

### Vorträge, gehalten auf der Hauptversammlung des Vereins deutscher Chemiker in Dresden am 30. und 31. Mai 1901.

#### Zur Beurtheilung und Abwehr von Rauchschiiden.

Von **Professor Dr. H. Wislicenus**, Tharandt.

M. H.! Die Schmerzenskinder unserer Industrie, die Staubplage, die Russbelästigungen, die Abwässerfrage, die Rauchschiiden sind in ein Entwicklungsstadium eingetreten, wo die väterliche Fürsorge der Staatsgemeinschaft beginnt, auf dem Wege reichs- oder landesgesetzlicher Operationen ernstlich Wandel zu schaffen. Es hat seine gewichtigen Gründe, dass wir mit der Rauchfrage darin noch nicht so weit gediehen sind, wie mit den Schutzmaassnahmen gegen den industriellen Staub oder mit den jetzt schwebenden Verhandlungen über ein umfassendes Wassergesetz.

Die Rauchschiidenfrage führt fort und fort zwei der mächtigsten Culturkräfte, die land- und forstwirthschaftliche Bodencultur und die Industrie, zu Streitigkeiten, die sie nicht vermeiden können. Zur Schlichtung dieser Streitigkeiten etwas beizutragen, wäre eine ebenso werthvolle wie schwierige Aufgabe.

M. H.! Die Anregung zum Fortschritt, welche aus dem persönlichen Verkehr, aus dem Meinungs- und Erfahrungsaustausch der Fachgenossen, — nicht zum Wenigsten aus den öffentlichen Discussionen erwächst, gehört gewiss zu den kostbarsten Früchten solcher Versammlungsthätigkeit, wie wir sie seit vorgestern aufgenommen haben. Wohl von diesem Gesichtspunkte ausgehend, hat mich der Herr Vorsitzende des Vortragsausschusses aufgefordert, vor dieser Versammlung das sehr discussionswürdige Thema zur Sprache zu bringen. Tagen wir doch in der Centrale eines Landes, wo das Interesse für diese Tagesfrage hervorragend lebhaft ist und wo die wissenschaftlichen Grundlagen des Gegenstandes an den technischen Productions- und Unterrichtsstätten — den Freiburger Hüttenwerken, der hiesigen technischen Hochschule und den technischen Specialhochschulen zu Freiberg und Tharandt in erster Linie ausgebaut worden sind.

Meine Amtsvorgänger, Professor von Schroeder — aus dessen Feder bekanntlich die umfassendste Monographie über Rauchschiiden stammt — und schon Stöckhardt sind in hervorragender Weise an dem Ausbau der Grundlagen zur Beurtheilung, die Freiburger und einige auswärtige Vertreter technischer Anstalten andererseits an der Construction von Abwehreinrichtungen gegen die sogenannten „Hüttenrauchschiiden“ betheiligt gewesen. Manche unter ihnen finden wir hier im Zuhörererkreise.

Wenn ich es da unternehme, hier zur Beurtheilung und Abwehr von Rauchschiiden zu sprechen, so kann ich das nur damit begründen, dass meine amtliche und private Bethätigung seit einer Reihe von Jahren ganz im Dienste solcher Fragen gestanden hat, weshalb ich natürlich mancherlei auf dem Herzen habe.

Im ersten Theil meines Themas — der Beurtheilung — wende ich mich vorzugsweise an die Herren von der angewandten Untersuchungschemie, die ja am meisten von den Gerichten oder Parteien als Sachverständige berufen werden, im zweiten Theil an die Führer und Mitarbeiter der industriellen Production.

Ich nehme den unerquicklichsten Punkt zuerst heraus. Das ist die Competenzfrage, die ich nicht umgehen kann, weil sie in den meisten Streitverhandlungen aufgerollt wird.

Die Rauchschiidenfrage hat nicht etwa bloss zwei Seiten: eine agrarische und eine industrielle, sondern inhaltlich geradezu unmässig viele, ähnlich etwa wie die Agriculturchemie. Es greifen hier vielseitige pflanzenchemische, pflanzenbiologische und -pathologische Fragen, die Principien der Bodencultur in zahlreichen Erfahrungen der land- und forstwirthschaftlichen Praxis, die Methodik der angewandten chemischen Analyse, und in allerumfänglichster Weise die chemischen Grundlagen der gesammten Technologie, schliesslich selbst juridische und Verwaltungsfragen ein. Das ist gewiss zuviel

des Anspruchs an den Einzelnen, dem etwa die Aufgabe zufällt, einen concreten Fall zur Entscheidung zu bringen. Wenn von gerichtlicher oder parteilicher Seite bald der Vertreter der Physiologie, des Land- oder Forstwesens, der Technik und der Chemie als Experte berufen wird, so führt das in den meisten Fällen nicht aufs Erste zur Aufklärung aller unentbehrlichen Gesichtspunkte.

