

**Zeitschrift:** Prisma : illustrierte Monatsschrift für Natur, Forschung und Technik  
**Band:** 4 (1949)  
**Heft:** 2

**Artikel:** Ausnützung von Oberflächenkräften  
**Autor:** Hausen, J.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-653481>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 06.10.2024

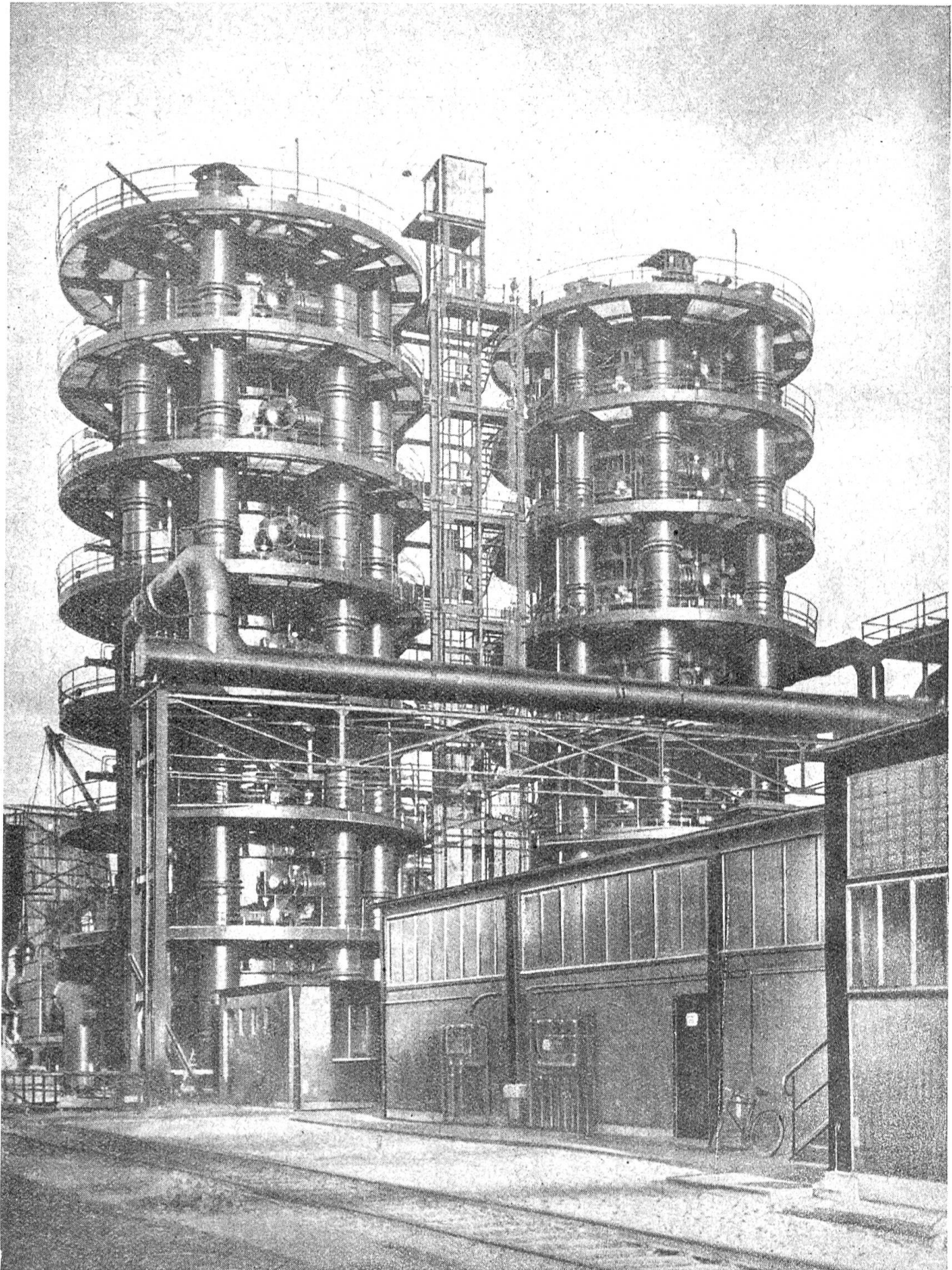
**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## Ausnützung von Oberflächenkräften

