

## Die Wiedergewinnung flüchtiger Lösungsmittel nach dem „Bayer-Verfahren“.

Dr.-Ing. HANNS CARSTENS, Leverkusen.

(Vortrag, gehalten bei der Hauptversammlung des Vereins deutscher Chemiker zu Stuttgart 1921, in der Fachgruppe f. anorgan. Chemie.)  
(Eingeg. 27. 6. 21.)

### Einleitung.

Die Wiedergewinnung flüchtiger Lösungsmittel wie Benzol, Alkohol, Äther und Aceton aus der Luft ist ein schon altes wirtschaftliches Problem, das für viele Gewerbezweige von ausschlaggebender Bedeutung ist. Der Krieg mit seiner Umwälzung aller welt- und volkswirtschaftlichen Beziehungen und Grundlagen hat noch mehr dazu gedrängt, mit diesen wertvollen Stoffen haushälterisch umzugehen. Ferner sind Erzeugung und Verbrauch derselben in den letzten Jahren vor dem Kriege so schnell emporgeschossen, daß eine Zeit kommen mußte, wo eine weitere Steigerung unmöglich war.

Die deutsche Benzolerzeugung stieg z. B. in den 23 Jahren von 1890–1913 von 5000 auf 160 000 t im Jahre, und man mußte damit rechnen, daß eines Tages das Angebot dauernd hinter der Nachfrage zurückbleiben würde. Bei Alkohol und Äther hängt die Erzeugungsmöglichkeit mit der Fläche des Bodens zusammen, den die Landwirtschaft für den Kartoffelanbau zur Verfügung stellen kann, und in zweiter Linie mit dem Bedarf der Viehzucht an Kartoffelschlempe.

Die Vorbedingung für Wiedergewinnung verdampfter Lösungsmittel ist eine geeignete Ventilation, welche die mit Dämpfen beladene Luft den Wiedergewinnungsanlagen zuführt.

Jede Abscheidung von Dämpfen beruht auf der Möglichkeit, sie so zu kondensieren, daß ihr Teildruck höher ist als der Sättigungsdruck des Kondensats. Zum Abscheiden gibt es drei Wege:

1. Die Abkühlung, wie sie bei jeder Destillation üblich ist. Dieses Verfahren setzt die Verwendung sehr tiefer Temperaturen, wie sie nur durch Lindesche Eismaschinen geliefert werden, voraus. Der hohen Kosten wegen hat es sich nicht einbürgern können. Um den gesamten Dampf bis auf 1 g/cbm aus der Luft zu entfernen, muß man auf folgende Temperaturen abkühlen<sup>1)</sup>:

Bei:	Auf:
Äthylalkohol	– 70° C
Äthyläther	– 120° C
Aceton	– 105° C
Benzol	– 75° C

Die Wärmemenge, die bei diesen tiefen Temperaturen abgeführt werden muß, ist um so größer, je verdünnter die Dämpfe sind. 1 cbm Luft von 20° wiegt etwa 1200 g. Um den Dampfgehalt der Luft von 2 g auf 1 g hinunterzubringen, muß man also 1200mal so viel Luft abkühlen, als Lösungsmittel wiedergewonnen werden kann. Außerdem muß noch die Verdampfungswärme der zu kondensierenden Flüssigkeiten und bei Stoffen, wie Benzol und Aceton, ihre Schmelzwärme abgeführt werden. Mit Aceton gesättigte Luft enthält beim Schmelzpunkt desselben, bei – 95°, noch etwa 4 g/cbm. Für Flüssigkeitsgemische werden die Temperaturen, bei denen diese Wärmemengen abgeführt werden müssen, noch weit niedriger.

2. Die Absorption der Dämpfe durch nicht flüchtige Lösungsmittel.

Wenn zwei Flüssigkeiten, die chemisch nicht aufeinander einwirken, miteinander gemischt werden, so tritt nach der Theorie von Dolezalek<sup>2)</sup> für binäre Flüssigkeitsgemische eine der molekularen Konzentration proportionale Sättigungsdruck-Erniedrigung für beide Flüssigkeiten ein. Sobald aber eine chemische Bindung stattfindet, wird der Sättigungsdruck viel stärker erniedrigt. Dieser Fall ist natürlich besonders günstig für eine Absorption. Das typische Beispiel für eine vollständige Umsetzung ist diejenige zwischen Alkohol, Äther und konzentrierter Schwefelsäure. Auf ihr beruht die Wiedergewinnung dieser beiden Lösungsmittel, die in den Sprengstoffabriken in großem Maßstabe ausgeführt wurde. — Das Gegenstück zu diesem Verfahren ist die Abscheidung des Benzols aus dem Kokereigas durch Teeröl, das in hohen Rieseltürmen dem Gas entgegenrinnt, also beim Verlassen der Türme mit diesem im Gleichgewicht sein sollte. Das Gas, das den Ammoniakwäscher verläßt, enthält 20–25 g Benzoldampf im Kubikmeter, ist also bei 20° zu etwa 7% gesättigt. Die theoretische Grenze der Benzolaufnahme liegt daher bei etwa 7 Molprozent. Sie wird aber nicht erreicht; denn das Öl verläßt den Wäscher mit 3–4 Gewichtsprozent Benzol. Außerdem bleiben noch etwa 4 g Benzol im Kubikmeter Gas zurück. Das Verfahren ist keineswegs ideal; bei Stoffen wie Aceton und Äther würde es wegen ihrer höheren Sättigungsdrucke noch ungünstiger arbeiten.