Wohl jeder Gutachter hat einmal den Boden unter seinen Füßen wanken gefühlt, wenn er sich gewissenhaft über alle oder auch nur alle nothwendigsten einschlägigen Beurtheilungsmomente Klarheit zu verschaffen gesucht hat. Er ist dann vielleicht durch vorsichtiges Auftreten über die lockere Decke einer Falle glücklich hinweggekommen und musste es Fachleuten anderer Richtung überlassen, das Loch im Boden der Beweisführung zu schliessen. So wird sich der Land- und Forstwirth stets von der Beurtheilung der Ursache, nämlich der Beschaffenheit der Rauchquelle und ihrer Schädigungsmöglichkeiten fernhalten müssen, noch weniger das wichtige Beweiglied, die chemische Analyse richtig handhaben können, während der Chemiker und Physiologe natürlich Verzicht leistet auf die Taxation des Schadenwerthes aus dem Ertrags- bez. Zuwachsverlust. Das ist vor Allem Aufgabe des mit den localen Wirthschaftsfactoren vertrauten Land- oder Forstwirths. Dieser ist vor Allem in der Abschätzung der Leistung<sup>1</sup> oder Minderleistung seiner Culturpflanzen geübt. Er hat ein geschärftes Auge für das Befinden und Gedeihen der ihm anvertrauten Individuen. Das Herz, das in seiner Brust gewöhnlich für den Wald sehr warm schlägt und die hausväterlichen Gefühle können aber leicht einmal die Oberhand gewinnen. Die Schwierigkeit, sich von subjectiven Einflüssen ganz frei zu halten, giebt ihm wohl wenigstens eben so leicht einen parteilichen Standpunkt, wie dem Vertreter der Industrie.

Ein ganz anderes Ding ist die Beurtheilung der Wirkung, d. h. der Erkrankungserscheinungen nach Qualität und Intensität. Da wird am ersten derjenige sachkundig sein, der sich möglichst viel in der Praxis mit diesen Wirkungen befasst hat, der aber nicht nur die pflanzenpathologischen Erscheinungen ihrem Wesen nach genau kennt, sondern auch über die unzähligen Täuschungsmöglichkeiten möglichst viel Erfahrungen aus der Praxis gesammelt hat. Ein solcher Sachverständiger fällt nicht vom Himmel.

Zu diesen pflanzenpathologischen Specialstudien ist aber ebensowohl der Pflanzen-

chemiker, wie der Pflanzenphysiologe, wie der Forstmann ausgerüstet.

Von der Wirkung, den Symptomen aus, wird am allerhäufigsten einseitig geurtheilt, aber es wird dabei nicht selten versehen, dass der bekannte Causalnexus zwischen Ursache und Wirkung so weit als irgend möglich geklärt werde. Erst dann ist der vollständige Nachweis geliefert. In vielen Fällen allerdings ist es nicht möglich, bis zu dieser Lichtung durchzudringen. Der Parteisachverständige z. B. kann nicht stets, wie der von Gerichtswegen bestellte Gutachter, von beiden Seiten das Band des sachlichen Zusammenhangs knüpfen. Sein Gutachten wird demgemäss meist nach einer Richtung eine subjective Meinungsäusserung auf Grund von „Überzeugungen“ sein, welche dann ebensowohl richtig wie falsch sein können. Sie werden um so richtiger sein, je mehr er Urtheilskraft nach beiden Richtungen besitzt, wenn er z. B. als Kenner der pflanzenpathologischen Symptome und ihrer besonderen Ursachen auch der Beurtheilung der Rauchquellen gewachsen ist.

Ob z. B. dem Forstmann das letztere leichter fällt, als dem Untersuchungschemiker das erstere, ist nicht generell zu entscheiden. Dem richterlichen Ermessen bleibt es ja jederzeit anheim gestellt, auch blossen Ansichten eines Experten autoritative Geltung zuzuerkennen.

Im Ganzen würde demnach das richterliche Erkenntniss zweifellos am sichersten mit der Berufung eines Sachverständigen-Collegiums von vornherein fahren. Dem steht nur häufig das Missverhältniss zwischen Object und dem ganz enormen Aufwand an Kosten, an Mühe, Zeit, Sorgen und Störungen, welche gewissenhafte Sachverständige haben, entgegen.

Die Fragen, die dem Sachverständigen im gerichtlichen „Beweisbeschluss“ vorgelegt werden, sind häufig nicht so gestellt, dass er nicht in seinem Gutachten Einfluss auf ihre genaue Fixirung nehmen müsste. Sie erscheinen nicht selten von vornherein als unlösbar oder nicht dem Ermessen des Befragten unterstellt.

Also: zwei oder drei Sachverständige sind stets von vornherein erforderlich. Diese mögen dann nur in logischer Reihenfolge zusammenarbeiten. Der Führer des Aufklärungsschiffes möge in diesem klippenreichen Fahrwasser den Lootsen an Bord nehmen, d. h. den in seinem localen Schadengebiet seit längerer Zeit bekannten Wirthschaftsverwalter. Der Lootse ist unentbehrlich, wenn er auch nicht den Hauptkurs, das

Ziel bestimmt. Die Fhrung hat zunchst derjenige, der den naturwissenschaftlich-technischen Nachweis des Rauchschrdenumfangs zu erbringen hat. Erst nach dieser Aufklrung mgte das Vermessungsfahrzeug kommen und die Abschtzungen vornehmen, nicht gleichzeitig, wie dies oft geschieht, sonst sind die Folgen Missverstndnisse, sinnverwirrende Kritik, Replik, Duplik, Obergutachten u. s. f.

