

## Schädliche Abgase, Gerüche und Staub.

Fortschritte in ihrer Erkennung und Beseitigung, 1920—1930.

Von Dr.-Ing. ERNST SCHLENKER, Berlin.

(Eingeg. 4. März 1932.)

**Inhalt:** **Vorbemerkung.** — **Wirkung auf menschlichen und pflanzlichen Organismus.** — **Arten und Entstehung** (Akrolein, Arsenverbindungen, Chlorverbindungen, fäulnisfähige Materialien, Fluorverbindungen, Gerüche verschiedener Art, giftige Gase, Schwefelverbindungen, Staub). — **Abhilfe** (Waschen mit Wasser, Lösungen und Lösungsmitteln; verschiedene chemische Verbindungen und Gase; Verbrennung der Geruchsstoffe; mechanische Vorrichtungen, Absorption, Filter u. dgl.; biologische Verfahren; Vorbeugungsmaßnahmen). — **Gesetzliche und behördliche Maßnahmen.** — **Nachweis.** — **Literatur.**

**Vorbemerkung:**

Schädliche oder lästige — die Grenze ist nicht leicht zu ziehen (vgl. unten) — Abgase bilden die regelmäßige Begleiterscheinung zahlreicher chemischer Prozesse. Soweit sie der unmittelbaren Umgebung, Menschen und Material, nachteilig werden können, sorgen Unternehmer, Berufsverbände und Behörden für den erforderlichen Schutz. Mit der Entfernung von der Entstehungsstelle und der daraus folgenden Verdünnung steigen die Schwierigkeiten einer erfolgreichen Bekämpfung und im gleichen Maße sinken die Möglichkeiten für eine gesetzliche Regelung oder ein behördliches Eingreifen, da wirtschaftlich untragbare Vorschriften, beispielsweise zur Geruchsvernichtung, als unbillig empfunden werden würden. Bei dem für seinen Betrieb verantwortlichen Chemiker pflegt das Thema „im übeln Geruch“ zu stehen, weil es für ihn und das durch ihn vertretene Unternehmen häufiger Anlaß zu unerquicklichen Auseinandersetzungen mit Anwohnern und Fischereibesitzern ist, in glücklicherweise seltenen Fällen sogar die Schließung des Betriebes angedroht wird und die vorhandene Buchliteratur ihm keine Übersicht über die bisher zur Abhilfe zur Verfügung stehenden Mittel bietet. Auch die Jahresberichte der Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie und die entsprechenden der Gewerbeaufsichtsämter befassen sich fast ausschließlich mit dem unmittelbaren Arbeitsschutz. Die für ihn wichtige Behandlung der direkt oder durch Vermittlung der den Betrieb verlassenden Abwässer in den Luftraum der weiteren Umgebung gelangenden Gerüche, Gase und Dämpfe soll daher im nachfolgenden, wohl zum ersten Male, einigermaßen umfassend dargestellt werden an Hand einer Literaturübersicht über die für die Behandlung des gewählten Themas recht fruchtbaren Jahre 1920 bis 1930. Die Rechtfertigung dafür, einen weiteren Kreis von Fachgenossen mit diesen ihm ferner stehenden Problemen zu beschäftigen, mag darin erblickt werden, daß ohne die Mitarbeit des Fachchemikers jeder Richtung ein Fortschritt nicht erzielt werden kann, und daß es sich um ein Gebiet handelt, dessen Bedeutung für die Volksgesundheit nicht unterschätzt werden darf (vgl. den Abschnitt „Wirkungen“).

**Wirkung auf menschlichen und pflanzlichen Organismus.**

Zur Einleitung mögen einige Zitate von höchst kompetenter Seite dienen. Stoklasa führt in einem Festvortrag auf dem Internationalen forstlichen Kongreß in Rom 1926 aus: „Der Gehalt von schädlichen Gasen in der Luft von Industriegebieten, Bergwerken und Großstädten steigt von Jahr zu Jahr, und wenn die einzelnen Staaten nicht eingreifen, so ist die Gefahr vorhanden, daß die Entwicklung der gesamten Pflanzen- und Tierwelt sowie auch der Bevölkerung in solchen Gebieten vollkommen zurückgeht (1).“ Wernicke äußert sich: „Jeder Mensch spürt irgendwie die verunreinigte Luft. Sie ist nach Ansicht von klinischer Seite eine Ursache für Katarrhe der Luftwege. Für mich besteht gar kein Zweifel, daß gerade die Mischung der verschiedenen schädlichen Gase, von denen jedes für sich allein in der Verdünnung, wie es sich in der Luft im Freien vorfindet, weniger aggressiv ist, in ihrer Gesamtheit nachteilig wirken. Aus Tier- und Menschenexperimenten im Laboratorium kann man nicht