3. Die Adsorption der Dämpfe durch hochporöse Kohle nach dem Bayer-Verfahren.

### Das Prinzip des Bayer-Verfahrens.

Schon seit vielen Jahren ist es bekannt, daß Gase und Dämpfe durch Holzkohle und ähnliche poröse Körper adsorbiert werden. Die festgehaltenen Mengen waren aber so gering, daß eine Verwendung

dieser Erscheinung für unsern Zweck ausgeschlossen erschien. Erst als während des Krieges eine besonders adsorptionsfähige Kohle nach einem patentierten Verfahren in genügend großen Mengen hergestellt wurde, änderte sich das. Es gelang dem im vorigen Jahre verstorbenen Dr. Friedrich Runkel während des Krieges mit Hilfe dieser Kohle, die etwa zehnmal soviel adsorbiert wie gewöhnliche Kohle, ein technisch und wirtschaftlich lebensfähiges Verfahren zur Abscheidung organischer Dämpfe auszuarbeiten, das noch während des Krieges seine Feuerprobe bestanden hat.

Die verwandte Kohle ist sehr leicht und feinkörnig. 1 Kubikmeter wiegt nur etwa 250 kg. Sie bietet einem Luftstrom einen geringen Widerstand. Wird 1 kg der Kohle mit 500 ccm irgendeines Lösungsmittels getränkt, so fühlt sie sich immer noch vollkommen trocken an. Die Adsorptionswirkung der Kohle wird sehr deutlich durch zwei kleine Versuche bewiesen:

Eine Blechrinne von 1–1½ m Länge wird mit einer geringen Neigung aufgestellt. An das untere Ende kommt ein kleines, brennendes Licht, an das obere ein auf 50° erwärmtes Wasserbad, in das ein kleiner Erlenmeyerkolben mit Äther und Siedesteinen schräg hineingestellt wird, so daß die Ätherdämpfe die Rinne hinabkriechen und sich am Licht entzünden. Wenn man nun im unteren Teil den Boden der Rinne mit einer Schicht Kohle bedeckt, so wird der Äther adsorbiert und gelangt nicht bis zum Licht. Zwischen Kohle und Wasserbad aber kann man die Strecke zur Entzündung bringen und der adsorbierte Äther brennt aus der Kohle heraus.

Ein mit Benzol karburiertes Gasstrom gibt sein Benzol beim Durchleiten durch die Kohle vollständig ab. Eine Flamme vor der Kohle brennt helleuchtend, eine solche hinter ihr leuchtet nicht mehr.

Der letzte Versuch gibt ein Bild davon, wie die Wiedergewinnung im großen durchgeführt wird. Sobald nicht mehr alles adsorbiert wird, schaltet man den Luftstrom auf ein frisches Adsorptionsgefäß um. Das erste hat dann 15–50 und mehr Prozent der Kohle aufgenommen, je nach Geschwindigkeit und Sättigung des Luftstromes. Schwere Flüssigkeiten werden reichlicher aufgenommen als leichtere.

Die Bindung der Flüssigkeiten durch die Kohle ist sehr fest. Durch einfache Destillation ohne Anwendung von Vakuum kann man erst bei über 200° alles zurückgewinnen. Dieser Weg ist aber wegen der schlechten Wärmeleitfähigkeit der Kohle nicht gangbar.

Die Rückgewinnung der adsorbierten Lösungsmittel verläuft dagegen sehr glatt, wenn man die Kohle ausdämpft. Der Dampfstrom wird zweckmäßig von oben nach unten durch die Kohle geschickt. Es entweicht zunächst reiner Lösungsmitteldampf, dann eine Mischung desselben mit Wasserdampf. Beides wird durch einen gewöhnlichen Oberflächenkühler kondensiert. Die Trennung geschieht bei nicht löslichen Flüssigkeiten im Scheidetrichter, bei löslichen durch Destillation.

### Die Adsorption als Benetzung der inneren Oberfläche.

Als erste wahrnehmbare Folge der Adsorption tritt eine Erwärmung der Kohle am Ort der Verdichtung auf. Die Adsorptionswärme ist, wie schon der Baseler Physiker Chappuis<sup>3)</sup> im Anschluß an Arbeiten des Franzosen Favre<sup>4)</sup> feststellte, gleich der Summe aus der Verdampfungswärme des adsorbierten Dampfes und der Benetzungswärme der kondensierten Flüssigkeit. Die Benetzungswärme ist sehr erheblich. 100 g Kohle mit 50 ccm Äther, in einem Weinholdschen Gefäße gemischt, ergeben eine Temperaturerhöhung von 42°. Die entwickelte Wärme ist ebenso groß wie die Verdampfungswärme des Äthers, die bekanntlich 6300 cal. Mol. beträgt. Bei Adsorption von gesättigtem Ätherdampf tritt dementsprechend eine Temperatursteigerung von über 100° ein. Bei Adsorption aus dem Luftstrom, wie das bei Wiedergewinnung von Lösungsmitteln immer geschieht, wird der größere Teil der freiwerdenden Wärme durch die Luft fortgeführt. Die Temperaturerhöhung ist daher weit geringer.

Die Adsorption verläuft sehr schnell. Sie ist im Bruchteil einer Sekunde beendet. Mit zunehmender Sättigung nimmt ihre Geschwindigkeit ab. Die Zone der Adsorption ist daher nur wenige Zentimeter lang. Die Zone der Erwärmung ist länger, da die Luft die mitgeführte Wärme an die Kohle abgibt; sie wandert während der Sättigung der Kohle von der Eintrittsstelle der Luft nach der Austrittsstelle hin. Daran hat man ein bequemes Mittel, den Verlauf der Adsorption zu verfolgen.