Es ist für jede Hausfrau, die mit offenen Augen und Sinn für das Ungewöhnliche durch die Welt geht, ein immer wieder eindrucksvolles kleines Erlebnis, wie sich beim Färben irgendeines Kleidungsstückes die ursprünglich tiefdunkle Farbbrühe, die Flotte, wie der Färber sagt, mehr und mehr aufhellt und schließlich völlig farblos und wasserhell wird, während sich der Farbstoff, wie von Zauberhand gelenkt, auf dem Stoff niederschlägt und ihn intensiv anfärbt. Was eigentlich geschieht, wenn der Farbstoff in dieser Weise direkt auf der Faser „aufzieht“, ist noch nicht völlig geklärt. Oft haben Textilien ein beträchtliches Lösungsvermögen für Farbstoffe, oft gehen sie auch chemische Bindung mit ihnen ein. In vielen Fällen aber, etwa bei Baumwolle und den meisten Kunstseidearten, werden die Farbstoffe fast nur an der Oberfläche festgehalten, und der Färbvorgang ist hier das, was der Physikochemiker eine Adsorption nennt. Körper mit großer Oberflächenentwicklung, wozu auch die Faserstoffe zählen — ihr „Anziehungsvermögen“ für Gerüche ist ein drastischer Beweis dafür —, haben die merkwürdige Fähigkeit, Gase oder Dämpfe oder auch gelöste Stoffe an ihrer Oberfläche festzuhalten, sie gewissermaßen an sich heranzusaugen und damit aus dem Medium, in dem sie enthalten sind, herauszuholen. Der physikalische Grundvorgang der Adsorption und die in ihm wirkenden Kräfte sind seit langem Gegenstand theoretischer Erörterungen, die zu eingehenden thermodynamischen Auseinandersetzungen geführt haben. Indessen bedient sich die Technik seit Jahrzehnten in steigendem Maße der praktischen Möglichkeiten, die der scheinbar so einfache Vorgang bietet, und erschließt ihm immer neue Verwendungsgebiete. Die ungewöhnliche Mannigfaltigkeit der „Adsorptionstechnik“ reicht bei den technischen Adsorptionsmitteln von der Aktivkohle über die Bleich- oder Fullererde, über aktive Kreide, Kaoline, Bauxite und Magnesia bis zur hochporösen Kieselsäure (Silikagel), und führt auf dem Verwendungsgebiet von der Lösungsmittelrückgewinnung über die Reinigung industrieller Gase, die Lufttrocknung und die Wasserreinigung bis zur „carbo medicinalis“, dem

bewährten Mittel gegen Darmverstimmung und Katzenjammer.

In größtem Umfange hat Aktivkohle während der beiden Weltkriege als Gasmaskenfüllung Verwendung gefunden, und die gesamte Adsorptionstechnik erhielt durch diese Entwicklung einen gewaltigen Auftrieb, der auch anderen Anwendungsgebieten zugute gekommen ist. Die Adsorptionsleistungen der Aktivkohlesorten sind je nach Herkunft sehr verschieden, und es gehört viel Wissen und Können dazu, Adsorbentien zu schaffen, die bestimmte Aufgaben erfüllen. Die Aufgabe der Gasmasken, der militärischen wie der industriellen, aus einem Luftstrom die für die Atemorgane schädlichen Gase und Dämpfe, die oft nur in kleinsten Mengen darin enthalten sind, herauszuholen, ist für die Industrie überall da ein Problem von oft entscheidender Tragweite, wo sich bei Arbeitsprozessen die Luft mit flüchtigen Lösungsmitteln anreichert. Hier kommt es nicht darauf an, die Luft zu reinigen, sondern das wertvolle Lösungsmittel wiederzugewinnen. Heute werden Millionen Tonnen an Lösungsmitteln jährlich mit Adsorbentien zurückgewonnen; allein in Amerika beträgt die Kapazität der Rückgewinnungsanlagen, die vielfach automatisch arbeiten, 450 000 Tonnen Lösungsmittel im Jahr. Das industrielle Schwergewicht liegt in der Azetatkunstseiden-Industrie, aber auch die amerikanische Sprengstoffindustrie hat während des Krieges von der Kohleadsorption reichen Gebrauch gemacht und konnte im Jahre 1943 auf diesem Wege allein fast 190 000 Kubikmeter Äthylalkohol im Werte von 41 Millionen Dollar zurückgewinnen. Daran waren fast alle 26 automatisch betriebenen Wiedergewinnungsanlagen Amerikas beteiligt, in denen im ganzen 95 Absorber für einen Durchsatz von 45 000 Kubikmeter dämpfebeladener Luft in der Minute und mit einer Rückgewinnungsgeschwindigkeit von 22 000 Kilogramm in der Stunde bei einem Wirkungsgrad von über 95 Prozent arbeiten. Eine speziell europäische Entwicklung ist die Gewinnung der im Leuchtgas enthaltenen Kohlenwasserstoffdämpfe mit Hilfe der Kohleadsorption an Stelle des Auswaschens dieser Dämpfe mit Waschölen.



