

Bernegau - Halensee - Berlin: „Die Lösung kolonialwirtschaftlicher Aufgaben im Rahmen der Naturwissenschaft und Technik.“ Vortr. zeigt an der Hand einiger Beispiele, wie Kolanuß, Johimbarinde, welche naturwissenschaftliche und wirtschaftliche Wichtigkeit Kolonialpflanzen erlangen

können, und wie wichtig das Studium des Eingeborenen hierfür sei. Die Naturwissenschaften haben als Medizin, Botanik, Zoologie, Ingenieurwissenschaft für die Hebung und Ausnutzung die weittragendste Bedeutung.

(Schluß folgt.)

Der Kampf gegen schädliche Industriegase.

Vortrag, gehalten in Hannover, von H. Ost.

(Eingeg. d. 12/7. 1907.)

Eine Schattenseite der chemischen Industrie sind die schädlichen Gase, welche sich bei vielen Fabrikationen entwickeln und durch die Schornsteine nach außen gelangen, so daß die Gesundheit der Anwohner und noch mehr die benachbarte Pflanzenwelt gefährdet wird. Meist handelt es sich um Säuren, schweflige Säure, Schwefelsäure, Salzsäure und Flußsäure; und seitdem wir die schwefelhaltigen Steinkohlen brennen, sind nicht nur die chemischen Fabriken und Hüttenwerke, sondern alle Fabriken mit Kohlenfeuerung und jede Haushaltung an der Luftverschlechterung beteiligt; sie ist ein Kulturübel, welches ebenso wie die zunehmende Verunreinigung der Flüsse mit dem Wachstum der Industrie und der Bevölkerung verknüpft ist. Leider ist es nicht möglich, den natürlichen Bestand unserer Flußläufe hinsichtlich ihrer chemischen Zusammensetzung zu erhalten, wie einzelne Hygieniker fordern; und ebenso unerfüllbar ist das Verlangen, in unseren Großstädten eine Luft von der Reinheit der Gebirgsluft zu haben; aber es ist eine der wichtigsten Aufgaben der Gegenwart, die Wasser- und Luftverschlechterung in möglichst engen Grenzen zu halten. Ich werde an einigen Beispielen zeigen, wie man seit 75 Jahren die Luftverschlechterung bekämpft, und wie die Forderungen der öffentlichen Hygiene für die Fabriken ein starker Ansporn gewesen sind, die Arbeitsverfahren zu vervollkommen und neue Fabrikate zu gewinnen, so daß unser Thema neben Schattenseiten auch erfreuliche Lichtseiten zeigen wird.

Die „Rauchfrage“ wurde zuerst in England brennend, bei dem Entstehen der chemischen Großindustrie im zweiten Viertel des vorigen Jahrhunderts. Es war die Sodaindustrie, welche von Leblanc während der französischen Revolution begründet, in Frankreich über politischen Kämpfen vernachlässigt, in England eine Heimstätte fand, als dort 1823 die hohe Salzsteuer aufgehoben war. Die Soda, welche heute fast in jeder Industrie und in jeder Haushaltung gebraucht wird, deren Produktionswert etwa 150 Mill. Mark im Jahre beträgt, liefert bei der Herstellung nach Leblanc auf jedes Kilogramm Kochsalz $\frac{2}{3}$ kg Salzsäuregas, welches James Muspratt in seiner 1823 in Liverpool errichteten Fabrik als wertlosen Abfall in die Luft gehen ließ. Diese gewaltigen Säuremengen führten aber zu schlechterdings unerträglichen Zuständen, so daß Muspratt seine Fabrik nach einem kleineren Orte verlegen mußte, aber auch dort bald nicht weiterarbeiten konnte. Man versuchte dem Übel zunächst durch Erhöhung der

Schornsteine zu steuern, ein Mittel, welches bei Kohlenrauchgasen meist erfolgreich ist; die verdünnte schweflige Säure des Kohlenrauchs diffundiert leicht in die Atmosphäre und pflegt, bis sie von der hohen Essenmündung den Erdboden erreicht, bis zur Unschädlichkeit verdünnt zu sein. Bei dem konz. Salzsäuregas der Sodafabriken versagt dies Mittel, die Salzsäure verdichtet sich mit der atmosphärischen Feuchtigkeit sofort zu schweren Salzsäurenebeln, die sich rasch zur Erde senken. Ein phantasie-reicher Erfinder wollte damals die ganze Sodafabrikation in die Nordsee, auf Schiffe verlegen und erhielt 1839 ein englisches Patent auf dies Verfahren, das natürlich nicht ausführbar ist.