Ein genaues Maß für die Adsorptionsarbeit und damit für die Affinität zwischen den Dämpfen und der Kohle ergibt die bekannte Gleichung:

$$A = RT \ln(p/P).$$

R ist die Gaskonstante, bezogen auf 1 Mol, T die absolute Temperatur, P der Sättigungsdruck des nicht adsorbierten, p der des adsorbierten Lösungsmittels.

Aus der beobachteten Dampfdruckerniedrigung darf geschlossen werden, daß die Stärke der Bindung zwischen Kohle und Lösungsmittel sich an die bei der Bildung von Nebenvalenzverbindungen wie Hexamin-Manganchlorid wirksame Affinität anschließt.

<sup>1)</sup> Die Werte sind mit Hilfe von Logarithmenpapier graphisch extrapoliert.

<sup>2)</sup> Dolezalek, Zeitschr. Phys. Chem.

<sup>3)</sup> Chappuis, Wied. Ann. 19 [1883], 27.

<sup>4)</sup> Favre, Ann. Chim. Phys. (5) 1 [1874], 209.

Die Ammoniaktenion der genannten Verbindung beträgt nach Biltz<sup>5)</sup> bei 59° etwa 1,1% vom Sättigungsdruck des Ammoniaks. Die Bindungsstärke der letzten 4 Ammoniakmoleküle der genannten Verbindung ist also etwa ebenso groß wie die des Äthers in der Kohle, wenn diese 15–20% davon aufgenommen hat.

Die Adsorption stellt also energetisch einen Übergang zu den chemischen Vorgängen dar. Der Unterschied ist aber der, daß die Adsorptionswärme und damit die Dampfdruckerniedrigung mit zunehmender Sättigung der Kohle abnimmt, während bei dem Übergang von Diammin-Manganchlorid in die Hexaminverbindung beides konstant bleibt, bis die Umwandlung restlos erfolgt ist<sup>6)</sup>.

In der Tat handelt es sich bei der Adsorption nach Forschungen von Zsigmondy, Anderson und Bachmann<sup>7)</sup> um Vorgänge, die sich zwischen den Molekülen selbst abspielen. Wenn man einen Schnitt durch die Kohle macht und ihn im Mikroskop im durchfallenden Licht

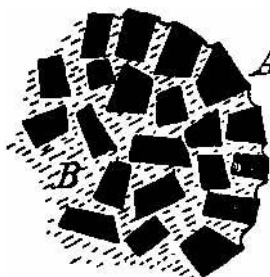


Abb. 1.

beobachtet, so sieht man, daß die Kohle noch die Holzstruktur aufweist. Der eigentliche Sitz der Adsorption ist aber das innere der früheren Holzzellen, das durch das Mikroskop nicht mehr zerlegt wird.

Die Arbeiten von Bemmelen über Wässerung und Entwässerung von Gelen haben dieses Gebiet zuerst erschlossen<sup>8)</sup>.

Wir müssen uns vorstellen, daß die Kohleteilchen aus lauter winzigen Mizellen „Krümchen“ aufgebaut sind, etwa, wie die Abbildung 1 das veranschaulicht<sup>9)</sup>. Ihre Größe fällt in das ultramikroskopische Gebiet, sie beträgt also einige Millimikron. Sie sind durch ein System von winzigen Kapillarräumen voneinander getrennt, deren Inhalt 40–80% vom Volumen des Gels ausmacht, und das sich bei der Berührung mit Flüssigkeiten mit ihnen vollsaugt, so daß auch die gesamte „innere Oberfläche“ der Kohle vollkommen benetzt wird. Die Netzungsenergie ist natürlich unter sonst gleichen Bedingungen der „inneren“ Oberfläche proportional. Ein Würfel von 1 cm Kantenlänge hat 6 qcm Oberfläche. Wenn er aus lauter kleinen Würfeln von 1 Millimikron Kantenlänge aufgebaut ist, so beträgt seine innere Oberfläche 6000 qm.

#### Adsorption und Dampfdruckerniedrigung.

Im einzelnen verläuft die Adsorption wie folgt: Zunächst bildet sich auf der inneren Oberfläche eine feine Flüssigkeitshaut aus, deren Dicke geringer ist als die molekulare Wirkungssphäre. Die Ober-

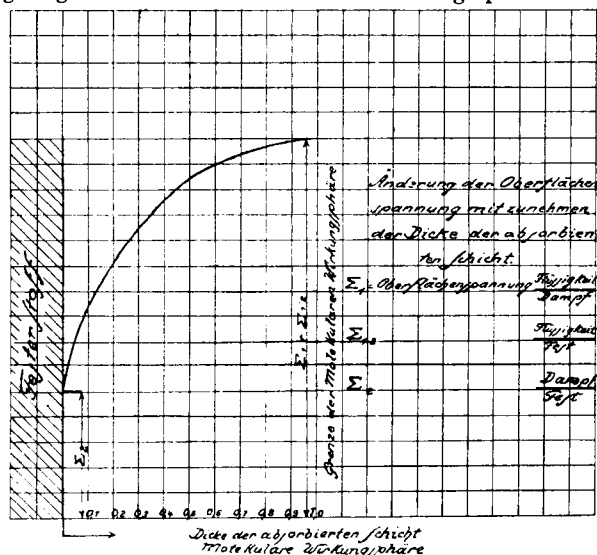


Abb. 2.

flächenspannungen dieser Haut nehmen mit zunehmender Dicke zu, und dadurch kommt nach Cantor<sup>10)</sup> die Dampfdruckerniedrigung

<sup>5)</sup> Biltz, Z. anorg. Chem. 109, 118 [1920].