bindende Rückschlüsse auf die Wirklichkeit machen, die in ihrer Kompliziertheit im Laboratorium gar nicht nachzuahmen sind.“ Ferner: „Wenn man feststellt, daß die Rauchgase und namentlich die Säuren in ihnen auf die Pflanzenzellen von so verderblicher Wirkung bei chronischer Einwirkung sind, so wird man von vornherein der Ansicht sein müssen, daß auch die zarten Zellen des menschlichen Respirationstraktus geschädigt werden (2).“

An gleicher Stelle (2) nehmen Müller und Voigt Stellung zur Frage der Gesundheitsschädigungen durch Industrieluft. Als sicher nachgewiesen kann man bisher betrachten: Augenschäden durch Kalk, Hüttenstaub und Rauch, akute Schwellungen der Augen und Atmungsorgane. Auch Ohrenerkrankungen hängen indirekt mit diesen Reizungen zusammen. Durch den Nebel der Industriegegenden wird die Stimmung der Bevölkerung ungünstig beeinflußt (3). Weiter bespricht Fruboe die Bedeutung der verunreinigten Luft von Großstädten und Industriebezirken für die menschliche Gesundheit unter Zitierung zahlreicher Literaturstellen (4). Über gesundheitliche Schädigungen durch Gerüche macht Earp Mitteilungen und gibt außerdem eine Übersicht über die bisher unternommenen Versuche, Einteilungen der verschiedenen Gerüche zu machen und die physiologischen Grundlagen für das Zustandekommen einer Geruchsempfindung festzustellen (5). Wahrscheinlich am häufigsten und besonders lästig ist Schwefelwasserstoff als Geruchsquelle. Zudem ist seine Giftwirkung außerordentlich groß, 1,5 Volumteile pro Mille bedeuten bereits Lebensgefahr (6). Er ist nicht weniger giftig als HCN (7). Die grundlegenden Angaben von Lehmann<sup>1</sup>) über die Giftigkeit von H<sub>2</sub>S bei verschiedenen Konzentrationen hat Haggard vor einigen Jahren nachgeprüft und vollkommen bestätigt gefunden (8). Weniger bekannt ist die sich aus Tierversuchen ergebende narkotische und schleimhautreizende Wirkung des Acroleins, das sogar schon zu einem Todesfall Veranlassung gegeben hat (9). Über die Symptome der Vergiftung mit Schwefelkohlenstoffdämpfen und die darüber vorhandene Literatur berichtet Voitel (10). Bei länger sich fortsetzender Einwirkung ist Geistesstörung die Folge. Mit dem Schwefelwasserstoff hat es die Reizwirkung auf die Augenschleimhaut schon bei geringen Konzentrationen gemeinsam. Vergiftungen durch Acetylen, Amylacetat, Hexalin und dgl. sind bisher, wenigstens in akuter Form, wohl lediglich bei gewerblichen Arbeitern beobachtet worden. Seine besondere Gefährlichkeit scheint das Acetylen dem mit ihm in der Regel vergesellschaftet auftretenden Phosphorwasserstoff zu verdanken (11). Von Kohlenwasserstoffen macht sich weiter höchstens das Benzin einer weiteren Umgebung manchmal unangenehm bemerkbar; eine ausgesprochene

<sup>1)</sup> Arch. Hygiene 1892, 135.