Gestatten Sie mir, nunmehr Einiges ber die nach meiner persnlichen Erfahrung richtige Fahrstrasse mit den drftigsten Umrissen der Klippen, d. h. der Tuschungsmglichkeiten, nebst einigen neu angebrachten Warnungssignalen vorzubringen. Es mgte dies als ein Beitrag zur Methodik des naturwissenschaftlich-technischen Nachweises oder des erschpfenden Gutachtens gelten.

In der Praxis wrde es stets von Vortheil sein, wenn es zur Klrung des Umfangs der Expertise von vornherein ausgesprochen wrde, ob das Gutachten

1. entweder eine blosser Meinungsusserung nach persnlicher Erfahrung und Lage der Acten,
2. oder eine Begutachtung nach Befund am Ort und den nothwendigsten Untersuchungen,
3. oder der erschpfende positive oder negative Nachweis auf Grund genauester und eingehendster Untersuchungen

sein soll. Das letztere kann nur bei grsseren Objecten angebracht sein, ist aber z. B. in dem besonderen gerichtlichen „Verfahren zur Sicherung des Beweises zu ewigem Gedchtniss“, wie bei uns der Fachausdruck lautet, unentbehrlich.

Um Gutachten mit kleineren Untersuchungen wird es sich meistens handeln, aber auch meistens kommen diese Gutachten blossen Meinungsusserungen nahe, wie sie m. E. nur in weniger bedeutenden Fllen odernach vorher ergangenen ausfhrlichen Gutachten allein Berechtigung haben.

Zur Hauptsache! Die praktische Beurtheilung der Rauchschrden muss sich natrlich ebensowohl auf die inductiv-experimentell gefundenen Thatsachen, wie auf wissenschaftlich gesichtete praktische Erfahrungen sttzen. Bei der Beurtheilung eines concreten Falles wrde es sich um dreierlei Hauptmomente handeln:

- I. Die Vorbeobachtungen, welche zur Vermuthung eines Rauchschrdens fhren nebst Aufzeichnungen ber die Vorgeschichte des Falles,

- II. Nachweis und Beurtheilung der Schrden, ihrer Ausdehnung und des Anthells der einzelnen Rauchschrden,

- III. Bewertung des Schadens fr Ersatzansprche.

Im ersten Punkt kann der Land- oder Forstwirth umsomehr zur Vermeidung von Tuschungen und zur Aufklrung beitragen, je vollstndiger seine Beobachtungen und Aufzeichnungen sind. Diese sollten umfassen: klimatische Beobachtungen ber herrschende Winde zur kritischen Zeit, d. h. deren Richtung und Stkrke, Niederschle, Temperaturverhltnisse (besonders ber sogen. „Sptrfrste“ im Frhjahr), ber das Getriebe der Insekten und sonstige reviergeschichtliche Ereignisse von besonderer Bedeutung, wie Waldstreunutzung, berhaupt Eingriffe in die Boden- und Bestandsbeschaffenheit.

In unserer Staatsforstverwaltung stehen z. B. derartige Handhaben in den sogen. Jahresanzeigen und 10 jhrigen Revisionsprotocollen manchmal ausreichend zur Verfugung. Auch sind mit vielen Oberforstereien meteorologische Stationen 2., 3. oder 4. Ordnung verbunden. Sonst mssen als Ersatz die Beobachtungen der benachbarten grsseren Stationen oder die Jahresberichte des meteorologischen Centralinstituts und Aussagen der Ortsansssigen eintreten.

Die Kenntniss der Rauchschrdenfrage giebt viele Anhaltspunkte hierfr, und das ist dasjenige, was wir im zweiten Punkt zusammenfassen wollen. Zur Urtheilsbildung gehrt eine sehr grosse Zahl von Beurtheilungsmomenten.

Der dritte Punkt, die Schadenbewertung, ist mehr oder weniger dem subjectiven Ermessen des Taxators unterstellt.

Auf der Tafel I habe ich zunchst die Beurtheilungsmomente fr den vollstndigen Nachweis registriert. Zum grssten Theil kann ich sie hier nur oberflächlich berhren, um die beiden fr uns interessantesten Hauptpunkte: die Bedeutung der Raucharten fr die Vegetation und die Principien der Anwendung der chemischen Analyse hervorheben zu knnen.

Die Art und Bedeutung der Rauchschrdenquelle und die daraus folgenden Schdigungsmglichkeiten werden in den Gutachten meist zu wenig bercksichtigt oder von nichtchemischer Seite hufg positiv falsch beurtheilt. Ich will damit nicht sagen, dass ich diese Fragen hier in jeder Weise correct behandeln knnte. Das ist unmglich. Ich komme aber auf Einiges zurck. Es giebt