*Benzin-Gewinnungsanlage mit den zugehörigen automatischen Apparaten in einem Synthesewerk*

Dieses Verfahren hat mehrere Vorteile. Zunächst werden keine Waschöl-Bestandteile in den Gasstrom eingeführt. Ferner wird ein reines Gas gewonnen, das frei von Naphthalin ist und nur geringen Gehalt an organisch gebundenem Schwefel, an Blausäure und verharzten Kohlenwasserstoffen aufweist und schließlich wird auch der Schwefelwasserstoff, der etwa das normale, zu seiner Abtrennung bestimmte Reinigungssystem passiert, abgefangen. Für erdölarmer Länder ergibt sich der Vorteil, daß sie kein Waschöl einzuführen brauchen. Eine der größten Anlagen dieser Art arbeitet in England (Beckton), sie kann in 24 Stunden rund 75 000 Liter Benzol aus fast zwei Millionen Kubikmeter Leuchtgas extrahieren. Die Betriebsdaten zeigen eine Ausbeute an Benzol von 90 bis 95 Prozent, das ist die gleiche wie bei den Ölwaschtürmen. Die Betriebskosten beider Verfahren, der Ölwaschung und der Adsorption, sind, auch wenn der Aktivkohle-Verbrauch eingerechnet wird, etwa die gleichen. Die Reaktivierung oder Erneuerung der Aktivkohle ist ein erheblicher Faktor der Betriebskosten. Man rechnet damit, daß ein Kilogramm Aktivkohle annähernd 175 Kilogramm Benzol adsorbieren kann, bevor seine Reaktivierung oder Erneuerung erforderlich wird. In Europa gewinnt man auf diesem Wege auch Benzin aus Erdgas, und aus den Gasen der Fischer-Tropsch-Benzinsynthese wie der katalytischen Cracking von Erdölprodukten holt man die schwereren Bestandteile wie Butan und Propan heraus. Bisweilen führt man auch Gastrennungen, wie etwa die Trennung von Wasserstoff und Methan, auf diese Weise durch. Das führt zur Gasreinigung zurück. Kohlensäure, die für Trockeneis Verwendung finden soll, wird durch Aktivkohle geruchsfrei gemacht, Wasserstoff und Acetylen für die Synthese werden so gereinigt, Ammoniak zur Salpetersäureoxydation wird von Pyridin und anderen Verunreinigungen befreit.

