anschauung?

L.: Man kennt auch größere Tiefen, denn die Schichten der Erde haben nicht immer ihre ursprüngliche Kugelschalenlagerung bewahrt. Vielmehr sind wesentliche Teile der Erdrinde durch gebirgsbildende Vorgänge aufgefaltet und nachträglich die Faltensättel durch die Verwitterung weitgehend abgetragen worden. Stellenweise sind hierdurch die Schichtlagerungen bis 15 km Tiefe freigelegt worden.

S.: Wie soll ich das verstehen?

L.: Sehen Sie die Abbildung 11 an! Sie stellt den Schnitt durch ein aufgefaltetes Gebirge dar. Jede der fünf dargestellten Gesteinsschichten soll 3 km stark sein.

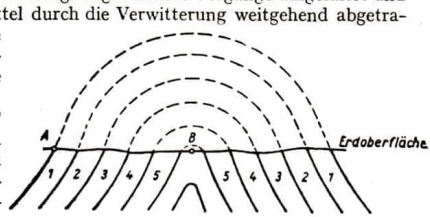


Abb. 11. Gebirgsauffaltung

Durch die Verwitterung wurde der Sattel der Falte abgetragen (gestrichelte Linienführung). Die horizontale Linie stellt die heutige Erdoberfläche dar.

S.: Jetzt verstehe ich den Vorgang. Wenn wir auf der Erdoberfläche von A nach B gehen, durchlaufen wir die Schichtenfolge 1, 2, 3, 4, 5 und können in B einen Blick in die Gesteinswelt tun, die ursprünglich 15 km tief unter der

Erde lag. Sind die tiefer liegenden Erdschichten der menschlichen Forschung völlig unzugänglich?

L.: Nein. Durch die Ausbreitung der Erdbebenwellen hat man einen Schalenaufbau der Erde feststellen können, der im wesentlichen aus drei Schalen besteht.

Zu oberst liegt das *Sial*, das aus leichten Silikaten besteht und hauptsächlich aus Silizium und Aluminium zusammengesetzt ist (Si-Al). Es reicht bis zu einer Tiefe von 120 km.

Die zweite Schale, das *Sima*, besteht aus schwereren Silikaten und hat als Hauptbestandteile Silizium, Aluminium und Magnesium (Si-Ma); sie erreicht eine Tiefe von 1200 km.

Die dritte Schale, der Erdkern, *Nife* genannt, besteht im wesentlichen aus Nickel und Eisen (Ni-Fe).

D. Wiederholung

1. Wie können Sie Silikate herstellen? [395], [396]
2. Wozu wird Wasserglaslösung verwendet? [397]
3. Wie kann man Kieselsäure zur Abscheidung bringen? [398], [399]
4. Was ist Ihnen über die Löslichkeit der Kieselsäure bekannt? [400]
5. Woran erkennen Sie kolloide Lösungen und echte Lösungen? [402]

E. Prüfungsfragen

1. Welche Formel hat die Kieselsäure?
2. Wie heißen ihre Salze?
3. Welche kieselsauren Salze sind in Wasser löslich?
4. Was geschieht, wenn Kohlendioxyd der Luft auf Wasserglaslösung ein-
5. Welche chemische Zusammensetzung hat Quarz? [wirkt?
6. Wie heißt Quarz chemisch?

F. Übungen

1. Wieviel Luft ist notwendig, um aus 150 g Natronwasserglas den gesamten Kieselsäuregehalt auszuscheiden?
2. Wieviel Soda entsteht hierbei gleichzeitig?

53. Kapitel: Quarz und Kieselsäure als Verwitterungsprodukte

C. Lehrgespräch

Lehrer: Die Gesteine der Erdrinde bestehen zu 95% aus Silikaten. Wir teilen die Gesteine in zwei große Gruppen ein, von denen Sie die eine schon kennengelernt haben. Welche meine ich wohl?

Schüler: Es ist die Gruppe der *Schichtgesteine* oder *Absatzgesteine*.

L.: Warum heißen sie so?

S.: Sie lagern sich in ungestörten Schichten ab.

L.: Können Sie Beispiele nennen?

S.: Sande und Tone sedimentieren, wenn die tragende Kraft des Wassers nachläßt; es entstehen *Sedimente* von Sanden und von Tonen, die bei Verfestigung Sandstein bzw. Tonschiefer ergeben.

L.: Die zweite Gruppe ist die der *Eruptivgesteine.* Sie gehen aus glutflüssigem Material (*Magma*) hervor, das aus tieferen Schichten der Erde bis in die Erdrinde vordringt. [fließen?

S.: Es handelt sich wohl um die Lavaströme, die aus den Vulkankratern aus-

L.: Ja. Die Lavagesteine gehören zu den Eruptivgesteinen. Wir teilen die Eruptivgesteine ein in

a) *Oberflächen- oder Ergußgesteine,* die bis zur Erdoberfläche empordringen und sich als Lavaströme deckenförmig über die Landschaft ergießen und

b) *Tiefengesteine,* die innerhalb der Erdrinde erstarren.