## Tafel I.

## Methodik der Beurtheilung von Rauchschäden.

## A. Beurtheilungsmomente.

## I. Befund an Ort und Stelle:

1. **Schädigungsmöglichkeit** (Ursache): **Art und Bedeutung der Rauchquellen.**
2. **Erkrankungssymptome im Einzelnen** (Wirkung).  
Schädigungsgrad mit Rücksicht auf die empirische Resistenzreihe, acute Verletzungen, chronische Beschädigungen.
3. **Täuschungsmöglichkeiten.**
  - a) **Ernährungsstörungen:**  
Verletzung der Wurzeln durch Thiere und Pilze.  
Bodenvergiftung durch gewerbliche Abwässer (z. B. der Montanindustrie).  
Entwässerung durch Bodeneinschnitte bei Weg- und Bahnbauten, Tunnels, Bergwerkstollen, Wasserversorgungsanlagen.  
Übermäßige Bewässerung und wechselnder Grundwasserstand.  
Bodenarmuth (falscher Standort, Streunutzung, ungenügende Düngung im landw. Betrieb).  
Bodenfrostscha den (mangelnde Wasserzufuhr von der Wurzel aus bei angeregter Transpiration in Folge plötzlichen Eintritts von Wärme), auch „Barfrost“.
  - b) **Directe Frostscha den** („Spätfroste“), Wirkung auf die oberirdischen Pflanzentheile.
  - c) **Technische Fehler** der forstlichen oder landwirthschaftlichen Bestands- und Bodenpflege, ungeeigneter Standort.
  - d) **Mechanische Verletzungen** der Blätter (durch das sogen. „Peitschen“ des Windes etc.).
  - e) **Parasitäre Erkrankungen** der oberirdischen Pflanzentheile (Insektenfrass, Pilzwucherungen in den Cambial- und Assimilationsgeweben).
4. **Vertheilung der Symptome nach Intensität und Ausdehnung** } Gestalt der „Fangfläche“  
mit Annäherung oder Entfernung von der Esse } (normal: elliptisch, in der Ebene).
5. **Zusammenhang mit den herrschenden Windrichtungen**

## II. Zweckmässige Probeentnahme für die Untersuchung im Laboratorium.

## III. Untersuchung im Laboratorium:

1. **Zuwachsgang** (bei Waldschäden): Lineare (Durchmesser-) Zuwachsmessungen an den Stammscheiben der Probebäume; Graphische Darstellung, Zusammenfall des Knicks der Zuwachscurve mit Inbetriebsetzung der Rauchquelle. Keine Massenzuwachsberechnungen!
2. **Pathologische Untersuchung:** Aufsuchung von Parasiten aus dem Reiche der Insecten und Pilze, mikroskopische Analyse.
3. **Chemische Analyse der Blatt- oder Nadelasche standortsgleicher Pflanzen:**  
Ermittelung von
  1. Rohasche bez. Reinasche.
  2.  $\text{SO}_3$ : a) Gesamtschwefel (Proc.  $\text{SO}_3$  in Trockensubstanz) } in  $\alpha$ ) exponirten kränkenden,  
b) Gesamtschwefel (Proc.  $\text{SO}_3$  in Asche) } in  $\beta$ ) geschützten gesunden  
c) Verhältniss des Gesamtschwefels der Asche von Nadeln und älteren Axen. Blattproben.  
d) Sulfatschwefel ohne organisch gebundenen („bleischwärenden“) Schwefel oder  
e) Desgl. nach Groven's Veraschungsmethode.
  3. Chlor in Trockensubstanz und Asche (exacte Veraschung!).
  4. Fluor in Carbonat- bez.  $\text{SiO}_2$ -freier Asche (Schäden von Superphosphat-, Glas-, Emailfabriken).

## IV. Parallele zwischen Befund an Ort und Stelle (I.) und Laboratoriumsuntersuchung (III.), Feststellung des Gesamtbildes und Discussion der Gesamtergebnisse.

## V. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen.

## B. Antheil verschiedener Rauchquellen.

S = Schadenantheil.

c = Säuregehalt der Rauchgase in Volumprocent.

k = jährlicher Kohlenverbrauch.

w = zugehörige procentische Windfrequenz.

d = kleinste Entfernung.

C = Constante der schädlichen Gasart (Rauchgefahrklasse).

x = Factor zur Reduction der Entfernung bei acuten Wirkungen saurer Nebel (x etwa = 10).

$$S = \frac{c \cdot k \cdot w}{d^{1,5}} \cdot \frac{C}{x} = \frac{c \cdot k \cdot w}{\sqrt[2]{d^3}} \cdot \frac{C}{x}$$

## C. Schadenwerthberechnung

auf Grund von A I, 2 und 4

- IV

- V

und nach besonderen Zuwachsermittlungen an Modellbäumen.

dies ja auch die wesentlichsten Grundlagen fdr die Besprechung der AbwehrmSglichkeiten.

Die Beschreibung der Erkrankungssymptome im Einzelnen und der TauschungsmSglichkeiten kSnnnte dickleibige Bnde ffillen! Das thut sie auch in der That.

Nur zu der bekannten empirischen Resistenzreihe, welche

an erster Stelle die empfindlichen NadelhSlder ganz in der Reihenfolge der Ausdauer ihrer Nadeln, dann die Buchen und alle anderen LaubhSlder bis zu der rauchharten Eiche und Ahorn, andererseits die empfindlichen Obstsorten fiber die mSssig empfindlichen Futtergraser und Halmfruchte bis zu den resistenten uippigen Kratern (Kartoffel und Hackfruchte im Allgemeinen) umfasst,

habe ich zu erwahnen, dass ich es fdr nSthig halte, zwei Skalen zu unterscheiden, welche einigermaassen verschieden erscheinen bei

gasfSrmigen und gelSsten Giften, also fdr die Urheber einerseits chronischer, andererseits acuter Schrden. Die gegen schweflige Sdre empfindlichste Tanne scheint z. B. in Folge des stSrkeren Wachstiberzuges ihrer Nadeln gegen saure Nebel viel resistenter zu sein als die Fichte.