<sup>6)</sup> Auf einen ähnlichen Unterschied macht Favre a. a. O. und C. r. 77, 649 (1873) aufmerksam: Die Aufnahme von Wasserstoff durch Palladium ist im Gegensatz zu der durch Platin keine Adsorption, da die Reaktionswärme von der aufgenommenen Wasserstoffmenge unabhängig ist.

<sup>7)</sup> Zsigmondy, Z. anorg. Chem. 71, 356 [1911]; Kolloidchemie, Leipzig 1912, S. 157. — Anderson, Z. phys. Chem. 88, 191 [1914]. — Bachmann, Z. anorg. Chem. 73, 125 [1911], 100, 1 [1917].

<sup>8)</sup> Van Bemmelen, Die Adsorption, Dresden 1910.

<sup>9)</sup> Zsigmondy, Kolloidchemie, Leipzig 1912, S. 226.

<sup>10)</sup> Cantor, Wied. Ann. 56, 493 [1895]. — Ist R die Gaskonstante in Erg/Mol. Celsiusgrad, T die absolute Temperatur, p der Sättigungsdruck der adsorbierten Flüssigkeitshaut, P der Sättigungsdruck der unadsorbierten Flüssigkeit; ist ferner v das Volumen der adsorbierten Flüssigkeit, n die Anzahl der

und Adsorption zustande<sup>11)</sup>. Der Verlauf der Adsorption wird in diesem Stadium durch die bekannte Gleichung von Freundlich wiedergegeben:

$$\log x/m = n \log p + c.$$

n und c sind Konstanten, x ist die von der Kohlenmenge m aufgenommene Flüssigkeitsmenge und p der zugehörige Dampfdruck.

Wenn man diese Gleichung mit der von Cantor abgeleiteten

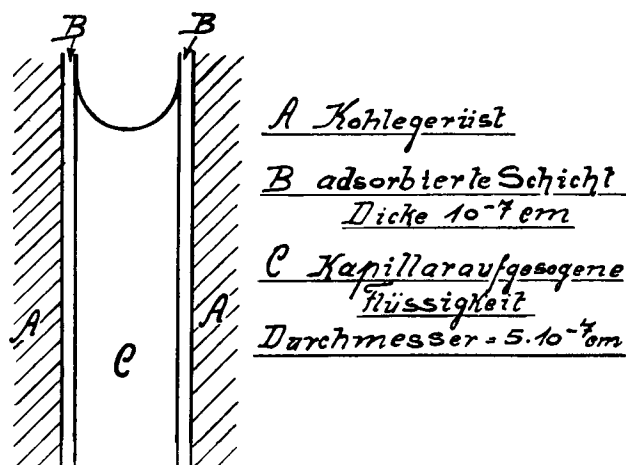


Abb. 3.

vereinigt, gelangt man zu einer Anschauung über die Abhängigkeit der Oberflächenspannung von der Dicke der adsorbierten Haut, die durch die Zeichnung 2 wiedergegeben wird<sup>12)</sup>.

Noch ehe die Dicke der Flüssigkeitshaut die Größe der molekularen Wirkungssphäre erreicht hat, beginnen die Kapillarräume sich

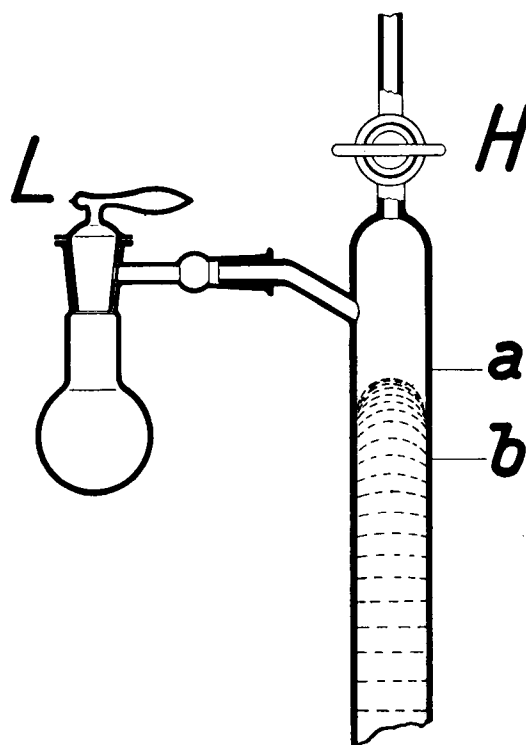


Abb. 4.

zu füllen. Dieses Stadium wird durch Bild 3 wiedergegeben. An der Oberfläche der adsorbierten Flüssigkeit hat sich ein Meniskus aus-

adsorbierten Mole und endlich  $T_1$  und  $T_{12}$  die Oberflächenspannungen an den Grenzflächen der flüssigen und dampfförmigen, oder der flüssigen und festen Phase, während die adsorbierte Flüssigkeitshaut die Dicke l, kleiner oder gleich der molekularen Wirkungssphäre hat, so ist:

$$v(d_1 T + dT_{12}) = nRT \ln(P/p) dl.$$

<sup>11)</sup> Von der Zurückführung der Oberflächenspannung auf den Binnendruck, oder die molekularen Anziehungskräfte wird dabei abgesehen. Dieser weitere Schritt würde die Anwendung der Adsorptionstheorie von Polanyi nötig machen (Z. f. Elektrochem. 26, 370 [1920]), ohne daß für den vorliegenden Zweck etwas gewonnen würde.