S.: Demnach gehören die Lavagesteine zu den Oberflächengesteinen.

D. Wiederholung

1. Wie geht die chemische Verwitterung des Granits vor sich? [406], [407]
2. Wie entsteht der Sandstein? [408]

E. Prüfungsfragen

1. Woraus besteht der Granit?
2. Wie können wir die einzelnen Bestandteile unterscheiden?
3. Wiederholen Sie die Arbeitsstufe D des 24.–27. Kapitels!

Wir gaben Ihnen hier ein Beispiel, wie Sie zurückliegende Kapitel wiederholen können. Verfahren Sie bei den folgenden Briefen sinngemäß, und greifen Sie immer dann auf bereits durchgearbeitete Kapitel zurück, wenn Sie Wissenslücken bemerken.

F. Übungen

Stellen Sie ohne die Benutzung von Hilfsmitteln alle bisher besprochenen Säuren tabellenmäßig zusammen, und schreiben Sie die Namen der Salze dazu! Bilden Sie die Formeln der Säuren, und bilden Sie Beispiele für die Salze! Vergleichen Sie Ihre Zusammenstellung zum Schluß mit der Säuretabelle [165]!

54. Kapitel: Die Kieselsäure als gesteinsbildender Faktor

C. Lehrgespräch

Lehrer: Wir teilten die Eruptivgesteine in Oberflächen- und Ergußgesteine ein. Wie werden sich diese beiden Gruppen schon äußerlich unterscheiden?

Schüler: Die Tiefengesteine, die nicht bis zur Erdoberfläche durchdringen, kühlen sich nur sehr langsam ab. Die einzelnen Bestandteile haben genügend Zeit, auszukristallisieren und große Kristalle auszubilden.

L.: Tiefengesteine haben daher stets ein grobkörniges Gefüge. Kennen Sie ein Beispiel?

S.: Der Granit gehört zu den Tiefengesteinen.

L.: Ja. Auf Abbildung 12 sehen Sie einen Gesteinsschliff von Granit. Beschreiben Sie das Bild!

S.: Seine drei Bestandteile sind grobkristallin entwickelt und mit bloßem Auge gut zu erkennen. Wir sehen die großen Feldspatkristalle, die abgerundeten Quarzkörner und die Glimmertäfelchen teils in Flächenansicht, teils von der Seite.

L.: Wie wird die Struktur der Ergußgesteine beschaffen sein?



Abb. 12. Granitstruktur

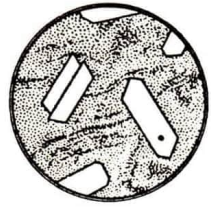


Abb. 13. Porphyrstruktur

Weiß: Feldspatkristalle; schwarz: Glimmer; gestrichelt: Quarz; punktiert: Grundmasse

S.: Die Ergußgesteine erkalten und erstarren sehr schnell. Sie müssen daher feinkristalline Struktur aufweisen.

L.: Manchmal ist die Struktur überhaupt nicht mehr wahrnehmbar; es entstehen glasige Gesteine, wie auch die künstlich entstandenen Schlacken häufig glasig erscheinen. Können Sie mir ein Beispiel für Ergußgesteine nennen?

S.: Der Basalt. Mit bloßem Auge erkennen wir fast keine Struktur. Nur einzelne schwarze Säulchen glitzern auf.

L.: Und welche Grundfarbe hat der Basalt?

S.: Es ist ein dunkel gefärbtes, fast schwarzes Gestein.

L.: Wozu wird er verwendet?

S.: Er dient als Straßenschotter und Pflasterstein. – Wo kommt Basalt in der Natur vor?

L.: Basalt ist in Deutschland weit verbreitet. Wir finden ihn z. B. im Erzgebirge und in der Rhön. Er bildet Decken, die durch Schrumpfungserscheinungen oft mit erstaunlicher Regelmäßigkeit aus senkrechten Säulen zusammengefügt sind, oder er bildet fächerförmig aufgebaute Kuppen, wie uns die Abbildung 14 zeigt. Auch der Porphyr ist ein typisches Ergußgestein. Kennen Sie den Porphyr?

S.: Ja. Man findet ihn in vielen deutschen Mittelgebirgen als rötliches oder dunkelviolettes Gestein.