Gefahr bedeutet es aber nur bei fortgesetzter Einatmung (12). Zahlreiche Belegstellen sind selbstverständlich über die Giftigkeit von CO (2, S. 282), nitrose Gase (ebenda S. 285) und andere allgemein als gefährlich anerkannte Gase zu finden, ebenso über die zumindestens erhebliche Störungsscheinungen hervorruhende Wirkung zahlreicher Gase und Dämpfe, die in dem Abschnitt „Arten und Entstehung“ Erwähnung finden; ein näheres Eingehen darauf dürfte sich erübrigen. Als Folge der Einatmung von  $\text{SO}_2$  auch in geringen Mengen treten pathologische Erscheinungen auf, u. a. eine Herabsetzung der natürlichen Fähigkeit der menschlichen Lunge, Bakterien abzutöten (13). Fluorhaltige Abgase werden von den Pflanzen der Umgebung von Aluminiumwerken usw. aufgenommen, damit gefütterte Tiere unterliegen chronischen Krankheiten, die zum Tode führen können (14). In den Knochen der verendeten Tiere findet sich Fluor in abnormalen Mengen. Selbstverständlich bleibt auch eine Wirkung sowohl von  $\text{SO}_2$  als auch HF auf die Pflanzen selbst nicht aus. Die sich damit befassende, außerordentlich umfangreiche Literatur soll nur gestreift werden, weil Parallelen zwischen Schädigungen des pflanzlichen und menschlichen Organismus zumindestens viel Wahrscheinlichkeit haben (s. oben). Heiligengötter beziffert die Schädlichkeitsgrenze für SO<sub>2</sub> auf 3 mg/m<sup>3</sup> (gegen 30 mg für NH<sub>3</sub>, 50 mg für nitrose Gase, 64 mg für Chlor und 110 mg für HCl) (15). Auch andere Autoren machen ausführliche Mitteilungen über Beschädigungen der Vegetation durch Fabrikexhalationen und Fabrikrauch (16, 17), ferner über den Einfluß von Teerdämpfen auf Bodenbakterien und Pflanzenwurzeln (18).

Industriestaub kann endlich, abgesehen von der Ätzwirkung, chemische Reaktionen mit den Zellen und Säften des Körpers eingehen. Falls er unlöslich ist, lagert er sich in Lymphdrüsen und Bindegewebe ab; löslicher Staub wird direkt vom Blut aufgenommen. Auch über den Magen gelangt er — meist als ionisierte Lösung — in den Körper (19). Von Hausstaub ist bekannt, daß er als Asthmaerreger fungieren kann (20), aber auch die anderen Staubarten haben ungünstigen Einfluß auf die Gesundheit von Mensch, Tieren und Pflanzen (21). Opitz vermochte in Peine ein Ansteigen der Sterblichkeit nachzuweisen, als diese Stadt ein Jahr lang unter ungewöhnlicher Staubbelästigung durch ein Eisenwerk zu leiden hatte (22). Tunney mißt quantitativ den Verlust an radioaktiver Strahlung in der Atmosphäre und macht dafür die festen Schwebeteilchen verantwortlich, welche von Feuerungen, aber natürlich auch von anderen Staubquellen ausgehen (23).

#### Arten und Entstehung.

Akrolein bildet sich beim starken Erhitzen von Fetten durch Zersetzung des Glycerinradikals. Eine Reihe der unten unter dem Stichwort „Gerüche“ erwähnten Abgase enthalten das stark reizende und gesundheitsschädliche Akrolein. Gelegenheit zur Entstehung bieten besonders Arbeitsprozesse der Lack- und Firnisfabriken, Lackieranstanlagen und ähnlicher Betriebe, ferner die (u. a. in Stearinfabriken übliche) Verzinnung von Blechen durch Eintauchen in eine unter Palmöl geschmolzene Zinnschicht (24). Der typische Geruch beim Destillieren von Fettsäuren hat die gleiche Ursache.

Arsenverbindungen. Beim Rösten arsenhaltiger Mineralien, in metallurgischen Betrieben, beim Lösen von Erzen in Säuren, Auslaugen von Metallschmelzen usw. entwickelt sich Arsenwasserstoff (25). Ein As-Gehalt der Luft von 500 bis 700 Teilen As in 1 Million Teilen Luft, wie er in London auf Veranlassung

einer Beschwerde führenden Nahrungsmittelfabrik festgestellt worden ist, dürfte immerhin zu den Seltenheiten gehören (26). Es ist zu beachten, daß viele Brennstoffe arsenhaltig sind.

Chlorverbindungen. Elementares Chlor kann sich aus Abwässern von Bleichereien und Appreturanstanlagen entwickeln (27), ferner in Betrieben, wo es zu Bleichzwecken gebraucht wird (Schmierseifenherstellung). Die Möglichkeit zur Entstehung von HCl ist, abgesehen von den Prozessen, bei denen seine Herstellung Selbstzweck ist (Sulfaterzeugung!), in Betrieben gegeben, die mit Trichloräthylen arbeiten, da Tri-haltige Raumluft HCl abspaltet (28). Aus Trichloräthylen, aber auch aus anderen chlorierten Kohlenwasserstoffen entsteht das sehr giftige Phosgen, wenn Gelegenheit zur Begegnung mit offenen Flammen gegeben ist. Man soll daher trotz der Feuerungefährlichkeit dieser Verbindungen feuerbeheizte Öfen und andere Einrichtungen, die hohe Temperaturen erzeugen, vermeiden (28, 29). Bekanntlich hält man vielfach chlorierte Kohlenwasserstoffe aus dem gleichen Grunde für ungeeignet zum Löschen von Bränden. In Begegnung mit Wasser zerfällt Phosgen sofort in  $\text{CO}_2$  und HCl (30). Das durch unglückliche Zufälle bedingte Entweichen von Phosgen aus Lagerbehältern (Stoltzenberg, Hamburg!) interessiert in diesem Zusammenhang nicht.