Die ausserordentlich charakteristischen Unterschiede, die man erfahrungsgemSss fdr die beiden Hauptarten von Rauchschrden,

a) die acuten, b) die chronischen, in der Natur und im Experiment allenthalben findet, deuten schon auf eine gewisse Rauchart hin, hSufig viel entschiedener, als dies in Gutachten bercksichtigt wird.

Zur Charakteristik dieser beiden von StSckhardt zuerst auseinander gehaltenen Typen mSchte ich einige Erfahrungsregeln, deren Begrndung in meinen weiteren Darlegungen leider verstreut gegeben werden muss (um Wiederholungen zu vermeiden), aufstellen:

#### Acute Schrden

sind aufzufassen als Wirkung entweder abnorm hoher Concentrationen von  $\text{SO}_2$  (etwa fiber 1:10 000 = 0,01 Vol.-Proc. ohne scharfe Grenze!) oder durch saure Nebel der leicht condensirbaren, stark sauren Mineralsdre  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  einschliesslich  $\text{Cl}_2$ , am intensivsten durch die fluorhaltigen Gase  $\text{HF}$ ,  $\text{SiF}_4$  bez.  $\text{H}_2\text{SiF}_6$ .

Die Kennzeichen erscheinen bei der letzteren gewissermaassen mehr als heftige „Atzwirkungen“ gegenuber dem Einflusse der gasfSrmig tief eindringenden Gifte.

Jede Pflanzenart wird betroffen. Es kSnnen unter Umstnden durch einmaliges Auftreffen schon, meist durch wenige Wiederholungen, vernichtende Verletzungen auftreten, ebensowohl wie diese partiellen Verletzungen ohne Wiederholungen bei Laubbäumen gut ausheilen kSnnen.

Die vorherrschende Windrichtung ist demnach nicht so maassgeblich.

Die chemische Analyse der Blattasche versagt in den meisten Fllen.

Es ist selbstverstndlich, dass diese Regeln — ihre Anerkennung einstweilen vorausgesetzt — wichtige Rckschlüsse auf die schuldige Rauchquelle und Voraus-Schlüsse auf den Schadenumfang ermSglichen. Die Rckschlüsse kSnnen aber zunSchst nur „Verdchtigungen“ sein. Zur Beweisfhrung geht weit mehr.

Acute Schrden an Laubbäumen und landwirthschaftlichen Nutzpflanzen, verursacht

#### Chronische Schrden

sind die Folge anhaltender Zufuhr mehr oder weniger verdnnter  $\text{SO}_2$  (etwa unter 1:10 000), also sowohl des im Gasaustausch der Pflanze eindringenden gasfSrmigen Giftes, wie seiner Lsung in den diffundirenden Sften.

Die Kennzeichen sind verschiedenartige, unregelmSssige, langsam hervorkommende VerfSrbungen, Shnlich, wie sie durch nicht allzu eingreifende ErnhrungsstSrungen aller Art verursacht werden, jedoch in ganz anderer, charakteristischer Vertheilung.

Die verschiedene Resistenz der Pflanzenspecies und selbst der Individuen macht sich so stark geltend, dass fast nur die Coniferen, darunter in erster Linie die Tanne und Fichte, betroffen werden. Bei Laubbäumen und landwirthschaftlichen Culturpflanzen sind die typischen chronischen Schrden ausgeschlossen.

Chronische Schrden stehen in deutlichem Zusammenhang mit der herrschenden Windrichtung.

Die physiologischen Functionen der ganzen Pflanze, vorzugsweise die Assimilation, d. h. die Production von Zucker, StSrke, Cellulose, Proteinstoffen sowie die Transpiration werden mehr und mehr gehemmt.

Die Zuwachsverluste bei der Fichte beispielsweise kSnnen schon vor den Nadel-Symptomen deutlich auftreten.

Das Gift wird fast immer in den betroffenen Nadeln so aufgespeichert, dass es durch die Analyse nachweisbar ist.

durch besondere Betriebe, kSnnen wohl neben chronischen Schrden an den empfindlichen Coniferen, verursacht durch dnnere schweflige Sdre, auftreten. Im Hinblick auf die Rauchquelle und die Taxation mSssen sie aber streng auseinander gehalten werden! Man kann also keineswegs die Gesamtindustrie der Umgebung beschuldigen, wenn typisch acute Schrden an Laubbäumen beobachtet werden. Wegen der Ausdehnung und