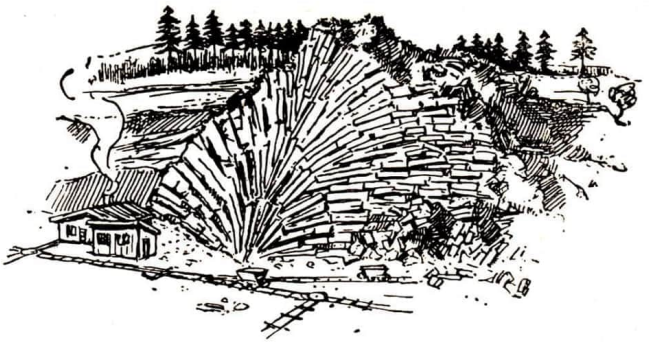


Abb. 14. Fächerförmig entwickelte Basaltkuppe im Erzgebirge

L.: Abbildung 13 zeigt die Porphyrstruktur. – Wie unterscheidet sich der Porphyr vom Granit?

S.: Der Porphyr besitzt eine mehr oder weniger dunkle Grundmasse, in der fleischrote, große Kristalle eingebettet sind. Was ist das für ein Mineral?

L.: Es sind Feldspatkristalle, die sich beim Empordringen des Magmas bereits ausbildeten und nun als Einsprenglinge in der dunklen Grundmasse sitzen. Scherzhaft vergleicht man diese fleischroten Feldspatkristalle mit Fleischstückchen und spricht von der „Blutwurststruktur" des Porphyrs. Sehen Sie sich die beiden Gesteinsschliffe der Abbildungen 12 und 13 an!

S.: Auf den Schliffen sieht man deutlich den Unterschied zwischen dem Granit, bei dem alle Bestandteile kristallin entwickelt sind, und dem Porphyr mit seinen Einsprenglingen in der Grundmasse.

L.: Dem Alter nach unterscheiden wir den Porphyr als altvulkanisches Eruptivgestein vom jungvulkanischen Basalt.

D. Wiederholung

1. Was ist Kieselgur? [410]
2. Wie sind die Feuersteine entstanden? [411]
3. Wo stammen sie her? [411]
4. Wie kommen sie in den mitteleuropäischen Raum? [411]
5. Wie kommen die Kieselsinterablagerungen zustande? [411]
6. Welche Halbedelsteine sind Ihnen bekannt, die aus Kieselsäure aufgebaut sind? [412]
7. Was ist Amethyst? [415]

E. Prüfungsfragen

1. Was ist Porphyr?
2. Wodurch unterscheidet sich der Porphyr vom Granit?
3. Welches jungvulkanische Ergußgestein kennen Sie?
4. Welche Kristallsysteme haben Sie bisher kennengelernt?
5. Wie unterscheiden sie sich?
6. Welche Substanzen kristallisieren nach diesen Systemen aus?
7. Beschreiben Sie die Kristallform des Quarzes!
8. Welche natürlichen Doppelsilikate sind Ihnen bekannt?

F. Übungen

Ordnen Sie alle bisher besprochenen Nichtmetalle in einer Tabelle nach steigenden Wertigkeiten und steigenden Atomgewichten ein!

G. Gesamtwiederholung (47.–54. Kapitel)

1. Wie wird Ammoniak im Gaswerk gewonnen?
2. Wozu dient das gewonnene Ammoniak?
3. In welche drei Hauptfraktionen wird das Erdöl zerlegt?
4. Was ist Tieftemperaturverkokung?
5. Welche Verfahren dienen zur Herstellung von Benzin aus Kohle?
6. Was verstehen Sie unter Hydrierung?
7. Unter welchen Bedingungen geht die Hydrierung vor sich?
8. Welche technischen Prozesse liefern als Nebenprodukt Paraffin?
9. Wozu wird dieses verwendet?
10. Welches ist der Hauptbaustein der organischen Welt, und welches ist der Hauptbaustein der Erdrinde?
11. Nennen Sie die Formel der Kieselsäure!
12. Wie heißen die Salze der Kieselsäure?
13. Wie können Sie Kaliumsilikat darstellen?
14. Was ist Wasserglas?
15. Was geschieht, wenn Salzsäure auf Wasserglaslösung einwirkt?
16. Was verstehen Sie unter einem Doppelsilikat?
17. Nennen Sie Beispiele für natürlich vorkommende Doppelsilikate!
18. Aus welchen Bestandteilen besteht der Granit?
19. Wie ist der Porphyr aufgebaut?
20. Wozu dient Kieselgur?
21. Woraus besteht Kieselgur chemisch?
22. Wie entsteht Kieselgur?
23. Wodurch unterscheiden sich Tiefengesteine und Ergußgesteine?
24. Nennen Sie die Ihnen bekannten Kristallsysteme!
25. Suchen Sie Beispiele!
26. Was wissen Sie über den stofflichen Aufbau der Erde?

41. Kapitel: Der Kohlenstoff

Zu E. Prüfungsfragen

1. Aus reinem Kohlenstoff.
2. Durch Erhitzen organischer Substanz (Mehl) unter beschränktem Luftzutritt fand eine Trockendestillation statt, bei der reiner Kohlenstoff zurückbleibt.
3. Als Graphit und als Diamant.
4. Wenn man beide im Sauerstoffstrom verbrennt, entwickelt sich nur Kohlendioxyd.
5. Bei Passau.
6. Ein Gemisch von Ton und Graphit wird bei etwa 1000° gebrannt.