<sup>12)</sup> Denselben Verlauf zeigen alle Erscheinungen, die in dieses Gebiet fallen, z. B. auch die Potentialänderung, die durch eine Haut von Bleisuperoxyd hervorgerufen wird, vgl. Koenigsberger und Müller, Phys. Ztschr. 6, 849 [1905] und 12, 606 [1911].

gebildet, dessen Zug ebenfalls eine Dampfdruckerniedrigung bewirkt<sup>13)</sup>. Der Krümmungsradius des Meniskus und die Dicke der Flüssigkeitshaut werden sich jeweils aufeinander einstellen. Der Verlauf der Adsorptionsisotherme wird am besten statisch bestimmt. Das Prinzip einer Bestimmung zeigt der folgende kleine Versuch: Der Apparat (Abb. 4) ist luftleer. Mit Hilfe des Hahnes H wird etwas Äther hineingelassen. Das Quecksilber sinkt dann entsprechend dem Druck des Ätherdampfes. Wird jetzt der Leyboldsche Vakuumhahn L geöffnet, so adsorbiert die Kohle sehr schnell den Äther, und das Quecksilber steigt bis b. Wenn die Kohle vorher durch Erwärmen im Vakuum gut entlüftet war, so entspricht der Druckabfall a b dem Sättigungsdruck des adsorbierten Äthers.

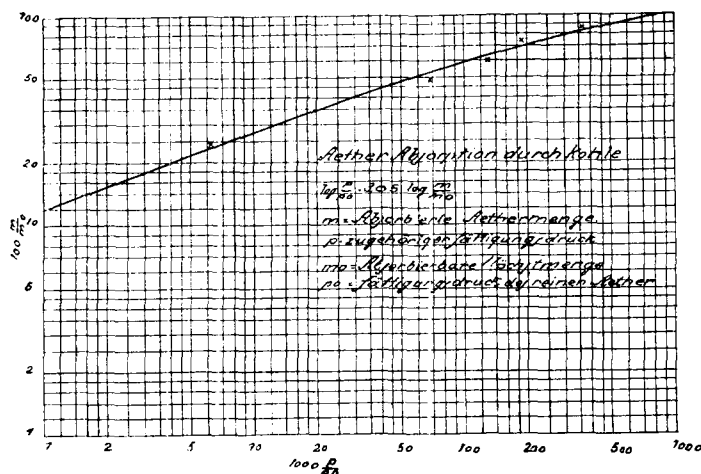


Abb. 5.

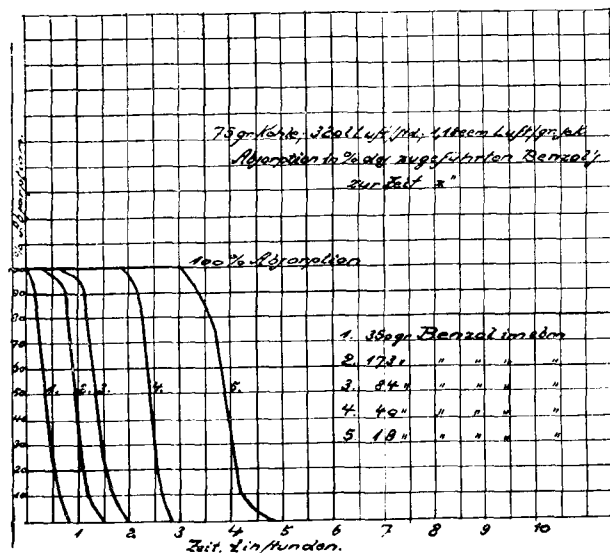


Abb. 6.

<sup>13)</sup> Genau so, wie ein Druck, der auf eine Flüssigkeit ausgeübt wird, eine Dampfdruckerniedrigung hervorruft, muß ein Zug eine Dampfdruckerniedrigung bewirken. Ist P der Druck, der z. B. durch ein Gas auf die Flüssigkeit ausgeübt wird, p der Sättigungsdruck der Flüssigkeit, s ihr spezifisches Gewicht und  $\delta$  die Dichte ihres gesättigten Dampfes, so ist nach Gibbs:

$$\frac{dp}{dP} = \frac{\delta}{s}$$

Beachtet man, daß  $\delta = \frac{p}{RT}$  ist, und integriert die Gleichung nach Einsetzung dieses Wertes, so wird:

$$\ln \frac{p}{p_0} = \frac{P \delta}{s p}$$

$p_0$  ist der Sättigungsdruck, der zu  $P = 0$  gehört.

Ist nun  $\sigma$  die Oberflächenspannung in Dyn/cm, r der Krümmungsradius des Meniskus einer Flüssigkeitssäule, die in einer Kapillare hochgezogen ist, so wird:

$$P = -\frac{2\sigma}{r} \text{ Dyn/cm}^2$$

Für die Dampfdruckerniedrigung einer, in einer Kapillare hochgezogenen Flüssigkeit gilt also die Gleichung:

$$\ln \frac{p}{p_0} = \frac{2\sigma \delta}{p r s}$$

Sie stimmt mit der von Anderson abgeleiteten überein.

Wenn man die Ergebnisse solcher Messungen auf doppeltes Logarithmenpapier aufträgt, sollte man eigentlich gerade Linien erhalten. In Wahrheit erhält man schwach gekrümmte Kurven. Abb. 5 zeigt, daß die Gleichung der Adsorptionsisotherme auch für unsere Kohle nur annähernde Gültigkeit hat. Beim Einzeichnen der Werte ist die Konstante c eliminiert worden, indem festgestellt wurde, wieviel Lösungsmittel die Kohle im Gleichgewicht mit gesättigtem Ätherdampf aufnimmt. Dadurch erhält das Bild eine gewisse Allgemeingültigkeit, denn im Gleichgewicht mit gesättigten Dämpfen der verschiedenen Art nimmt ein Teil Kohle die gleichen Raumteile der verschiedensten Flüssigkeiten auf, wie Alkohol, Äther, Benzol, Schwefelkohlenstoff, Tetrachlorkohlenstoff usw.