Es blieb nichts übrig, als das Salzsäuregas mit Wasser zu kondensieren, aber auch dieser Weg war zunächst wenig erfolgreich, solange man die großen Massen Säurewasser in die Flüsse ableitete. Das Problem wurde im Prinzip gelöst durch Gossage, welcher 1836 seinen berühmten Koksrieselturm konstruierte, einen 10 m, heute 30 m hohen Turm, der mit porösen Koksstücken gefüllt ist und von oben mit Wasser berieselt wird, während die Gase von unten nach oben ziehen. Auf diese Weise kommt das Gas mit dem Wasser in innigste Berührung, und bei der großen Löslichkeit des Salzsäuregases in Wasser gelingt es nicht nur, das aufsteigende Gas völlig zu entsäuren, sondern man gewinnt zugleich in der unten ablaufenden Flüssigkeit eine so konz. wässrige Salzsäure, daß sie sich technisch verwerten läßt. Aber wie lange hat es noch gedauert, bis dieser Koksrieselturm überall in den Fabriken Eingang gefunden, und bis man gelernt hatte, ihn aus haltbarem Materiale zu erbauen und erfolgreich damit zu arbeiten. Denn ein anderes ist es, ein prinzipiell richtiges Verfahren zu erfinden, ein anderes, es in die Industrie einzuführen.

Den entscheidenden Wendepunkt in der Salzsäurefrage hat erst die Alkaliakte vom Jahre 1863 in England gebracht, wo inzwischen etwa 50 Sodafabriken, an einzelnen Plätzen am Tyne und in Lancashire zusammengedrängt, entstanden waren; ein Gesetz, welches die staatliche Aufsicht über diese Fabriken einführt und bestimmt, daß wenigstens 95% von der entwickelten Salzsäure kondensiert werden müssen. Eine ständige Aufsichtsbehörde überwacht die Erfüllung dieser Bestimmung und erstattet alljährlich dem Parlamente einen Bericht, der für 1906 zum 43. Male erschienen und eine reiche Quelle der Belehrung über Rauchfragen geworden ist. Die Alkaliakte ist seitdem wiederholt

erweitert worden; 1874 wurde außer der absoluten Menge auch die Konzentration der in die Atmosphäre austretenden Salzsäure dahin begrenzt, daß 1 cb' Rauchgas höchstens $\frac{1}{5}$ grain reine Salzsäure (1 cbm 0,458 g HCl) enthalten dürfe; 1881 wurden die Schwefelsäure-, Kunstdünger- und viele andere chemische Fabriken dem Gesetze unterstellt und als höchster Säuregehalt in diesen Rauchgasen 4 grains im cb' (Gesamtsäure, als SO_3 berechnet = 9,154 g im cbm) vorgeschrieben. Die Grenze ist hier wegen der schwierigen Kondensation der Schwefelsäure erheblich weiter gezogen als für Salzsäure.

Bei allen diesen Gesetzen zeigt sich der praktische Sinn der Engländer; sie legen den Fabriken nur solche Bedingungen auf, die mit den jeweiligen Mitteln der Technik erfüllbar sind, die Fabriken sollen existenzfähig bleiben, und die Bevölkerung muß im Interesse der Industrie kleine Belästigungen ertragen.

So wurde zunächst für die Salzsäure erreicht, sie aus den Rauchgasen bis zu einer erträglichen Grenze fortzuschaffen und sie zugleich in Form einer konzentrierten wässrigen Lösung nutzbar zu machen. Und wenn noch der Berichterstatter über die Londoner Weltausstellung vom Jahre 1861, *Wedding*, die Salzsäure als „eine der lästigsten Zugaben der chemischen Fabriken“ bezeichnen konnte, so ist sie bald ein wertvolles Nebenerzeugnis, ja zeitweilig das Haupterzeugnis der Leblanc-Sodafabriken geworden, aus dem die große Industrie des Chlorkalks für die Kunstbleiche von Baumwolle und Papierstoff hervorgegangen ist. Der Kondensationszwang für Salzsäure wurde ein Hebel, der die gesamte chemische Großindustrie Englands wesentlich gehoben und Englands Vorherrschaft auf diesem Gebiete bis gegen das Ende des vorigen Jahrhunderts gestützt hat.