Zu F. Übungen

1. Weil Feuerungsgase bei ungenügender Luftzufuhr dazu neigen, beim Vorbeistreichen an kalten Flächen sehr viel Ruß abzusetzen [316].
2. a) Widerstandsfähigkeit gegen hohe Temperaturen: Verwendung als Ofenschwärze und für Passauer Schmelztiegel;
   b) Leitfähigkeit für elektrischen Strom: Verwendung als Elektrodenmaterial und in der Galvanoplastik;
   c) Geringe Härte und grauer Strich: Bleistiftfabrikation (Nürnberg).

42. Kapitel: Die Kohlen

Zu E. Prüfungsfragen

1. Ein Erhitzen organischer Stoffe unter Luftabschluß. Es tritt eine Entgasung ein, wobei Gase und Teerprodukte entweichen und ziemlich reiner Kohlenstoff zurückbleibt.
2. Bei der Verbrennung findet eine vollständige Oxydation der Brennstoffe statt, während bei der Trockendestillation hierfür der notwendige Sauerstoff fehlt. Bei der Verbrennung wird auch der Kohlenstoff oxydiert. Als Endprodukte entstehen H_2O und CO_2.
3. Verwendung des Torfes als Heizmaterial, als Streumaterial, als Packmaterial, als Isoliermaterial und als Bodenlockerungsmittel.
4. Der Heizwert ist die Anzahl der kcal, die beim Verbrennen von 1 kg festem Brennstoff oder von 1 nm^3 gasförmigem Brennstoff entstehen.

Zu F. Übungen

Bernstein bildete sich durch Erhärtung des Harzflusses tertiärer Nadelbäume; er stammt aus den Braunkohlenflözen der Tertiärzeit. Auf dem noch klebrigen Harz blieben vom Winde verwehte Pflanzenteile und kleinere Tiere kleben, wurden durch den Harzfluß eingeschlossen und bis heute konserviert.
Die Blüte des Zimtbaumes sagt uns, daß das Braunkohlenflöz aus einem Mischwald hervorging, in dem neben Nadelbäumen (Harz!) tropische Laubbäume sich fanden (Zimtbaum). Da der Zimtbaum ein Bewohner der Tropen ist, muß auch das Klima am Bildungsorte des Bernsteins tropischen Charakter gehabt haben.

43. Kapitel: Flamme und Beleuchtung

Zu E. Prüfungsfragen

1. a) Vor dem Abbrennen besteht er aus feinem Baumwollgewebe, das mit einer Lösung von Thoriumnitrat und Zernitrat getränkt ist.
   b) Nach dem Abbrennen besteht der Glühstrumpf aus einem Aschengerüst von Thoriumoxyd und Zeroxyd.
2. Der Flammensaum.
3. Die Oxydationen finden im Flammensaum statt, weil in ihm genügend Sauerstoff vorhanden ist, der bei der Verbrennungstemperatur eine große Affinität zu anderen Stoffen entwickelt.
4. Der leuchtende Flammenkegel, in dem die glühenden Kohlenstoffteilchen begierig Sauerstoff an sich reißen (Reduktionsmittel) und anderen Stoffen ihren Sauerstoffgehalt entziehen (Reduktion).

Zu F. Übungen

1. Durch Erhitzen eines Kohlefadens oder Metallfadens auf Weißglut mit Hilfe des elektrischen Stromes.
2. Mit Stickstoff oder mit Edelgasen (Argon).
3. Die Füllung verhindert eine Oxydation (Verbrennung) der glühenden Teile innerhalb der Glühbirne, da es sich um nichtbrennende Gase handelt.
4. Die Füllung mit Edelgasen oder Stickstoff verdrängt aus den Glühbirnen die sauerstoffhaltige Luft. Stickstoff verbindet sich selbst in der Glühhitze weder mit Kohlenstoff noch mit dem Metalldraht, und die Edelgase gehen überhaupt keine Verbindungen ein.

44. Kapitel: Kohlendioxyd

Zu E. Prüfungsfragen

1. Natriumbikarbonat (= doppeltkohlensaures Natron), Weinsäure oder Zitronensäure und Zucker.
2. Weinsäure und Zitronensäure zersetzen das doppeltkohlensaure Natrium, wobei Kohlendioxyd frei wird. Dieses perlt hoch und bewirkt den erfrischenden Geschmack der Limonade. Der Zucker süßt das Getränk.
3. Da wir das Kohlendioxyd in der Limonade selbst entwickeln und die Chemikalien im Getränk verbleiben, können wir nur die schwachen, unschädlichen, organischen Säuren verwenden. Auch das Natriumbikarbonat läßt sich nicht ersetzen, da andere Stoffe, die ebenfalls Kohlendioxyd abspalten, das Wasser geschmacklich ungünstig beeinflussen (Soda).