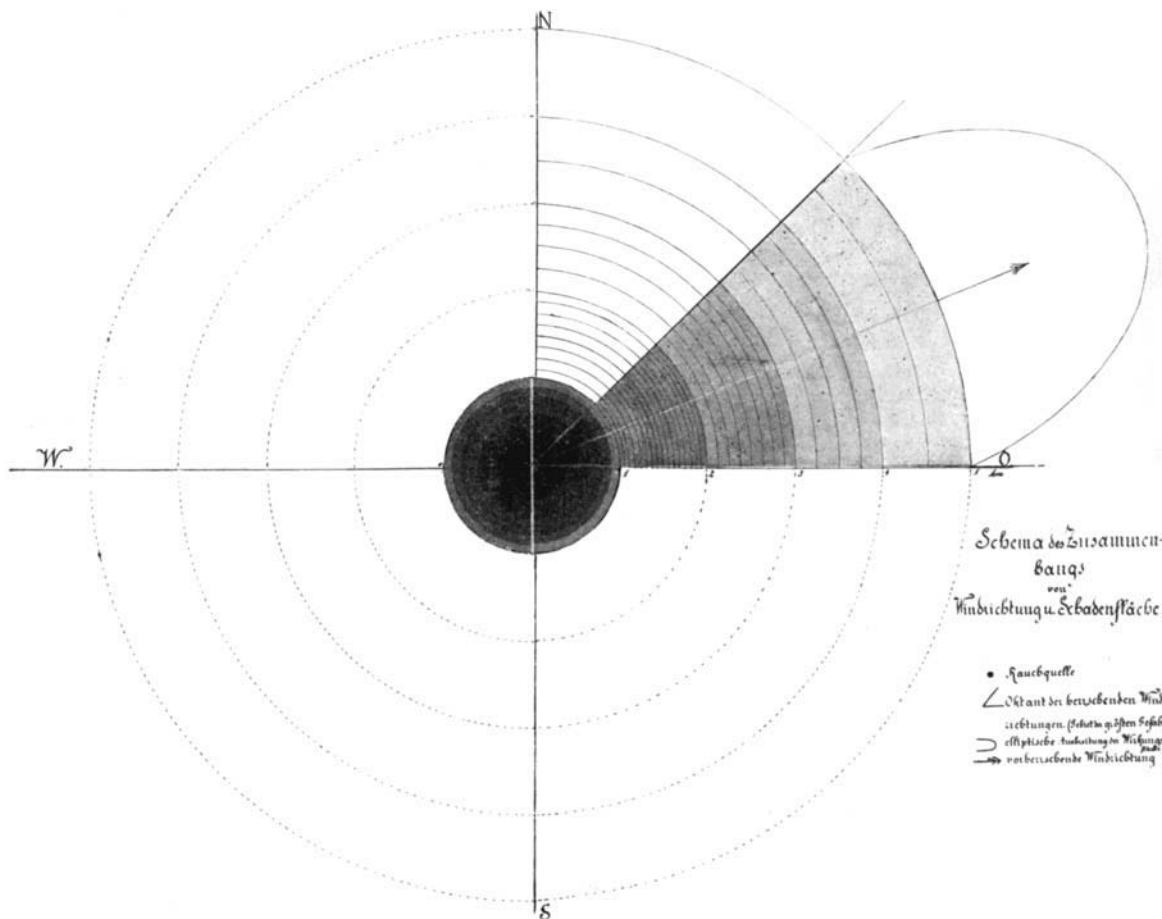
wegen der leidenden Holzart, der für alle technischen Zwecke werthvollen Fichte sind die chronischen Schäden als die weit- aus bedenklicheren anzusehen. Sie ergeben meist viel höhere materielle Schadenwerthe, sofern nicht das Gedeihen von Garten- oder Parkanlagen mit ihren hohen Affections- werthen oder Obstplantagen in Frage steht.

Sehr charakteristisch für die beiden Schadenarten und demnach in zweiter Linie

nur noch einmal die bedeutenden Unterschiede bei acuter und chronischer Belästigung verdeutlichen. Gewisse Übergangs- formen existiren natürlich auch.

Im Schema ist die elliptische Gestalt nur in dem Gebiet der chronischen Schäden, also im Octanten der herrschenden Windströmungen, angedeutet, von der Esse nach O bis NO ausstrahlend. Im Centrum befindet sich die Rauchquelle.

Tafel II.



für die Rauchart ist die Vertheilung der Symptome nach Intensität und Ausdehnung und ganz besonders in Verbindung mit der vorherrschenden Windrichtung. Ich bezeichne die Ausdehnung kurz als „Fangfläche“. Deren Gestalt würde natürlich nur in der Ebene und bei einheitlichen Pflanzenbeständen normal ausgebildet, als Ellipse, deren Brennpunkt die Rauchquelle bildet, erscheinen. Sie wird andererseits durch die topographischen Verhältnisse der Örtlichkeit (Exposition der Gewächse) und durch die Art der Pflanzen (resistente und empfindliche) bestimmt.

In dem Schema der Tafel II möchte ich

Wie sich die (hier concentrischen) Kilometerkreise nach innen fortgesetzt vervielfachen, so müssen die Symptome mit der Annäherung verstärkt gefunden werden. Das ist ja selbstverständlich. Aber es tritt hier — natürlich nur praeter propter — der innerste Kilometer ausdrücklich als das nach allen Richtungen wichtige Gebiet acuter Schäden noch besonders als volle dunkle Kreisfläche hervor. Da haben 100 Meter eine ähnliche Bedeutung wie im nordöstlichen Quadranten der chronischen Schäden die Kilometer, und alle Richtungen sind nahezu gleichwerthig im Gebiet der acuten Schäden. Bei uns herrschen die westlichen

Winde von Südwest bis West mit über  $\frac{1}{3}$  aller Strömungen vor.

Dass Thäler und Berge die vorherrschende Richtung ablenkend beeinflussen können, ist hier wohl zu berücksichtigen.