Fäulnisfähige Materialien. Die unzähligen bei chemischen Prozessen entstehenden oder in den Abfall resp. die Abwässer gelangenden Materialien sind eine der häufigsten Ursachen von Belästigungen der Nachbarschaft. Oft sind zufällige Begleiterscheinungen die eigentliche Veranlassung, so wenn Fabriken, welche fäulnisfähige Produkte gar nicht herstellen, faulende Abwässer dem Vorfluter zuleiten. Es sind Fäulnisercheinungen zu beobachten bei Abwässern von Stärkefabriken (31), Filmfabriken (32), Wollwäschereien (33), Borstenfabriken (34). In Brauereien kommen als fäulnisfähige Materialien Eiweißgerinnsel, Hopfenharze, Hefe und Spülwässer von der Flaschenreinigung in Betracht (35), in Leimfabriken zunächst das Endprodukt selbst, das bei verschiedenen Anlässen „umzuschlagen“ vermag, dann aber auch leicht verweste Fleischreste, tierische Gewebe usf., die an den als Rohmaterial benutzten Knochen und Häuten haften und durch einen Reinigungsprozeß entfernt werden (36). Daß die Abwässer von Werken, die sich mit der Verarbeitung von Blut (Herstellung von Hundekuchen, Lecithin) beschäftigen, üble Gerüche entwickeln können, versteht sich von selbst. Zuckerfabriken, Gerbereien u. v. a. sind ferner zu nennen (ebenda).

Fluorverbindungen. In Graugießereien werden (neben Kalkstein) 0,5 bis 1% Flußpat vom Eisengehalt als Flußmittel verwendet. Die, allerdings nicht bewiesene, Entstehungsgleichung für das Zustandekommen von Fluorwasserstoffsäure und Schwefelhexafluorid — letzteres unter Mitwirkung des im Eisen enthaltenen S — unter diesen Bedingungen wird ausführlich von Roll erläutert (37). Die Voraussetzungen für die Entstehung von Kieselfluorwasserstoffsäure aus  $\text{SiO}_2$  und Flußpat sind ferner bei verschiedenen Hüttenprozessen gegeben und, infolge der Verarbeitung von Kryolith und Apatit in mit kieselsäurericher Auskleidung versehenen Öfen, bei der Glasherstellung (38). Über fluorhaltige Abgase wird ferner bei Superphosphatfabriken (39) und Aluminiumfabriken (40) Klage geführt.

Gerüche verschiedener Art. Als häufigste Veranlassung zur Bildung von Geruchsstoffen in der chemischen Industrie werden Aufschließungsarbeiten,