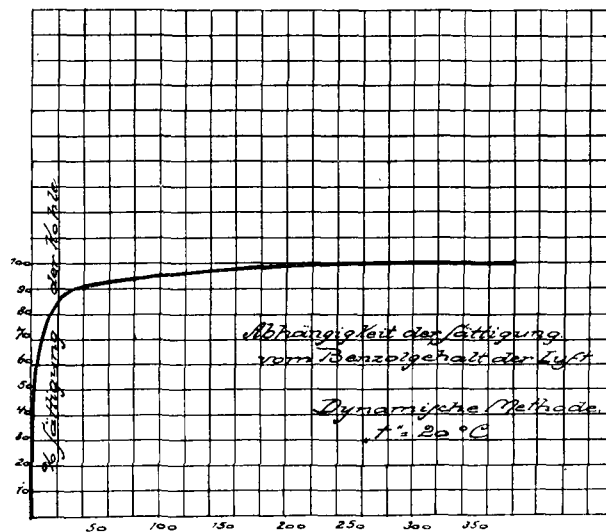


Abb. 7.

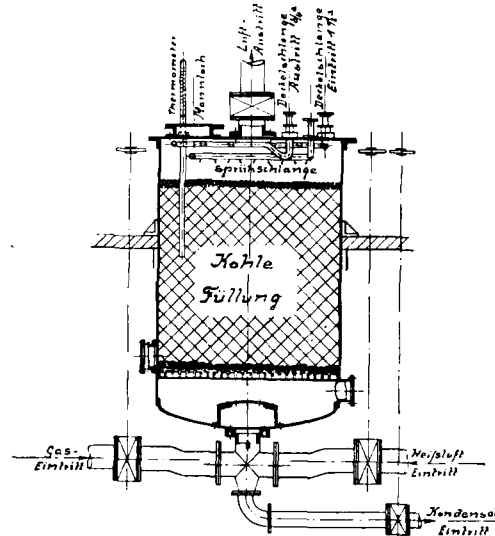


Abb. 8.

Bei der Adsorption aus einem Luftstrom, also der dynamischen Methode, werden diese Zahlen nicht ganz erreicht, da die Luft sich störend bemerkbar macht.

Wenn man durch eine bestimmte Kohlenmenge Luft unter den im großen üblichen Bedingungen hindurchleitet, also so, daß je Kilogramm 3,9 cbm Luft in der Stunde zugeführt werden, so wird zunächst der gesamte Benzolgehalt der Luft adsorbiert und erst, nachdem der größte Teil der Kohle gesättigt ist, entweichen unadsorbierte Dämpfe. Die Einzelheiten ergeben sich aus Abb. 6. Je konzentrierter die zu adsorbierenden Dämpfe sind, um so schneller entweichen die ersten Mengen. Die Versuche wurden fortgesetzt, bis die Kohle gesättigt war. Wenn man die Ergebnisse graphisch aufträgt und die aus gesättigter Luft, die auf 1 cbm 350 g Benzol enthält, aufgenommene Menge gleich 100 setzt, so erhält man die Kurve Abb. 7. Aus dem Verlauf derselben erkennt man, daß die Aufnahmefähigkeit der Kohle in weiten Grenzen von dem Sättigungsgrade der Luft abhängig ist<sup>14)</sup>.

#### Einzelheiten über die Adsorptionsanlage.

Die innere Einrichtung eines Adsorptionskessels zeigt Abb. 8. Der Kessel hat einen Querschnitt von einem oder mehreren Quadratmetern, die Höhe der Kohleschicht beträgt 1 m. Als Unterlage derselben dient ein Sieb. Die mit Dämpfen beladene Luft tritt links

<sup>14)</sup> E. Berl und K. Andress, Zeitschr. f. angew. Chem. 34, 278 [1921].

unten ein; sie entweicht gereinigt nach oben zum Exhaustor, der die Luftförderung besorgt. Bei der umgekehrten Anordnung, wo die Luft durch die Kessel gedrückt wird, sind natürlich leichter Verluste durch Undichtigkeiten möglich. Sobald die Kohle gesättigt ist, wird die Luft auf einen frischen Kessel umgeschaltet und der gesättigte Kessel mit Hilfe der Sprühschlange ausgedämpft. Um ein Durchnässen der Kohle hintanzuhalten, ist der Kessel zu isolieren und außerdem der Deckel durch eine Dampfschlange heizbar. Das ausgetriebene Lösungsmittel gelangt zusammen mit überschüssigem Wasserdampf durch die mit Kondensateintritt bezeichnete Rohrleitung zum Kühler. Das Trocknen der Kohle geschieht durch heiße Luft, die mit Hilfe eines besonderen Ventilators hindurchgeblasen wird. Zu ihrer Erzeugung dient ein Lufterhitzer. Die heiße Luft tritt bei dem Kessel rechts unten ein. Die mit Wasserdampf beladene entweicht durch den Mannlochdeckel, der zu diesem Zweck geöffnet wird. Unter Umständen kann es günstiger sein, auch die heiße Luft von oben nach unten durch die Kohle zu schicken. Zum Schluß wird mit Hilfe desselben Ventilators kalte Luft durchgeblasen, um die Kohle abzukühlen. Dann ist der Kessel wieder fertig zum Gebrauch.