Es giebt ein sehr einfaches und sicheres Merkmal zur Feststellung der vorherrschenden Strömung: das ist die Russablagerung am Essenkopf auf der windgeschützten Seite, wo der Rauch durch das Vacuum hinter der Esse herabgezogen wird. Bei nicht zu alten Schornsteinen ist der Essenkopf auf der Seite des auftreffenden Windes relativ sauber. Das könnte nicht sein, wenn alle Windrichtungen gleich frequentirt wären. In der Ebene und auf Höhen ist die berusste Seite auf der östlichen oder nordöstlichen Seite, in Thälern nach einer Thalrichtung gewendet. Diese bedeutet dann die Richtung der grössten Gefahr, bez. für chronische Schäden die einzige Gefahrseite.

Die Gestalt der Fangfläche und die Steigerung des  $\text{SO}_2$ -Gehaltes mit Näherung zur Rauchquelle müssen selbstverständlich durchaus in Correspondenz stehen, aber auch wieder nur bei chronischen Schäden, wo die Zunahme oder Abnahme des Schwefelsäuregehaltes in der That häufig gefunden wird.

Professor von Schroeder ging so weit, direct auf der Karte die Analysenergebnisse an den Probepunkten in die Karte einzzeichnen und eine Grenzlinie um die abnorm erscheinenden Zahlen zu legen. Diese Grenze musste dann die Schadenfläche umschliessen und zum Ausdruck bringen, wie dies die beiden Karten Tafel III\*) und Tafel IV\*\*) (hier nicht wiedergegeben) veranschaulichen. Die grosse Karte der Tafel IV stellt das Schadengebiet im nördlichen Harz in eigenartiger Weise dar. Man soll danach die Wirkung der Thalzüge, des Ockerthals insbesondere, verfolgen können. Da ist die Fangfläche, nach dem Thalzug deformirt, bis auf eine Länge von etwa 9000 Metern zum Ausdruck gekommen.

Wenn auch die Gestalt der Fangfläche das allerwesentlichste Characteristicum ist, so bin ich doch für eine so entschiedene graphische Anwendung der chemischen Analyse nicht gerade eingenommen. Darauf komme ich später noch zurück.

Gestatten Sie nur zuvor ein paar Worte über die Täuschungsmöglichkeiten. Selten will es ein tückischer Zufall, dass die irreführenden Symptome anderer Erkrankungen die gleiche Vertheilung, wie wir

sie in der sogen. „Fangfläche“ finden, aufweisen.

Natürlich sind unter Umständen kleinere Ernährungsstörungen sehr schwer zu erkennen.

Am leichtesten dürfte es stets sein, parasitische Schädlinge zu entdecken und solche Symptome von Rauchmerkmalen zu unterscheiden. Die genaue Identificirung ist in manchen Fällen natürlich nur dem specialistischen Kenner möglich.

Die pathologische Untersuchung (III, 2) braucht aber meist nur in schwierigeren Fällen zum Mikroskop zu greifen.

Sie ist insofern von grösster Bedeutung, als ein positives Ergebniss häufig alle weiteren Untersuchungen unnöthig macht. Freilich existiren Andeutungen — und mehr als das —, welche darauf hinweisen, dass durch Rauch geschwächte Pflanzen leichter parasitischen Infectionen anheimfallen. Diese würden dann nur secundäre Bedeutung haben.

Welche Bedeutung solche Täuschungen durch Parasiten gewinnen können, möchte ich durch eine Episode aus den letzten Jahren und aus der Umgebung der Halsbrücker Esse illustriren. Dieser grossartige Bau ist in unverdienter Weise schlecht angeschrieben bis in sehr weite Entfernungen. In den letzten, regenreichen, den Pilzwucherungen so günstigen Jahren entstand unter den Landwirthen im Norden der Halsbrücker Esse — in der Wilsdruffer und Meissner Gegend, also in einer vom Wind sehr wenig frequentirten Richtung — eine Art Panik. Obstbäume, Getreide, Futterkräuter, ja selbst die Bienen sollten seit einer Reihe von Jahren bei Südwind verdächtige Reactionen zeigen.

Ein geradezu mustergültiges physiologisches Gutachten des vereidigten physiologischen und landwirthschaftlichen Sachverständigen, Professor Dr. Mehner in Freiberg, konnte Punkt für Punkt nachweisen, dass die Symptome auf parasitische Infectionen allein zurückzuführen waren, bei den Obstbäumen auf die in neuester Zeit eigenthümlich epidemisch erscheinenden Fusicladiumpilze, die Verursacher der sogen. Schorfkrankheit u. s. f.

Als epidemische Krankheit wird sich wohl auch das „Fallen“ der Bienen herausstellen. Das Mehner'sche Gutachten ist übrigens auf Veranlassung des Herrn Oeconomieraths und Abgeordneten Andrä im Wochenblatt für Wilsdruff am 30. September 1899 zum Abdruck gelangt.

Es hat mich dieses Gutachten um so mehr erfreut, als ich vorher in einem Gutachten für das Freiburger Landgericht auf

\*) Siehe v. Schroeder u. Schertel, Jahrb. f. d. Berg- u. Hüttenwesen i. Königr. Sachsen 1884.