Erhitzen von Fetten und Trocknung leicht zersetzlicher Stoffe genannt (41). Abdeckereien, Leim- und Seifenfabriken sind traditionell berüchtigt, obwohl heute bei einiger Vorsicht wirkungsvolle Schutzmaßnahmen möglich sind (vgl. Kapitel „Abhilfe“) und auch angewendet werden. Fischmehlfabriken, die Fischabfälle auf Düngemittel und Futtermehl verarbeiten, gehören in die gleiche Kategorie (42). Organische, gleichfalls sehr übelriechende Dämpfe entstehen bei dem Brennprozeß, dem Kieselgur zum Zwecke der Befreiung von organischen Verunreinigungen ausgesetzt wird und müssen daher vernichtet werden (43). Die Herstellung von Holzcellulose bedingt eine Reihe gerucherzeugender Operationen, im wesentlichen wohl Entwicklung von gasförmigen S-Verbindungen (44). Teerfabriken verbreiten, abgesehen von Teerdämpfen, von der Destillation herrührende Zersetzungprodukte (45). Ähnliche Erscheinungen sind die Ursache für den üblen Geruch der Auspuffgase von Luftpumpen, welche das Vakuum für die Destillation von Fettsäuren und Glycerin aufrechterhalten (46). Auch in Brauereien senden Auspuffleitungen von Pumpen Stinkgase in die Luft (35). Der gleiche Fall liegt vor bei Vakuumapparaten, die der Eindampfung von Leimlösungen dienen, ebenso beim Entleeren von Autoklaven für die Fettspaltung, beim Aufschmelzen von Fett in Talgschmelzen und ähnlichen Operationen (47). Endlich ist auf die Entlüftungsleitungen von Kühlnern der Benzolrektifikation in Gaswerken und Kohledestillationsanlagen aufmerksam zu machen (48), und bei Destillationsanlagen, in denen Abfallfette, aber auch Knochenfett, Lederfett und dgl. gewonnen werden, hat der Verfasser die gleichen Beobachtungen gemacht, ebenso bei Mineralöldestillationen (49). Auf die Abwässer als Geruchsherde ist oben bereits hingewiesen worden. Außer Fäulniserscheinungen sind dafür das Zusammentreten saurer und alkalischer Wässer oder die durch ähnliche Vorgänge ausgelösten chemischen Reaktionen, bei denen riechende Gase entstehen, verantwortlich zu machen; auch außergewöhnliche Umstände, wie abnormal niedriger Wasserstand im Vorfluter infolge großer Trockenheit, sind in Betracht zu ziehen (50).

**Gif tige G a s e.** Nitrose Gase werden beim Ätzen von Zink bei der Herstellung von Hochdruckformen, die als Buchdruckklischees Verwendung finden, entwickelt (51). Kohlenoxyd in größeren Mengen entsteht bei der Destillation von Mineralölen (52) und durch die Tätigkeit von Bakterien bei der geruchlosen Beseitigung von Abwasserschlamm (53). Auf Arsenverbindungen ist oben bereits aufmerksam gemacht worden, auch Arsine und Phosphine kommen gelegentlich vor (54).

**S ch w e f e l v e r b i n d u n g e n.** In welch mannigfaltiger Weise S-Verbindungen Ursache von Geruchsentstehung werden können, zeigt Bach (55) in einer ausführlichen Arbeit. Bach unterscheidet zunächst S in sulfidischer und in organischer Bindung ( $H_2S$ , Sulfide, Mercaptane einerseits, Eiweißschwefel usw. anderseits); bei diesen ist Abspaltung riechender Produkte leicht erkläbar. Aber auch die dritte Form, der anorganisch in Sulfaten (selbst in unlöslichen) gebundene S aus dem Leitungswasser übt die gleiche Wirkung aus, da sich durch Vermittlung von Kleinlebewesen allmählich Sulfide bilden. Andererseits ist Gelegenheit zur Verunreinigung des als Leitungswasser benützten Grundwassers mit S leicht gegeben, so wenn es mit Kohlenhalden in Berührung kommt, deren Pyritgehalt bei Zutritt von Luft und Feuchtigkeit einem langsamen Röstprozeß unterliegt, bei dem freie Schwefelsäure entsteht und in Sulfat-

form ins Grundwasser gelangt. An Industriezweigen, welche S-haltige Produkte verarbeiten, werden von Bach u. a. angeführt: Bleichereien ( $CaSO_4$ ), Blutlaugensalzerzeugung (Sulfocyanate), Cölestin- und Strontianitgruben ( $CaSO_4$ ,  $MgSO_4$ ,  $SrSO_4$ ), Drahtziehereien ( $H_2SO_4$ ,  $FeSO_4$ ), Gasfabriken und Kokereien ( $[NH_4]_2SO_4$ , Rhodan,  $CaS$ ), Gerbereien ( $CaS$ ,  $Na_2S$ ), Kaliiindustrie ( $CaSO_4$ ,  $MgSO_4$ ), Schwefelsäurefabriken ( $H_2SO_4$ ,  $FeSO_4$ ), Kohlenzechen ( $Al_2[SO_4]_3$ ,  $FeSO_4$ ,  $H_2SO_4$ ), Kupferhütten ( $H_2SO_4$ ,  $CuSO_4$ ), Metallwarenfabriken ( $H_2SO_4$ ,  $FeSO_4$  usw.), Papier- und Zellstofffabriken ( $SO_2$ ), Pottasche- und Soda-fabriken ( $CaS$ ,  $FeS$ ,  $S$ ), Schlachthöfe (Eiweiß).