Über die Kosten der Wiedergewinnung ist folgendes zu bemerken: Der Dampfverbrauch beträgt etwa das Achtfache des wiedergewonnenen Lösungsmittels, entspricht also demjenigen bei der Wiedergewinnung von Benzol mit Teeröl. Am besten verwendet man überhitzten Dampf. Je stärker die Überhitzung ist, um so weniger nimmt die Kohle auf; um so schneller geht auch das Trocknen vor sich. Dampf von 180° wird von der Kohle überhaupt nicht aufgenommen, bei seiner Verwendung entfällt daher das Trocknen ganz. Zu beachten ist, daß Dampf von z. B. 5 Atm. nach dem Ausströmen in den Adsorptionskessel natürlich überhitzt ist; denn die Abkühlung infolge der geleisteten inneren und äußeren Arbeit beträgt bei weitem nicht 60°.

Die Löhne sind gering, da die Bedienung der Anlage nur wenige ungelernete Arbeiter erfordert, die die nötigen Kenntnisse sich schnell aneignen können.

Die Abnutzung der Anlage ist gering, und auch die Adsorptionsfähigkeit der Kohle nimmt nach den bisherigen Erfahrungen bei jahrelanger, dauernder Benutzung nicht ab. Die Aufwendungen für Reparaturen sind daher nur klein und die Abschreibungen bleiben in den üblichen Grenzen.

Die Größe der Anlage richtet sich nach der zu bewältigenden Luftmenge, ihrem Gehalt an Lösungsmitteldämpfen und der Art derselben. Spezifisch schwere Flüssigkeiten erfordern unter sonst gleichen Bedingungen kleinere Anlagen als leichte. Die Luftgeschwindigkeit bestimmt in erster Linie den Querschnitt der Kessel. Sie soll 0,20–0,25 m/Sek. nicht überschreiten.

Den richtigen Zeitpunkt zum Umschalten der Kessel stellt man am einfachsten durch den Geruch fest. An die Druckleitung, welche die gereinigte Luft wegführt, wird ein Rohr angeschlossen und in den Raum geleitet, von dem aus die Anlage bedient wird. Von dort aus kann die Bedienung nach Öffnen eines Hahnes durch den Geruch der ausströmenden Luft feststellen, ob noch alles adsorbiert wird oder nicht.

Die Riechbarkeit liegt bei den meisten der in Betracht kommenden Stoffen so niedrig, daß dieses Verfahren allen Anforderungen genügt:

Die Riechbarkeit beginnt für	bei
Chloroform . . . . .	0,0003 g/cbm
Äthyläther . . . . .	0,001 "
Acetaldehyd . . . . .	0,004 "
Amylacetat . . . . .	0,09 "
Methylalkohol . . . . .	0,6 "
Äthylalkohol . . . . .	5,75 "

Über Benzol habe ich keine Angaben finden können.

Wo der Geruch versagt, muß man zu chemischen Reaktionen oder zum Interferometer greifen.

Das Ausdämpfen, Trocknen und Kaltblasen erfordert etwa acht bis zehn Stunden. Diese Zeit muß bei Bemessung der Größe der Anlage berücksichtigt werden. Im übrigen kann man sich durch Zahl, Größe und Schaltung der Kessel den an die Anlage gestellten Anforderungen weitgehend anpassen. Bei Stillständen erfordert sie keinerlei Wartung; sie ist bei Wiederbeginn der Arbeit sofort wieder betriebsbereit, ohne daß große Vorbereitungen nötig sind.

#### Schluß.

Das Bayer-Verfahren unterscheidet sich von allen anderen dadurch, daß es ganz allgemein anwendbar ist. Selbst tiefsiedende Stoffe, wie Chlormethyl, werden gut aufgenommen. Es kann als einziges dazu dienen, die Benzolkohlenwasserstoffe restlos aus dem Leuchtgas zu gewinnen. Schwefelwasserstoff wird unter Vermittlung der Kohle durch Luft quantitativ zu Schwefel verbrannt und dieser kann dann durch Extraktion aus der Kohle gewonnen werden. Auch noch manche andere Reaktionen werden durch die Kohle beschleunigt.

Das Bayer-Verfahren ist also ein Beispiel dafür, wie in scheinbar abgetanen „ollen Kamellen“ wirtschaftliche Möglichkeiten schlummern, die nur des Chemikers harren, der sie aus ihrem Dornröschenschlaf weckt. Es scheint berufen zu sein, ein wichtiges Hilfsmittel für unsere Industrie und damit beim Wiederaufbau zu werden.

[A. 149.]

## Personal- und Hochschulschriften.

Ehrungen: Ingenieur F. Herle, Chefredakteur der Zeitschrift für Zuckerindustrie, Prag, ist von der Tschechischen Technischen Hochschule in Prag zum Ehrendoktor der Technischen Wissenschaften ernannt worden. — Die Technische Hochschule Dresden hat Geh. Kommerzienrat Schleber, Reichenbach i. V. aus Anlaß seines 50jährigen Geschäftsjubiläums in Anerkennung seiner Verdienste auf dem Gebiete der Veredelung der Textilwaren die Würde eines Dr.-Ing. e. h. verliehen.

Prof. J. W. Nicholson wurde zum Präsidenten der Röntgen Society gewählt.

Es wurden berufen: F. S. Edie, Dozent für Biochemie an der Aberdeen Universität, in gleicher Eigenschaft an die Universität Kapstadt; Dr. R. Seeliger als o. Prof. auf den Lehrstuhl der Physik an der Universität Greifswald als Nachfolger des Prof. A. Bestelmeyer.