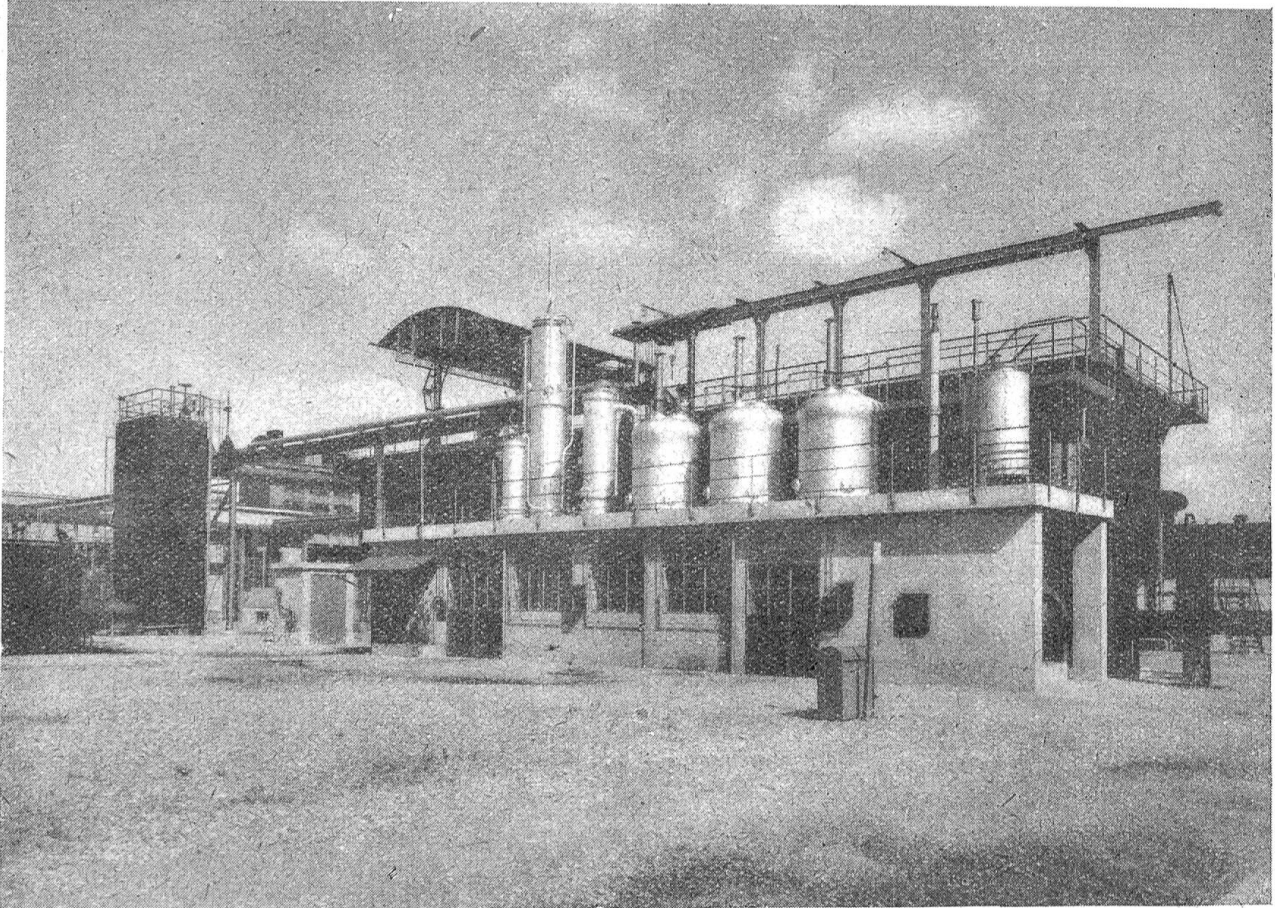
In größtem Umfang aber macht man von Adsorption für die Luftreinigung Gebrauch. Die Abluft von Restaurants und Fabriken in dichtbesiedelten Gebieten kann durch Aktivkohle von lästigen Gerüchen und Verunreinigungen befreit werden; oft reinigt man auch die Frischluft von schädlichen Verunreinigungen wie Schwefelverbindungen, so etwa für die Belüftung der Betriebsräume von Filmfabriken oder auch von automatischen Wählerzentralen, wo gegen Beschlagen und Oxydation empfindliche Präzisionsapparate zu schützen