An der weiteren Bekämpfung der Rauchgase hat am intensivsten und am erfolgreichsten Deutschland gearbeitet. Es waren besonders die *Hüttenwerke*, die sich durch starke Rauchschäden auszeichneten, und die noch heute in dieser Eigenschaft bekannt und gefürchtet sind. Jeder Gast des Harzes kennt die erstickenden Gase und die Waldblößen bei Clausthal, Altenau und Lautenthal, und nicht besser sah es früher bei Freiberg i. S., in Stolberg bei Aachen und in Hüttendistrikten Englands aus. Es handelt sich bei den Hüttenwerken einmal um die Röstgase, die schweflige Säure und Schwefelsäure, welche beim Abrösten der geschwefelten Erze: Eisenkies, Kupferkies, Zinkblende und Bleiglanz, entweichen; und dann um den festen Flugstaub aus den Röst- und Schmelzöfen, der reich an giftigen Metallverbindungen des Bleis, Zinks, Kupfers und Arsens ist. Die Kondensation des Hüttenrauchs ist schwierig und in vielen Fällen bisher nicht möglich; und da die Hütten bei ihrem hohen Alter und ihrer Unentbehrlichkeit einige Nachsicht beanspruchen dürfen, hat sich die Gesetzgebung nur zögernd an sie herangewagt, in England sind sie der Alkaliakte bis heute nicht unterstellt.

Vor 75 Jahren war von Hüttenrauch wenig die Rede, die Hütten waren klein, Deutschland erzeugte z. B. 1830 nur 1300 t Kupfer gegen 32 000 t heute; die Bevölkerung war dünn und dazu mit den Hüttenwerken patriarchalisch verwachsen, so daß man die geringen Belästigungen als selbstverständ-

lich hinnahm. Um 1848 setzte die Bewegung bei den königlich sächsischen Hütten in Freiberg ein; die Regierung ordnete Untersuchungen an, und diese sind so gründlich gewesen, daß Sachsen damit die Führung im Kampfe gegen die Industriegase übernommen hat. Es entstand eine neue Wissenschaft der Rauchgase, begründet von *Stöckhardt* und von *Schröder* in Tharandt und *Freitag* in Poppelsdorf; und die Freiburger Hütten wurden im Interesse der Rauchfrage allmählich einem vollständigen Umbau unterzogen. Erst nach 30jähriger Arbeit, um 1880, konnte *Cl. Winkler* aussprechen, daß der Hüttenmann seine Sturm- und Drangperiode nun hinter sich habe, und daß die Fortexistenz der Hütten durch die Rauchfrage nicht mehr gefährdet sei.

Es war insonderheit eine Viehseuche, welche die Freiburger Hütten in große Gefahr brachte, eine Erkrankung des Rindviehs, bestehend in Durchfall, Abmagerung und Knochenschwund, welche in der Umgegend von Freiberg 20 Jahre lang andauerte. Die öffentliche Meinung sah die Ursache zunächst in den giftigen Metallverbindungen des Flugstaubes. Der Direktor der Dresdener Tierarzneischule *Haubner* begutachtete 1855 die Krankheit dahin, daß sie nicht vom Flugstaub, sondern von den sauren Gasen des Hüttenrauchs herrühre, welche teils durch den Boden, teils direkt aus der Luft in die Futterkräuter gelange und als freie Schwefelsäure von dem Tierkörper aufgenommen werde. Leider hatte sich *Haubner* auf fehlerhafte Analysen eines Apothekers gestützt; *Stöckhardt* konnte durch Wiederholung der Analysen nachweisen, daß der rauchgetränkte Boden niemals freie Schwefelsäure enthält, und daß auch die Pflanze die etwa aus der Luft aufgenommene freie Säure rasch neutralisiert, daß also von einer „Säurekrankheit“, wie man die Epidemie jetzt nannte, nicht die Rede sein könne. Es folgten weitere Untersuchungen, Landwirte und Tierärzte waren dauernd mit der Beobachtung des Viehs beschäftigt, man sezirte und analysierte, und als endlich die Seuche im Erlöschen war, um 1873, hatte man sich dahin geeinigt, daß die spezifische „Säurekrankheit“ überhaupt nicht von Hüttenrauch herrühre; nur vereinzelte andere Erkrankungen waren auf Rechnung des auf dem Futter abgelagerten metallischen Flugstaubes zu setzen.