Zu F. Übungen

1. Das Zimmer hat einen Rauminhalt von $6{,}5 \cdot 5{,}4 \cdot 4\ m^3 = 140{,}4\ m^3$.
   0,03% von 140,4 m^3 sind 0,042 m^3 oder 42 l.
   In dem Raume sind 42 l Kohlendioxyd enthalten.
2. Der Erwachsene führt in 10 Minuten $10 \cdot 20 = 200$ Atemzüge durch.
   Der Luftwechsel beträgt $200 \cdot 500\ cm^3 = 100000\ cm^3 = 100$ l.
   Die ausgeatmete Luft enthält 3,6% CO_2 mehr als die Normalluft.
   3,6% von 100 l = 3,6 l Kohlendioxyd Zuwachs.
   $42 + 3{,}6 = 45{,}6$
   Der Kohlendioxydgehalt beträgt jetzt 45,6 l.

45. Kapitel: Die Karbonate

Zu E. Prüfungsfragen

1. a) K_2CO_3 b) $KHCO_3$.
2. a) Aluminiumphosphat, b) Magnesiumphosphat,
   c) Natriumbisulfat = Natriumhydrosulfat = saures Natriumsulfat.
3. Natriumhydrokarbonat, Natriumbikarbonat, saures Natriumkarbonat.

Zu F. Übungen

Verbrennungsgleichung des Diamanten: $C + 2\,O \longrightarrow CO_2\uparrow$

$$12 + 32 = 44$$

12 g Diamant liefern 44 g CO_2
0,2 g Diamant liefern x g CO_2

$$x = \frac{0{,}2 \cdot 44}{12} \approx 0{,}73$$

1,96 g CO_2 nehmen den Raum von 1 Liter ein
0,73 g CO_2 nehmen den Raum von y Litern ein

$$y = \frac{0{,}73 \cdot 1}{1{,}96} \approx 0{,}37.$$ Es entstehen 37 cm^3 Kohlendioxyd.

46. Kapitel: Kohlenmonoxyd

Zu E. Prüfungsfragen

1. $C^{II}O$; $C^{IV}O_2$.
2. a) Bei Verbrennungen unter beschränktem Luftzutritt;
   b) Durch Reduktion von Kohlendioxyd, das durch heiße Kohlenschichten aufsteigt.
3. a) Kohlenstoff (Koks), b) Heizgas, c) Teerprodukte, d) Ammoniak, e) Schwefelwasserstoff.
4. Die Pflanzensubstanz besteht im wesentlichen aus den Elementen C, O und H. C bleibt zum Teil als Kohlenstoff zurück (a), C und H bilden die Kohlenwasserstoffe (b und c). Das pflanzliche Eiweiß enthält außerdem N- und S-Verbindungen; aus den Stickstoffverbindungen entsteht Ammoniak (d), aus den Schwefelverbindungen der Schwefelwasserstoff (e).

Zu F. Übungen

1. Der Heizwert muß beim Stadtgas am größten, beim Generatorgas am niedrigsten sein.
2. Begründung: Das Generatorgas besteht zu 70% aus dem für die Verbrennung wertlosen Stickstoff.
   Das Wassergas besteht zu 50% aus H und zu 50% aus CO,
   das Stadtgas besteht zu 50% aus H, zu 25% aus CO und zu 25% aus Methan CH_4.
   Die 25% CH_4 sind heiztechnisch wertvoller als die 25% CO. Denn CH_4 wird vollständig zu CO_2 und H_2O verbrannt, während beim CO bereits ein teilweise oxydierter Kohlenstoff vorliegt.
   Tatsächlich haben genauere Untersuchungen folgende Heizwerte ergeben:

Methan	9000 kcal	Wasserstoff	2600 kcal
Stadtgas	4200–5000 kcal	Wassergas	2500 kcal
Kohlenmonoxyd	3000 kcal	Generatorgas	1300 kcal