Einen Lehrauftrag erhielt: Prof. Dr. E. Mannheim, Privatdozent für Chemie an der Universität Bonn zur Vertretung der Wasser- u. Harnanalyse, sowie der Methoden der Sterilisierung von Arzneimitteln.

Es habilitierte sich: Dr. phil. F. Hein, Oberassistent am Laboratorium für angewandte Chemie und Pharmazie der Universität Leipzig, in der mathematisch-naturwissenschaftlichen Abteilung der Philosoph. Fakultät daselbst.

Gestorben sind: D. Brown, Mitinhaber der Fa. J. F. Macfarlan & Co., Chemikalienfabrik, Edingburgh am 21. 6. im Alter von 80 Jahren. — Dr. F. Herrmann, früher Assistent am pharmazeutischen Institut der Universität Berlin, in Bad Kösen im Alter von 55 Jahren. — Prof. K. Kolesch, Mineraloge, in Jena, im Alter von 60 Jahren. — Geh. Rat Prof. Dr. O. Schmiedeberg, früher Prof. und Direktor des pharmakologischen Instituts an der Universität Straßburg, in Baden-Baden im Alter von fast 83 Jahren.

## Bücherbesprechungen.

**Biochemie der Pflanzen.** Von Prof. Dr. Friedr. Czapek. 2., umgearb. Aufl., 2. u. 3. Bd. Jena, Verl. Gustav Fischer. 1920 u. 1921. 2. Bd. XII u. 541 S. Preis geh. M 66,—, geb. M 77,—. 3. Bd. IX u. 852 S. Preis geh. M 110,—, geb. M 122,—.

Mit vorliegenden beiden Bänden hat die zweite Auflage dieses ausgezeichneten Werkes ihren von allen Interessenten mit Spannung erwarteten, durch die Kriegszeit leider so lange verzögerten Abschluß gefunden. Freilich haben wir heute keinen Grund mehr, diese Verzögerung zu beklagen, da Verfasser es sich angelegen sein ließ, den umfangreichen Literaturstoff auch der Kriegsjahre mit hineinzuverarbeiten, was besonders hinsichtlich der noch immer so schwer erreichbaren ausländischen Zeitschriften gar nicht dankbar genug anerkannt werden kann.

Der gewaltige Stoff der „Speziellen Biochemie“, der solchergestalt verarbeitet wurde, gliedert sich in folgende Hauptteile (betrifft des 1. Bandes sei auf die Besprechung in Angew. Chem. 28, III, 100 [1915] verwiesen):

2. Bd.: III. Die Proteide im pflanzlichen Stoffwechsel. IV. Die Mineralstoffe im pflanzlichen Stoffwechsel.

3. Bd.: V. Die Atmungsvorgänge im Pflanzenorganismus. VI. Stickstoffhaltige Ausscheidungsprodukte des pflanzlichen Stoffwechsels. VII. Die stickstofffreien cyclischen Kohlenstoffverbindungen im Stoffwechsel der Pflanzen. Den Schluß bilden „Nachträge, Ergänzungen und Berichtigungen“, die sich besonders auf den schon vor acht Jahren abgeschlossenen ersten Band erstrecken und diesen dadurch auf den gleichen Stand wie die beiden letzten Bände bringen. Nicht unerwähnt sei das mit großer Sorgfalt hergestellte Sachregister, das die Brauchbarkeit des Werkes ganz wesentlich erhöht. Außer den Vertretern der physiologischen Chemie darf allen Agrikultur- und pharmazeutischen Chemikern das Werk dringlichst zur Anschaffung empfohlen werden.

Scharf. [BB. 191 u. 45.]

**Lehrbuch der Lüftungs- und Heizungstechnik mit Einschluß der wichtigsten Untersuchungsverfahren** von Dipl.-Ing. Dr. Ludwig Dietz. Zweite Auflage. München und Berlin 1920. R. Oldenburg.

Preis geh. M 63,—; geb. M 75,—.

Die zweite Auflage der „Ventilations- und Heizungsanlagen“, die unter vorstehendem Titel der Fachwelt vorliegt, zeichnet sich vor allem dadurch aus, daß der Autor der neueren Entwicklung des Heizungsfaches, die sich im engen Anschluß an den Maschinenbau äußert, entsprechend Rechnung trägt. Ein weiteres Kennzeichen der Neubearbeitung ist die ausführliche Behandlung der Meßmethoden in der Heizungs- und Lüftungstechnik. Der Verfasser sagt mit Recht in seiner Einleitung zu dieser Auflage: „Die Meßgeräte bilden überhaupt erst den Schlüssel für das Verständnis der einzelnen Anlage und ihrer wirtschaftlichen Wertung“ und weist darauf hin, daß erst die Einführung der messenden Betriebsführung beim Bedienungspersonal eine seelische Anteilnahme an seiner Tätigkeit geweckt hat. Ein guter Teil der Meßmethoden entstammt eigenen Forschungen des Verfassers. Aber auch die sonstigen Forschungsergebnisse und die technische Literatur sind bis zu den neuesten Erscheinungen entsprechend berücksichtigt. — Als Techniker würde Referent noch anregen, die Ventilation von Fabrikräumen, besonders chemischer Fabriken in der folgenden Auflage eingehender zu behandeln. Sind dies auch Spezialfälle, so kommen sie doch häufig in Frage. — Im übrigen muß das Werk, in welchem eine große Anzahl von besonderen Ausführungen beschrieben ist, auf das wärmste empfohlen werden. Die Ausstattung ist sehr gut.

Fürth. [BB. 11.]