Unbestritten war von Anfang an die Schuld des Hüttenrauchs an der Verwüstung der Vegetation; es galt nur, den schädlichen Faktor des Rauchs zu ermitteln. Man dachte an die Blei- und Arsenverbindungen des Flugstaubs, die bei den alten metallurgischen Verfahren in bedeutenden Mengen in die Luft geführt wurden; man fand in der Umgebung der Hütten in den oberen Bodenschichten nicht selten $\frac{1}{2}\%$, selbst 1% Bleioxyd, auch stets etwas Zink und Arsenik, so daß mit einer zunehmenden Vergiftung des Bodens gerechnet werden mußte. Aber die Versuche *Stöckhards*, *Freitags* und von *Schröders* haben folgendes bewiesen: Die Metallverbindungen befinden sich im Boden fast nur in wasserunlöslicher Form und werden von den Wurzeln der Pflanzen nur in Spuren aufgenommen; auch in nächster Nähe der Hütten entsteht der Vegetation vom Boden aus kein erheblicher Schaden, am wenigsten durch Blei, am ehesten durch Arsenik. Mehr schon kommt der

auf den Blättern abgelagerte Flugstaub in Betracht, aber auch nur durch seine wasserlöslichen Metallsalze, die im Flugstaub wenig vorhanden sind. An den wirklich bestehenden, erheblichen Hüttenrauchschäden ist der Flugstaub nur in untergeordnetem Maße schuld.

Am wenigsten leiden die Pflanzen unter dem gewöhnlichen schwarzen Ruß, der wesentlich aus festen Kohlenstoffteilchen besteht, der aus jeder Kohlenfeuerung in mehr oder weniger dicken Wolken ausgeworfen wird. Mit Recht wird der Ruß als Schmutzstoff gefürchtet und bekämpft, aber sonstigen Schaden richtet er kaum an. Das hat *Stöckhardt* schon vor 50 Jahren bewiesen; u. a. experimentierte er mit 10jährigen, im Freien stehenden Fichten, umgab sie mit einem zerlegbaren Glashäuschen und beräucherte sie zeitweilig durch Anzünden stark rußender Öle, bis alles Grün von schwarzem Ruß bedeckt war. Die berußten Fichten zeigten aber, verglichen mit nicht berußten gleichen Kontrollpflanzen, keine Schwächung ihres normalen Wachstums.

Die spezifischen Pflanzengifte sind die Säuren, nicht diejenigen, welche mit dem Regen in den Boden eindringen, denn da werden sie sofort von den reichlich vorhandenen Karbonaten neutralisiert, sondern die Säuren in Gas- und Nebelform, welche mit den Blättern der Pflanzen in Berührung kommen, vor allem das Schwefligsäuregas. Für unsere Sinne hört die Wahrnehmbarkeit der schwefligen Säure bei einer Verdünnung mit dem 50—100 000 fachen Volumen Luft auf, für das atmende Pflanzenblatt aber ist sie noch bei einer Verdünnung von 1 : 1 Mill. ein heftiges Gift, weshalb z. B. Zimmerpflanzen in Räumen mit Gasbeleuchtung schlecht fortkommen, unter dem Einfluß der Spuren schwefliger Säure, welche aus dem brennenden Steinkohlengase entstehen.

Stöckhardt, v. *Schröder* und viele andere Chemiker und Botaniker haben Fichten, Laubbäumchen, Garten- und Feldgewächse unter Glaskästen und in größeren Versuchsräumen mit schwefligsäurehaltiger Luft in verschiedenen Konzentrationen behandelt, indem sie abgewogene Mengen Schwefelkohlenstoff, mit Alkohol verdünnt, in den Räumen verbrannten und die Verbrennungsgase mit der eingeschlossenen Luft vermischten. Vierjährige Fichten z. B. wurden auf diese Weise mehrere Male täglich beräuchert und die übrige Zeit unter normalen Lebensbedingungen gehalten; bei einer Konzentration der schwefligen Säure von 1 : 100 000 treten schon nach wenigen Tagen, bei 1 : 1 000 000 nach einigen Wochen Krankheitserscheinungen auf, die Fichtennadeln bekommen fahle Spitzen, röten sich, vertrocknen und fallen ab, und schließlich geht das ganze Bäumchen ein. Etwas widerstandsfähiger als Nadelhölzer sind die Laubhölzer, die meisten Gartensträucher und die Getreide; aber sehr empfindlich sind Blüten, ein Raucheinbruch zur Blütezeit kann die ganze Ernte vernichten. In feuchter Atmosphäre schadet schweflige Säure mehr als in trockener; eine gut genährte Pflanze leidet weniger als eine schwache; absolute Schädlichkeitszahlen lassen sich nicht aufstellen. Andere starke Säuren, Schwefelsäure, Salzsäure und Flußsäure, sind ebenfalls starke Gifte für die Pflanzenblätter; bei Versuchen im Kleinen ste-

hen sie der schwefligen Säure nach, aber im Großen, in der freien Natur, kommt ihre zerstörende Wirkung meist stärker zum Ausdruck, weil diese Säuren sich an der Luft, auch an trockener, sofort zu Nebel verdichten und rascher und konzentrierter zur Erde niedersinken, als das in Wasser wenig lösliche und leichter diffundierende Schwefligsäuregas. Die menschliche Lunge ist gegen alle diese Säuren, vielleicht die Flußsäure ausgenommen, weniger empfindlich als das Pflanzenblatt.