1. Zur Trinkwasserreinigung, zur Reinigung von Gasgemischen und zur industriellen Rückgewinnung von Dämpfen.
2. Die Aktivkohle hat durch ihre Porosität eine riesige innere Oberfläche, an der feste und flüssige Stoffe angereichert werden können (Adsorption).
3. Durch Vermoderung von Pflanzenteilen unter Luftabschluß (unter Wasser). Den Vorgang bezeichnet man als Inkohlung.
4. Aus Farnen, Schachtelhalmen, Siegel- und Schuppenbäumen entstanden die Steinkohlen und aus Nadelhölzern (Sumpfzypressen) die Braunkohlen; aus Torfmoos und Zwergsträuchern bildete sich der Torf.
5. Die Braunkohlen bilden meist nur ein starkes Flöz nahe der Erdoberfläche, während die Steinkohlen in zahlreichen dünnen Flözen in tieferen Erdschichten liegen.
6. Die Steinkohlen werden bergmännisch in Schachtanlagen unter Tage gewonnen; durch Häuer werden sie gebrochen. Die Braunkohlen werden meist im Tagebau gewonnen, wobei durch Anwendung von Baggern und Abraumförderbrücken eine vollkommene Mechanisierung des Betriebes erreicht wird.
7. Kohlenmonoxyd CO und Kohlendioxyd CO_2.
8. CO_2 ist 1,5mal so schwer wie Luft, senkt sich also zu Boden; CO ist ebenso schwer wie Luft. – CO_2 brennt nicht; CO verbrennt mit blauer Flamme zu CO_2. – CO_2 ist ein Säureanhydrid, CO hingegen nicht. – CO ist giftig, CO_2 nicht.
9. Durch Einwirkung von Salzsäure auf Kalk oder Marmor:
   $CaCO_3 + 2\,HCl \longrightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2\uparrow$.
10. Durch Kalkwasser; es bildet sich eine milchige Trübung von Kalk:
    $Ca(OH)_2 + CO_2 \longrightarrow CaCO_3\downarrow + H_2O$.
11. Die Salze der Kohlensäure H_2CO_3.
12. Normale Karbonate und Bikarbonate = Hydrokarbonate = saure Karbonate.
13. Einbasische Säuren enthalten im Molekül 1, zweibasische Säuren hingegen 2 durch Metall ersetzbare Wasserstoffatome.
14. Bei der Bildung saurer Salze werden nicht alle ersetzbaren Wasserstoffatome im Säuremolekül durch Metalle ersetzt. Daher enthalten saure Salze außer Metallatomen auch noch Wasserstoffatome in ihrem Molekül. – Nur die einbasischen Säuren können keine sauren Salze bilden.
15. Als Vulkangas; in altvulkanischen Gebieten in Gasquellen (Mofetten). Es bildet sich bei der Verwesung organischer Substanzen im Erdboden und löst sich in Quell- und Grundwässern (Säuerlinge). Es bildet 0,03% der atmosphärischen Luft.
16. Natriumchlorid NaCl, Natriumsulfid Na_2S, Natriumchlorit $NaClO_2$, Natriumsulfit Na_2SO_3, Natriumbisulfit $NaHSO_3$, Natriumnitrit $NaNO_2$, Natriumchlorat $NaClO_3$; Natriumsulfat Na_2SO_4, Natriumbisulfat $NaHSO_4$; Natriumnitrat $NaNO_3$;

    Trinatriumphosphit Na_3PO_3, Dinatriumphosphit Na_2HPO_3, Mononatriumphosphit NaH_2PO_3, Trinatriumphosphat Na_3PO_4, Dinatriumphosphat Na_2HPO_4, Mononatriumphosphat NaH_2PO_4; Natriumkarbonat Na_2CO_3, Natriumbikarbonat $NaHCO_3$; Natriumsilikat Na_2SiO_3.
17. Als Treibgas in den Bierdruckapparaten, zur Bereitung von Tafelwässern und Limonaden.

18. Wasserstoff, Methan, Kohlenmonoxyd, Kohlendioxyd, Stickstoff, höhere Kohlen-
19. Aus Graphit und Ton. [wasserstoffe.
20. CO_2 wird durch die reduzierende Wirkung erhitzten Kohlenstoffs in CO übergeführt. CO verbrennt in der Hitze bei Anwesenheit von Luftsauerstoff zu CO_2.
21. Generatorgas ist ein Gemisch von Kohlenmonoxyd und Stickstoff. Wassergas besteht aus Kohlenmonoxyd und Wasserstoff.

47. Kapitel: Ein Besuch im Gaswerk

Zu E. Prüfungsfragen

1. Die Vergasung der Kohle, die eine Trockendestillation darstellt.
2. Abgestorbene Pflanzenteile, die unter Luftabschluß geraten, zersetzen sich allmählich, wobei sich Kohlenstoff anreichert. Diesen Verkohlungsprozeß nennt man Inkohlung; er führte zur Bildung unserer Kohlenlager.
3. Die Gasflamme leuchtet nur, wenn das Gas höhere Kohlenwasserstoffe enthält. Diese werden dem Gasgemisch heute als wertvolle Nebenprodukte in der Gasreinigung entzogen. Das Stadtgas dient heute nur als Heizgas, da auch bei der Gasbeleuchtung nur die Glühstrümpfe auf Weißglut erhitzt werden. Daher werden dem Gase meist hohe Prozentsätze des billigen Wassergases zugesetzt. Wasserstoff aber verbrennt wieder mit nichtleuchtender Flamme.