sind. Auch Sammlungen wertvoller Bücher und Manuskripte sollen sich in durch Kohleadsorption gereinigter Luft besser halten. Reifende Äpfel geben bei der Lagerung Gase ab, die ihre Lagerfähigkeit verkürzen und ihnen ein „verbranntes“ braunes Aussehen geben. Auch nehmen sie während der Lagerung leicht Gerüche an, die von Baumaterialien (Fichtenholz) oder auch anderen Lagergütern (Zwiebeln und dergleichen) stammen. Läßt man die Luft der Lagerräume über Aktivkohle zirkulieren, so werden diese Gase beseitigt und die Gefahren für die Lagerung vermieden. Bei Klimatisierungsanlagen befreit man mit Hilfe der Adsorption einen Teil der Abluft von Gerüchen, so daß man diese Luft wieder zurückführen kann. Die Anreicherung der „verbrauchten“ Luft an Kohlensäure und ihre Verarmung an Sauerstoff ist nämlich, verglichen mit der Beladung an lästigen Geruchsstoffen, ziemlich gering. Beseitigt man diese, so kann man wenigstens einen Teil der Abluft sozusagen als „Frischluft“ in den klimatisierten Luftkreislauf zurückführen, was während der Heizzeit eine erhebliche Ersparnis an Wärme bedeutet. Bei den dreißig Klimatisierungsanlagen, die das New Yorker Kriminalgebäude versorgen, konnte dadurch beispielsweise der Frischluftbedarf um 2800 Kubikmeter je Minute verringert werden, und die Heizleistung ließ sich um zweieinhalb Millionen Wärmeeinheiten je Stunde herabmindern. Bei der Klimatisierung von Eisenbahnwagen war es durch Luftreinigung mit Aktivkohle möglich, die je Fahrgast verfügbare „Frischluftmenge auf das Dreifache zu steigern. Dabei macht die Luftreinigung hier nur zwei Prozent der gesamten Klimatisierungskosten aus. Von großer Bedeutung wurde die Geruchsbeseitigung während des Krieges bei Transportflugzeugen für Verwundete, wo die Gerüche und Ausdünstungen der Wunden leicht untragbare Verhältnisse hervorrufen. Man ging in Amerika dazu über, die Luft unter den Bettdecken der Patienten abzusaugen und durch Aktivkohlebehälter zu führen. Ein ähnliches Ergebnis soll man auch dadurch erreichen können, daß man dem Gips für Gipsverbände Aktivkohle beimischt oder Verbände aus mit Aktivkohle getränktem Stoff anlegt. Man glaubt, daß diese im Kriege entwickelten Verfahren jetzt vielleicht auch für Krankenhäuser Bedeutung erlangen können.

Der Luftreinigung ist die Lufttrocknung nahe verwandt; hier bedient man sich hauptsächlich des Silikagels, der aktiven Tone

oder Kaoline oder aktivierter Bauxite als Adsorbentien. Eine der bedeutendsten Anwendungen, die diese neuerdings gefunden haben, ist die als Trockenmittel in Verpackungen, wenn Feuchtigkeitsschäden während der Lagerung und des Transportes empfindlicher Güter vermieden werden sollen. Das Verpackungsgut wird dann in einem für Wasser-

niedrigen Feuchtigkeitsgehalt der Stratosphäre zu trocknen. In Amerika sind Adsorptionstrockner mit einer Leistung von drei Tonnen Luft je Minute für diese Zwecke in Betrieb. Pharmazeutischen Produkten, die Feuchtigkeit anziehen, setzt man allerfeinstes Silikagel zu, um sie vor dem Zusammenbacken zu schützen. Empfindliche Präparate, wie Penicillin, müs-