Untersucht man ein unter der Säurewirkung stehendes Blatt genauer, so sieht man das Blattgrün verbleichen und das Plasma schrumpfen, man bemerkt, daß die schweflige Säure nur im Lichte und besonders im Sommer wirkt, wenn nämlich der Chlorophyllapparat in Tätigkeit ist (*Wislicenus*). Es findet ein unmittelbarer Eingriff in den Lebensprozeß des Blattes statt; wie dieser aber im einzelnen vor sich geht, ob vielleicht die aldehydartigen Zwischenprodukte der Assimilation angegriffen werden, wissen wir nicht; der Einblick in das organische Leben ist uns ja überhaupt noch durch einen dichten Schleier verhüllt. Wir dürfen aber aus den wissenschaftlichen Studien den praktisch wertvollen Schluß ziehen, daß die Rauchgase bei Nacht und im Winter längst nicht soviel Schaden anrichten, wie bei Tage und im Sommer.

Zum Nachweis eines Rauchschadens wird der Chemiker, der Botaniker und der Forstmann zu Rate gezogen; die Aufgabe ist oft schwer zu lösen. In Oberschlesien schätzte *Reuß* 1892 die Beschädigung der *von Tiele-Winkler* Wälder bei Kattowitz-Mysłowitz durch den Rauch der Zinkhütten auf 68 000 M jährlich ein, während ein anderer Sachverständiger, *Borggreve*, diese Waldschäden größtenteils auf Insektenfraß und andere Ursachen zurückführte. Die braunspitzigen Nadeln und der Nadelfall bei Koniferen, die roten Flecke auf Laubblättern und das Bleichen der Gräser entstehen, wie durch Säurewirkung, auch durch Dürre, Frost, herbstliche Verfärbung und Bakterienwirkung, es sind die allgemeinen Erscheinungen des Absterbens. Vor zehn Jahren glaubte der Botaniker *Hartig*-München in der Rötung der Schließzellen bei den Fichtennadeln ein sicheres Merkmal für Säurewirkung gefunden zu haben; leider war es ein Irrtum. Der Forstmann *Reuß* hat 1880 gezeigt, wie an der Stärke der Jahresringe eines rauchbeschädigten Baumes oft mit überraschender Deutlichkeit das Einsetzen einer Wachstumsverminderung in bestimmten Jahren zu erkennen ist; man braucht dazu den Baum nicht zu fällen, sondern kann die Stärke der Jahresringe an herausgenommenen Bohrkernen beobachten. Doch auch dies Bild kann zu Täuschungen führen, denn der Einbruch einer Insektenplage, Bodenentwässerung oder Freistellung vermindern ebenfalls den Jahreszuwachs.

Das entscheidende Wort spricht in der Regel die chemische Analyse. Erkrankt eine Pflanze durch schweflige Säure oder Schwefelsäure, so enthalten die Blätter stets mehr Schwefel als die Blätter einer gesunden Pflanze; bei Salzsäure- oder Flußsäureschäden findet die Blattanalyse ein Mehr an Chlor oder Fluor. In den Jahren 1877/80 haben v. *Schröder* und *Reuß* die Rauchschäden des Oberharzes zum Gegenstand einer sorgfältigen Studie gemacht; sie wählten als Leitpflanze die

Fichte, den verbreitetsten und säureempfindlichsten Waldbaum, und fanden in rauchfreien Gegenden in den Nadeln gesunder Fichten 0,1—0,25% Schwefelsäure (Gesamtschwefel, als SO_3 berechnet), in den Nadeln rauchkranker Fichten dagegen 0,3—0,7%, selbst über 1%; sie haben dann auf den Karten des Innerste- und Okertales Kurven gezogen, einmal Kurven nach den Schwefelsäuregehalten der Fichtennadeln und andere nach dem Grade der sichtbaren Beschädigungen, und haben gezeigt, daß beide Kurvensysteme im wesentlichen zusammenfallen. Das Gleiche ist durch v. Schröder und Schertel für die Gegend bei Freiberg i. S. festgestellt worden.