Zu F. Übungen

1. $NH_3 + H{\cdot}OH \longrightarrow NH_4OH$
   Ammoniak + Wasser → Ammoniumhydroxyd
2. Base + Säure = Wasser + Salz
3. $2\,NH_4OH + H_2S \longrightarrow 2\,H_2O + (NH_4)_2\,S$
   Ammoniumhydroxyd + Schwefelwasserstoff → Wasser + Ammoniumsulfid
   $2\,NH_4OH + H_2CO_3 \longrightarrow 2\,H_2O + (NH_4)_2CO_3$
   Ammoniumhydroxyd + Kohlensäure → Wasser + Ammoniumkarbonat

48. Kapitel: In der Kokerei

Zu E. Prüfungsfragen

1. Die Gaskohle. Sie liefert eine große Gasausbeute (35–40%).
2. Sie muß einen sehr festen Koks, den Hüttenkoks, liefern. Während der Gaskoks durch den Austritt großer Gasmengen sehr locker ist, hält der aus gasarmer Kohle gewonnene Hüttenkoks dem Druck der Erzsäule im Hochofen stand.

Zu F. Übungen

(Siehe die entsprechenden Abschnitte des Lehrganges!)

49. Kapitel: Verschwelung und Teerverarbeitung

Zu E. Prüfungsfragen

1. Leichtöle, Mittelöle, Schweröle und Teerpech.
2. Die Teerausbeute wird stark vermehrt. Es fallen die wasserstoffreicheren Endprodukte Benzin, Phenol und Paraffin an, die geschätzte Treibstoffe und Rohstoffe darstellen.

3. a) Als Grudekoks im Hausbrand, b) zur Elektrizitätserzeugung, c) zur Hydrierung.

Zu F. Übungen

(Siehe die entsprechenden Abschnitte des Lehrganges!)

50. Kapitel: Die Kohleverflüssigung

Zu E. Prüfungsfragen

1. Hydrierung heißt Anlagerung von Wasserstoff, Herstellung wasserstoffreicherer Verbindungen.
2. Die Sumpfphase und die Gasphase.
3. In der Sumpfphase entstehen Mittelöle, die in der Gasphase in Leichtöle übergeführt werden.

Zu F. Übungen

(Siehe Abbildung 10!)

51. Kapitel: Das Erdöl

Zu E. Prüfungsfragen

1. a) Vaseline, b) Paraffin, c) Petroleumpech.
2. Die Braunkohleverschwelung und die Fischer-Tropsch-Benzinsynthese.
3. Für Feuerzeuge und zur Fleckenreinigung, denn Benzin löst Fette und Harze auf.

Zu F. Übungen

(Siehe Abbildung 130!)

52. Kapitel: Siliziumdioxyd, Kieselsäure und Silikate

Zu E. Prüfungsfragen

1. H_2SiO_3.
2. Silikate.
3. Kaliumsilikat und Natriumsilikat.
4. Die Kieselsäure wird ausgefällt.
5. SiO_2. Ein Molekül besteht aus einem Atom Silizium und zwei Atomen Sauerstoff.
6. Siliziumdioxyd.

Zu F. Übungen

1. und 2.

Na_2SiO_3	+	H_2CO_3	⟶	Na_2CO_3	+	$H_2SiO_3\downarrow$
Natrium-silikat		Kohlen-säure		Natriumkarbonat = Soda		Kiesel-säure
122	+	62	=	106	+	78
		$\binom{CO_2}{44}$				

122 g Na_2SiO_3 erfordern 44 g CO_2 und ergeben 106 g Na_2CO_3
150 g Na_2SiO_3 erfordern x g CO_2 und ergeben y g Na_2CO_3

$$x = \frac{150 \cdot 44}{122} \approx 54{,}1 \qquad y = \frac{150 \cdot 106}{122} \approx 130{,}3$$

1,96 g CO_2 entspr. 1 Liter
54,1 g CO_2 entspr. z Liter

$$z = \frac{54{,}1}{1{,}96} \approx 27{,}6$$

Luft enthält 0,03 Vol.% CO_2
10 m³ Luft enthalten 3 l Kohlendioxyd
92 m³ Luft enthalten 27,6 l Kohlendioxyd

1) Es sind 92 m³ Luft notwendig.
2) Es entstehen 130,3 g Soda.

53. Kapitel: Quarz und Kieselsäure als Verwitterungsprodukte

Zu E. Prüfungsfragen

1. Aus Feldspat, Quarz und Glimmer.
2. Feldspat bildet große Kristalle, die im Schnitt als glänzende, rötliche oder weißgrüne Tafeln erscheinen; Glimmer bildet kleine, glänzende, schwarze oder silberweiße Blättchen. Quarz füllt die Lücken und ist fettigglänzend und rauchgrau.

Zu F. Übungen

(Siehe die entsprechenden Abschnitte des Lehrganges!)