Speziell auf Gerbereien geht Tausz näher ein (56). Beim Aufweichen der Häute mit Wasser lösen sich zusammen mit den Konservierungsmitteln organische Bestandteile ab; dabei wird  $H_2S$ -Entwicklung beobachtet. Über einen tödlichen Unglücksfall bei dieser Gelegenheit berichtet der gleiche Autor. Fritz macht darauf aufmerksam, daß die Gerbsäure aus den beim Enthaaren verwendeten Sulfiden  $H_2S$  frei zu machen vermag (57). Für Lederfabriken gilt sinngemäß das gleiche wie für Gerbereien. Auch Abwässer von Zuckerfabriken entwickeln reichlich  $H_2S$ , wenn sie Gelegenheit zum Faulen haben (58, 59). Kunstseidefabriken erzeugen dieses Gas (vermutlich gemischt mit anderen flüchtigen S-Verbindungen) aus dem schwefelsauren Spinnbad (60) und aus den in die Abwässer gelangenden Viscoseresten (61), ferner ist es nach Mitteilungen des Bundesbergamtes der Ver. Staaten von Nordamerika in Behältern und Leitungen von Petroleumbetrieben beobachtet worden (62). Auf  $H_2S$ , vermutlich aus Eiweißschwefel beim Kochen entstanden, wird weiter ein Todesfall zurückgeführt, der sich in einer Fleischkonservenfabrik beim Reinigen von Behältern ereignete, in denen aus frischen Knochen ausgekochtes Fett zusammen mit Leimbrühe aufbewahrt wurde (56). Von weiteren S-Verbindungen sind Sulfosäuren in den Abwässern von Teerdestillationen (63), Thiocyan in denen von Gasfabriken zu nennen (64).

**S t a u b.** Die durch Staubentwicklung hervorgerufenen gesundheitlichen und psychologischen Schädigungen sind denen durch Gase und Dämpfe prinzipiell sehr ähnlich. Gelegenheit zur Entwicklung von metallhaltigem Staub ist überall da gegeben, wo Metalle und ihre Legierungen bearbeitet werden (65). Die Nähe von Kalk- und Zementwerken verrät sich, falls die modernen Staubwiedergewinnungsanlagen keine Anwendung finden, schon aus weiter Ferne durch den auf Dächern, Bäumen usw. abgelagerten weißen Belag (66). Aus den Schloten von Brikettfabriken entweicht feinpulvrig Braunkohle (67) und auch Eisenwerke können zu einer Gefahr für die Umgebung werden (22). Besonders groß ist die Rauch- und Rußbelästigung in der Steingut- und Porzellanindustrie. Auch bei sachgemäßer Bedienung der Feuerung der Brennöfen dauert es infolge des hohen Wassergehaltes des zu brennenden Materials geraume Zeit, bis die zur Erzielung einer vollkommenen Verbrennung der Heizstoffe erforderliche hohe Temperatur erreicht ist. Überdies ist eine reduzierende (also C-haltige) Flamme zumindest im ersten Brennstadium erwünscht (68). Staub (Flugstaub) aus unsachgemäß bedienten Kesselfeuerungen, ferner aus solchen mit Konstruktionsfehlern und dgl., ist leider als normal anzusprechen und nicht auf einzelne Industrien beschränkt. Innerhalb dieser Abhandlung muß er daher übergegangen werden. Einen sehr guten Überblick über die Tragweite des Staubproblems nicht nur vom hygienischen, sondern besonders vom industriellen Standpunkt aus bieten eine Reihe von Veröffentlichungen, die sich mit der Wieder-

gewinnung von Industriestaub beschäftigen. Sie zeigen, daß die Industrie aus rein wirtschaftlichen Gründen daran interessiert ist, Staubentwicklung zu verhindern, da sonst erhebliche Verluste entstehen können. So kann die elektrische Entstaubung nach Cottrell-Möller nicht nur die Anlage- und Betriebskosten decken, sondern darüber hinaus noch erhebliche Gewinne erzielen, wie an Beispielen aus der Braunkohlenindustrie (69), Metallurgie (70) und vielen anderen Industriezweigen gezeigt wird (71). Die mit der elektrischen Entstaubung konkurrierende, übrigens bedeutend ältere Filterung (nach Beth) verdient in diesem Zusammenhang gleichfalls gewürdigt zu werden (72). Auf einige weitere Veröffentlichungen, die weniger der Entstehung des Industriestaubes als seiner Beseitigung gewidmet sind, ist im Kapitel „Abhilfe“ verwiesen.