Findet man nun in den Nadeln kranker Fichten keinen übernormalen Gehalt an Schwefel bzw. Chlor oder Fluor, so liegt sicher kein Rauchschaden vor; aber umgekehrt beweist ein vorhandenes Plus an diesen Stoffen noch nicht ohne weiteres im positiven Sinne. Der natürliche Gehalt der Fichtennadeln an Mineralstoffen schwankt etwas mit der Bodenbeschaffenheit, aus gipsreichen Böden wird mehr Schwefel aufgenommen als aus gipsarmen. Auch können die Nadeln Schwefel in Form von unschädlichen Sulfaten aus der Luft aufnehmen, aus atmosphärischem Staube, der wohl größtenteils den Schornsteinen entstammt; im Kohlenrauch und in der Luft ist immer mehr gebundene Schwefelsäure als freie Säure vorhanden. Die chemische Analyse der Pflanzenblätter bedarf also einer Ergänzung durch Boden- und Luftanalysen. Das beste Beweismittel wäre eine genaue Luftanalyse, aber die technisch brauchbaren Methoden versagen hier, wo es gilt, in 100 l Luft noch Bruchteile eines Milligramms an freier Säure zu bestimmen. Man hat aber folgenden Weg eingeschlagen. Man trinkt Stücke von reinem Baumwollzeug mit Barythydrat, hängt mehrere solcher „Barytlappen“ von gleicher Größe z. B. von 60 qcm Fläche in der zu untersuchenden Gegend ausgespannt in Bäumen auf und läßt sie mehrere Monate hängen. Die Luft, welche mit den Zeiglappen in Berührung kommt, gibt ihre Schwefelsäuren an den Baryt ab und diese werden im Zeug auch bei Regen festgehalten. Die nachherige Analyse der Zeuge gibt zwar nicht den absoluten Gehalt an Schwefelsäure in der Luft an, aber doch Zahlenwerte, die unter sich vergleichbar sind.

Mit solchen Barytlappen wurde im Sommer 1899 die Umgebung der Stadt Hannover untersucht und zum Vergleiche gleichzeitig die Heideluft südwestlich von Celle und die Gebirgsluft im Süntel. Nach fünf Monaten hatten alle Barytlappen Schwefelsäure aufgenommen, im Georgengarten bei Hannover z. B. 0,5—0,8 g, aber auch in der reinsten Heide- und Gebirgsluft, weit von allen menschlichen Wohnstätten entfernt, 0,1—0,3 g. Die Schwefelsäure der Gebirgs- und Heideluft entstammt den Sulfaten des atmosphärischen Staubes, welche von den Barytlappen ebenso angezeigt werden, wie freie schweflige Säure und Schwefelsäure. Das erhebliche Plus in den Barytlappen des Georgengartens ist aber beweisend für die Nähe der Schornsteine. Die Barytlappenprobe gibt ein deutliches Bild von der Verbreitung der Rauchgase überhaupt, wenn auch nicht von ihrem Schädlichkeitsgrade; und sie ist der Fichtennadelprobe darin überlegen, daß sie von der Zusammensetzung des Bodens unabhängig ist.

Prof. Wislicenus-Tharandt hat im Sommer 1899 nicht weniger als 325 Barytlappen in den Waldgebieten des Königreichs Sachsen aufgehängt und dadurch die Verteilung des Rauchs im Lande ermittelt.

Unser Wissen ist Stückwerk, unsere Methoden sind mit Fehlern behaftet, und es kommt vor, wie in Oberschlesien, daß die Untersuchung mit einem *non liquet* geschlossen werden muß; in der Regel ist aber die umsichtige Anwendung der chemischen Analyse, stets verbunden mit örtlichen Besichtigungen, imstande, die Rauchexpertise beweiskräftig durchzuführen.