*Benzolgewinnungsanlage in einem Gaswerk (Benzorben-Anlage)*

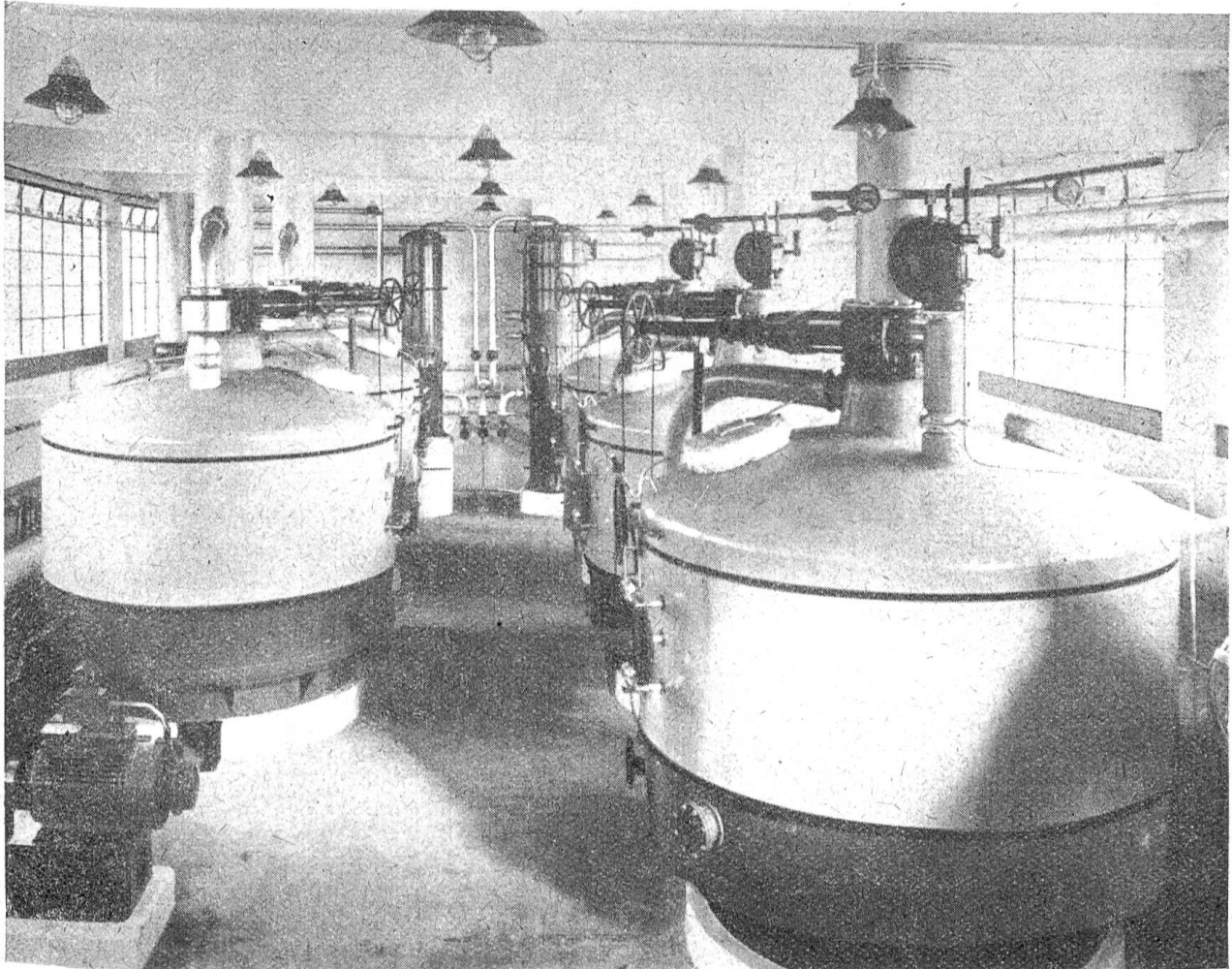
dampf undurchlässigen Behälter untergebracht, in den ein Tuchbeutel oder Drahtnetzbehälter mit Silikagel hineinkommt. Das Gel saugt die Feuchtigkeit aus der im Verpackungsbehälter eingeschlossenen Luft auf und verhindert so das Rosten, Stockigwerden oder die Fäulnis des verpackten Gutes. Vom Feuchtigkeitsschutz durch Adsorption macht die amerikanische Marine in großem Umfange bei ihren Schiffen Gebrauch, um Schiffsräume und Ladungen vor Feuchtigkeitsschäden zu bewahren. Eine andere interessante Anwendung besteht bei den Windkanälen der Luftfahrtforschung, bei denen es, wenn Versuche mit Überschallgeschwindigkeit ausgeführt werden, unerlässlich ist, die im Kanal strömende Luft auf den

sen in getrockneter Luft abgefüllt und verpackt werden.