54. Kapitel: Die Kieselsäure als gesteinsbildender Faktor

Zu E. Prüfungsfragen

1. Porphyr ist ein altvulkanisches Ergußgestein.
2. Im Granit bilden alle Bestandteile ein kristallines Gefüge. Im Porphyr sehen wir große Feldspatkristalle als Einsprenglinge in einer dunklen Grundmasse liegen.
3. Basalt.
4. Das reguläre und das hexagonale Kristallsystem.
5. Das reguläre System besitzt drei gleichlange Achsen, die senkrecht aufeinander stehen. Das hexagonale System hat drei gleichlange Achsen, die Winkel von 60° zwischen sich einschließen, und eine vierte Achse, die auf den übrigen senkrecht steht.
6. Quarz kristallisiert nach dem hexagonalen System aus, Kochsalz nach dem regulären System.
7. Quarz bildet hexagonale Säulen in Verbindung mit Doppelpyramiden.
8. Feldspat und Glimmer.

Zu F. Übungen

	Wertigkeit			
	I	II	III	IV
Atomgewicht	Chlor 35,5	Sauerstoff 16 Schwefel 32	Stickstoff 14 Phosphor 31 Arsen 75	Kohlenstoff 12 Silizium 28

Zu G. Gesamtwiederholung (47.–54. Kapitel)

1. Im Ammoniakwäscher wird es durch entgegenfließendes Wasser zu Ammoniumhydroxyd gelöst.
2. Zur Herstellung des Düngemittels Ammoniumsulfat $(NH_4)_2SO_4$ oder zur Herstellung von Salmiak NH_4Cl oder Ammoniumnitrat NH_4NO_3.
3. In Leichtöle, Mittelöle und Schweröle.
4. Eine Trockendestillation der Kohle unter 600°.
5. Die Kohlehydrierung nach dem Bergiusverfahren und die Benzinsynthese nach Fischer-Tropsch.
6. Hydrierung ist die Anlagerung von Wasserstoff. Die Endprodukte der Hydrierung sind wasserstoffreicher als die Ausgangsprodukte.
7. Unter Druck und hoher Temperatur und durch Katalysatorenwirkung. Die Hydrierung ist also eine Hochdruckkatalyse.
8. Die Fischer-Tropsch-Benzinsynthese und die Destillation von Braunkohlenteer.
9. Paraffin dient zur Kerzenherstellung oder wird zu Fettsäuren oxydiert, die auf Seifen verarbeitet werden.
10. C ist der Hauptbaustein der organischen Welt, Si derjenige der Erdrinde.
11. H_2SiO_3.
12. Silikate.
13. Durch starkes Erhitzen (bzw. Schmelzen) von Sand und konzentrierter Kalilauge.
14. Eine sirupdicke Lösung von Natriumsilikat oder Kaliumsilikat.
15. Salzsäure schlägt aus Wasserglaslösung Kieselsäure nieder:
$Na_2SiO_3 + 2\,HCl \longrightarrow H_2SiO_3\downarrow + 2\,NaCl$.
16. Doppelsilikate sind Salze der Kieselsäure, bei denen die Wasserstoffatome des Kieselsäuremoleküls durch verschiedene Metalle ersetzt sind.
17. Feldspat, Glimmer.
18. Aus Feldspat, Quarz und Glimmer.
19. Porphyr enthält in einer dunklen Grundmasse große Feldspatkristalle als Einsprenglinge.
20. Als Polier- und Isoliermittel, als Filtermaterial und Formsand.
21. Kieselgur ist chemisch SiO_2.
22. Es sind zierliche Panzer, die von den Kieselalgen gebildet wurden und beim Absterben dieser Einzeller am Grunde der Gewässer sich anhäuften.
23. Tiefengesteine haben ein kristallines Gefüge; alle Bestandteile hatten Zeit auszukristallisieren. – Die Ergußgesteine haben eine feinkristalline bis glasige Struktur. Die Einzelbestandteile sind schwer zu erkennen; nur einzelne Gemengbestandteile sind auskristallisiert und bilden größere Einsprenglinge in der Grundmasse.
24. Reguläres System und hexagonales System.
25. Kochsalz kristallisiert nach dem regulären System, Quarz nach dem hexagonalen System.
26. Eine dünne Oberflächenschicht der Erde wird als Sial bezeichnet; sie setzt sich aus leichten Silikaten zusammen und besteht hauptsächlich aus Silizium und Aluminium. Dann folgt eine Schale schwerer Silikate, die man als Sima zusammenfaßt, und in der zum Silizium und Aluminium noch das Magnesium als wesentlicher Bestandteil hinzutritt. Der Erdkern enthält hauptsächlich Eisen und Nickel; wir nennen diese Tiefenschicht Nife.

Best.-Nr.16330/12 1.–10. Tsd. – Lizenz Nr. 334 – 17. 12. 1947, 1000/47 – 415 – Herausgegeben von der VOLK und WISSEN Verlags GmbH · Berlin/Leipzig – Schriftleitung: Leipzig S 3, Arthur-Hoffmann-Straße 175 Gesetzt in der Offizin Haag-Drugulin in Leipzig (M 103) – Den Druck besorgte Bonneß & Hachfeld in Potsdam