M. H.! Der wissenschaftliche Rauchexperte ist der Industrie ein erfolgreicher Mitstreiter im Kampfe gegen die schädlichen Gase gewesen. Sehen wir nun, was die Industrie selbst, speziell die Freiburger Hütte geleistet hat. Nach den ersten Begutachtungen Stöckhards machte man sich 1850 sofort ans Werk und erbaute zunächst auf der Muldener Hütte kilometerlange Flugstaubkanäle und -kammern und entließ die Gase zuletzt aus einer neuen 65 m hohen Esse. Der Erfolg blieb aber aus, die hohe Esse verbreitete die Rauchschäden über entfernteres, bisher verschont gebliebenes Gelände und vermehrte die Klagen, so daß die neue Esse wieder ausgeschaltet wurde und erst seit 1864, nach Abänderung der Arbeitsverfahren, dauernd benutzt werden konnte. In den 60er Jahren hat dann der ganze Hüttenprozeß auf beiden Freiburger Hütten eine vollständige Umwälzung erfahren, und zwar wesentlich im Interesse der Rauchfrage. Die englischen Flammöfen, in denen ein Teil der Erze roh verschmolzen war, die schlimmsten Gas- und Staubeentwickler, schaffte man ganz ab, führte die allgemeine Vorrüstung der Erze ein und schmolz dann in verbesserten Schachtöfen, den in Freiberg damals konstruierten „Pilzöfen“, nieder, welche die Verflüchtigung von Blei wesentlich vermindert und sich seitdem auf den meisten Bleihütten eingeführt haben. Die Flugstaubräume sind ununterbrochen vergrößert und durch Einsetzen von Fangschirmen und durch Abkühlung wirksamer gemacht worden. Im Jahre 1875 besaßen beide Hütten zusammen 21 000 cbm Flugstaubraum, der bis 1893 auf 30 000 cbm, bis 1900 auf 38 000 cbm angewachsen ist. Im Jahre 1889 wurde in Halsbrücke der berühmte 140 m hohe Schornstein vollendet, damals der höchste der Erde, welcher seitdem alle Gase der ganzen Hütte, nach dem Passieren der Flugstaubräume aufnimmt und hoch in die Atmosphäre entläßt, ein weithin sichtbares Denkmal der erfolgreichen Bekämpfung der Rauchgase.

Im Jahre 1855 hat Freiberg die ersten Vergütungen an die geschädigten Anwohner gezahlt, die 1864 mit 61 000 M das Maximum erreichten, bis 1870 auf 18 000 M und später auf 3—4000 M jährlich herabgingen; im ganzen sind bis 1893 880 000 M an laufenden Entschädigungen und 644 000 M für dauernde Ablösungen gezahlt worden. Der Umbau der Hütten hatte bis 1893 4,7 Mill. Mark verschlungen. Demgegenüber gewann man auf 100 kg verhüttete Erze 10 kg Flugstaub, im ganzen jährlich einige Tausend Tonnen, die früher in die Luft gegangen waren; dieser Flugstaub war nicht nur unschädlich gemacht, sondern wurde durch seinen hohen Gehalt an silberhaltigem Blei und Arsenik

eine Quelle reichen Gewinns, so daß der Erlös allein aus dem Flugstaub, den man für 1893 auf 273 000 M. einschätzte, die aufgewandten Kosten gut verzinste. Wenn auch immer noch ein kleiner Anteil des Flugstaubes sich der Kondensation entzieht, so kann doch die Flugstaubfrage auf den Hüttenwerken, sowohl in hygienischer wie in wirtschaftlicher Beziehung, als gelöst gelten.

Weit schwieriger ist die Kondensation des schlimmsten Pflanzengiftes, der schwefligen Säure. Wasserrieseltürme, welche bei Salzsäure so erfolgreich sind, versagen hier den Dienst, weil die schweflige Säure im Wasser zu wenig löslich und in den Rauchgasen zu stark verdünnt ist. C. l. W i n k l e r fand in dem wasserberieselten Kalkstein ein Mittel, die SO_2 -Gase kleinerer Ultramarinfabriken zu entsäuern, aber für die gewaltigen Rauchmassen eines Hüttenwerkes scheitert auch diese Rieselmethode schon an der Unmöglichkeit, die erforderlichen großen Wassermassen zu beschaffen. Der einzig gangbare Weg ist, die schweflige Säure konzentriert zu entwickeln und dann in Schwefelsäure zu verwandeln; diesen Weg haben die Freiburger Hütten seit 1857 beschritten; dasselbe haben die Hüttenwerke des Harzes, in Stolberg und in Oberschlesien getan; überall sind neue Schwefelsäurefabriken entstanden, welche die Rauchschäden wesentlich vermindert und zugleich die Schwefelsäure zu einem leicht zugänglichen Industrieerzeugnis gemacht haben. Die Folge davon ist namentlich ein erfreuliches Aufblühen der Kunstdüngerfabriken gewesen, welche in Deutschland etwa die Hälfte der Schwefelsäure verbrauchen und in Superphosphat und Ammoniumsulfat umsetzen; und wir dürfen hier wohl der Kunst des Chemikers einige Anerkennung zollen, die es erreicht hat, aus der die Vegetation verwüstenden schwefligen Säure Stoffe herzustellen, mit deren Hilfe der Landwirt den Ertrag der Felder an Korn und Rüben auf das Doppelte und Dreifache gesteigert hat.