In gleicher Weise wie aus Gasen vermögen die Adsorbentien auch aus flüssigen Medien Verunreinigungen herauszuholen. Das bekannteste Beispiel ist die Entfärbung von Zuckerklösungen mit Knochenkohle in der Rübenzuckerraffination und die Anwendung von Bleicherden für ähnliche technische Entfärbungsprozesse. Die Beispiele lassen sich stark vermehren. So werden industrielle Chemikalien, Pharmazeutika, tierische und pflanzliche Fette und Öle, alkoholische Getränke und eine Reihe von Produkten der Lebensmittelindustrie in dieser Weise gereinigt. Ursprünglich war die Entfärbung der Hauptzweck der Aktivkohle-

Behandlung von Flüssigkeiten; heute wird oft das Schwergewicht auf die Beseitigung farb- loser Beimengungen und Verunreinigungen ge- legt, die zahlreiche Schwierigkeiten wie etwa starkes Schäumen, Verzögerung von Filtra- tionsprozessen, schlechtes Kristallisieren nach sich ziehen oder auch den Ablauf chemischer Reaktionen behindern. Zur Geschmacks-

gemacht werden. Im Kreislauf benutzte Flüs- sigkeiten wie die Waschmittel der chemischen Reinigung oder die Bäder galvanotechnischer Anstalten befreit man durch Aktivkohle von Verunreinigungen. Erdölprodukte werden viel- fach durch Fullererde entfärbt, entwässert und neutralisiert. In gleicher Weise reinigt man Turbinenschmieröle und Transformatorenöle.



*Benzinrückgewinnungsanlage in einer Großdruckerei*

und Geruchsbeseitigung aus Wasser für die öffentliche Versorgung haben während der letzten fünfzehn Jahre mehr als tausend Gemeinden in Amerika die Aktivkohleadsorp- tion eingeführt. Diese starke Zunahme ist hauptsächlich auf die wirksame Geruchsbesei- tigung durch dieses Verfahren und auf die ge- ringen Kosten, mit denen es arbeitet, zurück- zuführen. Man rechnet in Amerika mit einem Aufwand von nur zwei Cents je Kopf und Jahr. Aus Kokereiabwässern können durch Adsorp- tion die für den Vorfluter schädlichen Phenole herausgeholt und der Verwendung zugänglich

Als Füllstoff für insektizide Verstäubungsmi- tel, als Bohrschlamm-Komponente für Erdöl- bohrungen, sogar als Streu für Hühnerställe ist dieses Adsorbens von Wert. Der Aktiv- kohle bedient man sich in der Technik bis- weilen auch, wo es sich darum handelt, wert- volle Stoffe, die in sehr geringen Konzentra- tionen in Lösungen vorliegen, anzureichern. Bei- spielsweise kann man das Gold der Cyanid- laugerei in dieser Weise anreichern oder aus Salzlaugen, wie sie bei der Erdölgewinnung ge- legentlich anfallen, Jod gewinnen. Auch zur Gewinnung biologischer Stoffe hat man das

Verfahren herangezogen. Penicillin, das in den Nährlösungen der Mikroorganismen, von denen es gebildet wird, nur in geringsten Konzentrationen vorliegt, wird leicht an Aktivkohle adsorbiert und kann mit einer geeigneten Lösung, beispielsweise einer gesättigten Lösung von Amylacetat in Wasser oder mit achtzigprozentiger Acetonlösung, aus der Kohle ausgewaschen werden. Durch dieses Verfahren wird die Penicillin-Konzentration auf das Dreis- bis Sechsfache erhöht. Das Verfahren ist heute durch die Extraktion des Penicillins mit einem Lösungsmittel unmittelbar aus der Nährlösung überholt. Aber bei einem verwandten Produkt, dem Streptomycin, hat der Adsorptions- und Auswaschprozeß in die großtechnische Produktion Eingang gefunden.