**Verschiedene.** Es bleiben noch verschiedene organische Stoffe zu erwähnen, die in die Abwässer gelangen und durch starken Eigengeruch ausgezeichnet sind. Ein Beispiel dafür bieten Phenole und Kresole, ferner Naphthene, die sich neben den schon besprochenen S-Verbindungen hauptsächlich in den Abwässern von Gaswerken vorfinden (73, 74).

#### Literatur:

1. Stoklasa, Ztschr. angew. Chem. 1926, 832. — 2. „Essener Heft“ (Kl. Mitteil. f. Mitgl. d. Ver. f. Wasser-, Boden- u. Lufthyg. 1927. — 3. Böhm, Gewerbliche Abwässer (Elsner, Berlin 1928). — 4. Fruböse, Veröff. auf d. Gebiete d. Medizinalverwtg. 1927 (23), 604. — 5. Earp, Ztrbl. ges. Hyg. 1924 (5), 503, ref. nach Amer. Journ. publ. Health 1923 (13), 283. — 6. Kunstseide 1929, 294. — 7. Gesundheitsing. 1928, 348. — 8. Haggard, Journ. ind. Hygiene 1925, 116. — 9. Koelsch, Ztrbl. Gew.-Hyg. 1928, 353. — 10. Voitel, ebenda 1929, 56. — 11. Floret, ebenda 1927, 257. — 12. Gesundheitsing. 1929, 432. — 13. Stoklasa, Med. Klinik 1924 (20), 678. — 14. Cristiani u. Gautier, Ztrbl. ges. Hyg. 1925 (10), 722. — 15. Heilingötter, Chem.-Ztg. 1927, 429. — 16. D. R. P. 376 633, 402 093, 411 951. — 17. Noack, Wehner u. Griesmeyer, Ztschr. angew. Chem. 1929, 123. — 18. Ewert,

Ztrbl. ges. Hyg. 1926 (12), 806. — 19. Beintker, Ztrbl. Gew.-Hyg. 1924, 65. — 20. Storm, van Leeuwn, Brutel de la Rivière, Münch. med. Wchschr. 1929 (76), 990. — 21. Natho, Rauch u. Staub 1929 (19), 51. — 22. Opitz, Ztschr. f. Medizin-Beamte 1916, 450. — 23. Tonney, Heft u. Sommer, Ztrbl. ges. Hyg. 1930 (22), 720. — 24. Koelsch, Ztrbl. Gew.-Hyg. 1928, 353. — 25. Koelsch, ebenda 1920, 121. — 26. Sowden, Ztrbl. ges. Hyg. 1928 (17), 18. — 27. Böchter, Gesundheitsing. 1926, 658. — 28. Thormann, Ztrbl. Gew.-Hyg. 1931, 67. — 29. Neitzel, Gesundheitsing. 1928, 561. — 30. Hanslian, Der chemische Krieg (Mittler & Sohn, Berlin 1927). — 31. s. 19. — 32. Kammann, Ztrbl. ges. Hyg. 1924 (7), 256. — 33. Fales, ebenda 1929 (20), 144. — 34. Weickert, Ztschr. Desinfektions-, Gesundheitswesen 1926 (18), 184. — 35. Bode, Ztschr. angew. Chem. 1927, 84. — 36. Smit, Wasser u. Abwasser 1927 (22), 142. — 37. Roll, Ztrbl. Gew.-Hyg. 1929, 78. — 38. Stahl, Metall u. Erz 1927, 338. — 39. Roth, Ztrbl. Gew.-Hyg. 1913, 312. — 40. Cristiani u. Gautier, Ztrbl. ges. Hyg. 1925 (10), 722. — 41. Winckel, Ztschr. angew. Chem. 1925, 1220. — 42. Moody, Ztrbl. ges. Hyg. 1924 (6), 184. — 43. Liesegang, Klin. Wchschr. 1928 (7), 463. — 44. Franz. Pat. 687 335. — 45. Ewert: Ztrbl. ges. Hyg. 1926 (12), 806. — 46. Sinzig, Gesundheitsing. 1924, 493. — 47. Kranenburg, Ztrbl. Gew.-Hyg. 1925, 241. — 48. Horn, Gas- u. Wasserfach 1928, 635. — 49. Sperr, Brennstoff-Chem. 1929, 32. — 50. Alsb erg, Papierfabrik 1931, 1. — 51. Kranenburg, Ztrbl. Gew.-Hyg. 1925, 241. — 52. Scheller u. Staub, ebenda 1913, 472. — 53. Hofmann, Techn. Gem.-Blatt 1930, 181. — 54. Naeslund, Ztrbl. Gew.-Hyg. 1929, 352. — 55. Bach, Gesundheitsing. 1923, 370. — 56. Taub, Ztrbl. Gew.-Hyg. 1920, 74. — 57. Fritz, ebenda 1930, 192. — 58. s. 36. — 59. Schröder, Ztrbl. Gew.-Hyg. 1926, 76. — 60. Kunstseide 1929, 294. — 61. Eggerl, Gesundheitsing. 1927, 813. — 62. Ebenda 1928, 348. — 63. s. 55. — 64. Bailey, Surveyor 1925 (68), 80. — 65. Froboese, Ztrbl. Gew.-Hyg. 1928, 139. — 66. Friesel, Werksleiter 1927, Heft 4. — 67. Baudenbacher, Braunkohle 1922, 657. — 68. Thieme, Porz.-u. Steingutind. 1921, 93. — 69. Fischer, Ztschr. Ver.-Dtsch. Ing. 1926 (70), 253. — 70. Deutsch, Metall u. Erz 1927 (24), 356. — 71. Zoppf, Brennstoff- u. Wärmewirtsch. 1928, Nr. 8. — 72. Guminz, Feuerungstechnik 1930, (18), 64. — 73. s. 64. — 74. Bach, Gas- u. Wasserfach 1926 (69), 912. — (Fortsetzung folgt.)