Dies Lob muß aber gleich etwas eingeschränkt werden. Bei vielen Hüttenprozessen, namentlich bei Verhüttung von Bleierzen, entweicht die schweflige Säure bisher in so verdünntem Zustande, daß man daraus in den Bleikammern keine Schwefelsäure machen kann. Von dem Schwefel der Freiburger Erze werden nur 60–70% zugute gemacht, auf anderen Hüttenwerken noch weniger. Die große Halsbrücker Esse wirft mit ihren 10 cbm Rauchgasen in 1 Sek. noch immer 20 l (oder in 1 Tage 1700 cbm) reines Schwefligsäuregas aus, in einer Konzentration von 1:500; und wenn sich auch die früher verödeten Gelände in der Nähe der Hütte mit frischem Grün bedeckt haben, so macht sich heute in weiter Ferne, nach Osten bis 10 km weit, an den Fichtenbeständen des Tharandter Waldes eine wenn auch schwache Rauchwirkung bemerkbar, die man hinnehmen muß als das kleinere Übel, wenn man die Hütten nicht stilllegen will.

Wir dürfen aber hoffen, das noch unvollständig gelöste Problem schließlich vollständig zu lösen. Auf den Hüttenwerken weht ein frischer Wind; der Bleiglanz kann heute nach dem neuen H e b e r l e i n s c h e n Verfahren so vorteilhaft abgeröstet werden, daß die Friedrichshütte zu Tarnowitz und die Freiburger Hütte jetzt für die Bleierzröstgase Schwefelsäurefabriken erbauen. Ein weiterer großer

Fortschritt ist die Erfindung des Schwefelsäurekontaktverfahrens, eine der bedeutsamsten Erfindungen der chemischen Technik der letzten Jahrzehnte, die auch durch einen Kondensationszwang veranlaßt ist, nämlich durch die Forderung der Synthese des Indigofarbstoffes, die dabei entwickelte schweflige Säure wieder zu rauchender Schwefelsäure zu kondensieren. Dies Kontaktverfahren vermag schweflige Säure noch in starker Verdünnung in Schwefelsäure zu verwandeln, wo die Bleikammern machtlos sind; es ist berufen, die Röstgase der Hütten noch besser als bisher zu verdichten, und wird auf rheinischen, oberschlesischen und den königl. sächsischen Hütten für diesen Zweck bereits stark in Anspruch genommen.

Nur den gewöhnlichen Rauchgasen der Steinkohlenfeuerungen läßt sich auf diese Weise nicht beikommen, denn es kann unmöglich jedem Schornsteine eine Schwefelsäurefabrik angeschlossen werden. Aber hier gibt es ein anderes sehr wirksames Mittel, nämlich Verdünnung bis zur Unschädlichkeitsgrenze. Die Mengen schweflige Säure und Schwefelsäure, welche die Städte Hannover und Linden aus ihren Steinkohlen in die Luft schicken, wenigstens 5000 cbm Schwefligsäuregas täglich (bei einem sehr niedrig angenommenen Gehalte der Kohlen an $\frac{1}{2}\%$ flüchtigem Schwefel) sind absolut genommen weit größer, als die von den beiden Freiburger oder den drei Oberharzer Hütten entwickelten Säuremengen, aber sie treten aus vielen über eine große Fläche verteilten Schornsteinen, und aus diesen in viel größerer Verdünnung aus; und die Verdünnung ist entscheidend, andernfalls würde in unserer Stadt längst kein Blatt mehr grünen. Das unendliche Luftmeer, welches unsere Wohnstätten umgibt, vermag diesen Schädling, die Säuren des Kohlenrauchs, bei richtiger Behandlung leicht unschädlich zu machen. Gehen wir auf dem von der Natur vorgezeichneten Wege weiter, dezentralisieren wir unsere Industrie und unsere Städte, so wird der Sieg über die schädlichen Gase ein vollständiger werden. Und dieser Sieg ist mit Unterstützung der staatlichen und städtischen Behörden wohl gangbar, denn die Entwicklung unserer Großstädte drängt so wie so zur Dezentralisation; der Stadtbewohner verlangt mit Sehnsucht mehr Raum, Luft, Licht und mehr Natur.

Bemerkungen zur Theorie der Molekularschwingungen.

Von Privatdozent Dr. G. HELLER, Leipzig.

(Eingeg. den 22./7. 1907.)

Durch experimentelle Untersuchungen auf organischem Gebiete wurde ich vor drei Jahren veranlaßt, meine Anschauungen über die Schwingungen der Atome und Moleküle darzulegen (Liebigs Ann. **332**, 286). Eine Reihe von Beobachtungen, welche in dieser Abhandlung angeführt sind, sowie theoretische Überlegungen führten mich zu der Annahme, daß die Moleküle im nicht reagierenden Zustande eine andere Schwingungsform besitzen, als in dem Momente, wenn sie in eine chemische Reaktion ein-