Für die Forschung haben die Adsorbentien in dem modernen Verfahren der sogenannten Chromatographie hohe Bedeutung erlangt. Es geht auf eine Beobachtung eines russischen Botanikers um die Jahrhundertwende zurück. Der Gelehrte hatte einen Extrakt hergestellt, der mehrere Pflanzenfarbstoffe nebeneinander enthielt. Als er die Lösung durch ein Rohr mit Kreide filtrierte, bildeten sich in der Säule des weißen pulverigen Materials mehrere verschieden gefärbte Zonen aus, die sich beim Nachwaschen mit Lösungsmittel noch mehr gegeneinander absetzten. Eine Untersuchung der einzelnen Schichten zeigte dann, daß das Farbstoffgemisch durch die Kreidesäule in seine einzelnen Bestandteile zerlegt worden war. Der kohlen saure Kalk hielt manche Farbstoffe besser, andere schlechter fest. Erst drei Jahrzehnte später hat ein deutscher Forscher, Ri-

chard Kuhn, dieses Verfahren sozusagen neu entdeckt. Er suchte nach einem einerseits spezifischen, andererseits möglichst schonenden Trennungsvorgang für die sehr empfindlichen Vitamine und hatte mit der Chromatographie einen vollen Erfolg. Das Verfahren hat sich rasch in die Laboratoriumspraxis eingeführt und steht heute den klassischen Trennungsvorgängen der Chemie ebenbürtig zur Seite. Es beschränkt sich übrigens längst nicht mehr auf gefärbte Stoffe, sondern kann auch auf ungefärbte Substanzen angewandt werden. Will man beispielsweise aus einem Gemisch verschiedener ungefärbter Substanzen eine einzelne isolieren, so setzt man einen Farbstoff zu, der die gleichen Adsorptionseigenschaften hat wie die gewünschte Substanz. Die von diesem Farbstoff angezeigte farbige Zone enthält dann den abzutrennenden Körper. Den „Indikator-Farbstoff“ wäscht man schließlich wieder aus. Manchmal ist es auch möglich, den gesuchten Stoff in farbige Abkömmlinge überzuführen und ihn dadurch für die Chromatographie geeignet zu machen. In anderen Fällen beleuchtet man die Säule nach beendeter „Entwicklung des Chromatogramms“ mit Ultraviolettlicht und unterscheidet die einzelnen Stoffe an ihrer Fluoreszenz. Schließlich kann man auch die Säule in einzelne dünne Schichten zerlegen und diese einzeln untersuchen, um so die Grenzen zwischen den verschiedenen Zonen ausfindig zu machen. Immer aber ist es möglich, einzelne Stoffe nicht nur in der chromatographischen Säule festzuhalten, sondern sie auch wieder aus der Säule auszuwaschen.

*Dr. J. Hausen, Berlin*

## Diatomeen im Elektronenmikroskop

Der unermessliche Formen- und Strukturreichtum der Natur offenbart sich auf kaum einem anderen Gebiet so überzeugend wie in der eng begrenzten Flora der Bacillariaceen mit ihren über zweitausend bekannten Kieselalgen oder Diatomeen-Arten. Die Diatomeen weisen in ihrer morphologischen Gestaltung eine Variabilität auf, die schon den mit dem Lichtmikroskop bewaffneten Forscher und Naturfreund immer wieder überraschte und entzückte. Dabei ist das Lichtmikroskop durchaus nicht imstande, besonders bei den kleineren Arten, die Strukturen auch nur annähernd wie-

derzugeben. Hier hat das Elektronenmikroskop mit seiner dem Lichtmikroskop weit überlegenen Leistung ein dankbares Betätigungsfeld gefunden.

Die Diatomeen sind eine Gruppe von einzelligen Algen, die einen Kieselpanzer besitzen, der in der Regel wie zwei aneinandergelagerte Schachteldeckel den Zellinhalt umschließt und durch „Gürtelbänder“ zusammengehalten wird; ihr Protoplasma enthält meist einen gelblichen Farbstoff, das Diatomin, der bei der Assimilation die gleiche Rolle spielt wie das Blattgrün bei den Pflanzen. Die Di-