## Adsorptionsvermögen und Graphitstruktur des Kohlenstoffes.

Von Dr. P. M. WOLF und Dr. N. RIEHL,  
Wissenschaftliches Laboratorium der Auer-Gesellschaft, Berlin.

(Eingeg. 30. April 1932.)

Vor kurzem hat U. Hofmann gezeigt<sup>1)</sup>), daß sich der Kohlenstoff in den aktiven Kohlen (Adsorptionskohlen) in Form von Graphit vorfindet. Diesen Nachweis erbrachte er sowohl durch die Röntgenaufnahmen der aktiven Kohlen als auch durch Herstellung gewöhnlichen künstlichen Graphits anorganischer Herkunft in so feinverteiltem und lockeren Zustand, daß seine Adsorptionsfähigkeit nahe an die der Aktivkohlen heranreicht. Hofmann weist darauf hin, daß das hohe Adsorptionsvermögen des feinverteilten Graphits, wie er in den aktiven Kohlen vorliegt, auf folgenden Umstand zurückgeführt werden könnte: Der Graphit besitzt ein sogenanntes Schichtengitter. Die Kohlenstoffatome sind in Ebenen (Sechseck-Ebenen) angeordnet. Innerhalb dieser Ebenen werden die Atome durch „Atombindungen“ zusammengehalten. Zwischen den einzelnen Ebenen herrscht dagegen sogenannte metallische Bindung. Aus dieser Struktur läßt sich ersehen, daß an den Prismenflächen des Graphitkristalls freie Valenzen herausragen müssen (vgl. Abb. 1). Dieser Umstand könnte tatsächlich sowohl das hohe Adsorptionsvermögen der Kohle als auch die großen individuellen Unterschiede zwischen den verschiedenen Kohlenarten verständlich machen.

<sup>1)</sup> U. Hofmann, Ztschr. angew. Chem. 44, 841 [1931].

Wir haben nun versucht, die von Hofmann ausgesprochene Vermutung einer direkten Nachprüfung

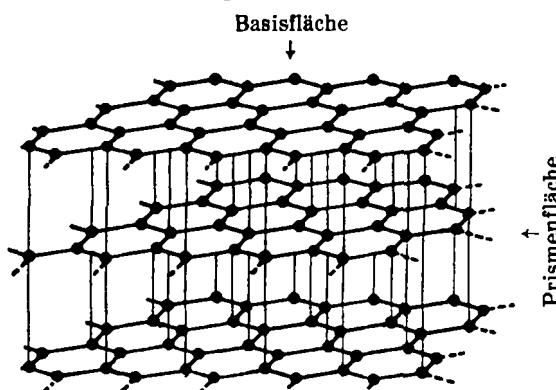


Abb. 1. Graphitkristall.

Die freien Valenzen der am Rand der Sechseckebenen, in den Prismenflächen, befindlichen C-Atome sind durch punktierte Striche - - - angedeutet. (Nach U. Hofmann.)

mittels radioaktiver Substanzen, insbesondere der Radiumemanation, zu unterziehen. Man braucht nur einen einigermaßen gut ausgebildeten Graphitkristall in