\*\*) Siehe v. Schroeder u. Reuss, Die Beschädigung der Vegetation etc. Parey, Berlin 1883.

<sup>1)</sup> Chem. Ind. 1899 und Chem.-Ztg. 1896, 165.



der Raucharten.  
(unten Rauchgefahrklassen).

Tafel V.

7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Abgase der Säurefabriken (Halsbrücke)	Abgase der Glasfabriken mit Sulfatbetrieb	Abgase der Hohl- und Milchglasfabriken bei Verwendung von Kryolith, Flussspath	Abgase der Superphosphatfabriken	Abgase der Ringziegelöfen	Leblancfabriken, Sulfat, HCl, Chlorkalk	Keramische Glasur (Na Cl-Verfahren)	Bleichen (Papier, Holzstoff, Strohstoffbleiche)	Blaufarwerke, Sulfitcellulose, Rübenzucker (Saturation), Alaunfabriken, Ölraffination etc.	Fabrikation von HNO <sub>3</sub> , Nitrokörpern, Sprengstoffen	Locomotivrauch	Vulkanische Exhalationen
2,5				68,44 8,96 7,77 (—) viel!						49,39 6,3 5,41 (—) 40,86	
0,26	b. Anheizen 0,089 b. Schmelzen 0,443			— 0,074 0,023				Ultra- marinöfen 3,0 ... 0,5		— 0,039 0,004	
		!	hauptsächlich fluorhaltige Abgase HNO <sub>3</sub> aus d. Kammer-säure	!!							Bor-säure

rückstände in Abfall-Halden)

Blutlaugensalzen etc. etc.)

3	3	4	4	4	4	3	4	2 (0)	4	3	
4	4	4	0 (1)	0 (1)	3 (2)	2	0 (1)	4 (0)	0 (1)	0	

der's, welche einen noch heute unzweifelhaft gültigen Erfolg gehabt haben, d. i. die Beseitigung der Irrmeinungen, welche eine Erstickung der Pflanze durch Steinkohlens-russ oder Vergiftung des unterirdischen Pflanzentheils durch metallische Gifte der Flugasche von Metallhüttenwerken annahmen.

Für die Erstickung durch Russ sprach die ganz richtige Beobachtung, dass die Respiration beträchtlich gehemmt wurde und die Blattorgane verdörrten, für die Vergiftung über der Wurzel die Ähnlichkeit mit den Symptomen anderer Wurzelnährungsstörungen und die Thatsache, dass die Flugasche der Metallhütten vor Einführung der Flugstaubfänger oft so viel As<sub>2</sub> O<sub>3</sub> lieferte, dass das Vieh bei der Verfütterung der

Pflanzen aus der Umgebung Vergiftungen zu verspüren bekam.

Es ist hier kein Raum, zu schildern, in welcher lichtvollen Weise der Nachweis erbracht wurde, dass nicht die im Rauch fortgeführten Feststoffe die Missethäter sind, sondern die schweflige Säure, und dass direct nur der oberirdische Theil der Pflanze leidet.

Weniger sicher sind die älteren Experimente mit den Gasarten, weil die Einrichtungen nicht geeignet für die nothwendigen Versuchsbedingungen waren. Solche experimentelle Nachahmungen specifischer Rauchschäden — die wir kurzweg „künstliche Rauchschäden“ nennen — dürfen selbstverständlich keine allzu grossen Ab-

weichungen von den natürlichen Lebensbedingungen der Pflanzen aufweisen. Bei kleineren Abweichungen können sie nur dann als *experimentum crucis* gelten, wenn diese Abweichungen bestimmt beabsichtigte sind und ihr Einfluss deutlich ersichtlich wird, ja meist nur dann, wenn die Versuchspflanzen unter den etwas ungünstigeren Umständen annähernd wie die Controlpflanzen aushalten, nicht aber in dem Maasse, wenn sie angegriffen werden.

In den letzten 5 Jahren habe ich mit sämtlichen nachtheiligen Rauchbestandtheilen experimentirt, um etwas festere Grundlagen zur Beurtheilung der Wirkungen und der Anwendbarkeit der chemischen Analyse im Vergleich mit meinen Erfahrungen in der Praxis zu gewinnen. Dabei habe ich mich der ausgezeichneten Mitwirkung meiner Assistenten, besonders meiner jetzigen Assistenten Dr. Sertz und Dr. Schröder erfreuen können.

Die Änderungen, die ich vor Allem für nothwendig gehalten habe, möchte ich zunächst hervorheben. Acute Schäden hat man bisher in kleinen Glaskästen, chronische in Laboratoriumszimmern erzeugt, indem man stossweise und in ungewisser Wiederholung die Luft mit einer gewissen Menge schwefiger Säure aus verbrennender alkoholischer  $\text{CS}_2$ -Lösung versah. Die plötzliche Entwicklung der ganzen Masse von dem Ort der Verbrennung aus macht es wahrscheinlich, dass gelegentlich auch höhere Concentrationen, als beabsichtigt, zur Pflanze gelangen. Luftwechsel wurde geradezu vermieden.

Ich habe mir ein eigenes ventilirbares „Räucherhaus“ hergestellt, durch welches ich einen wenigstens annähernd messbaren Luftstrom hindurchschicke. Die Zuluft wird durch eine Lampe mit Glasdocht, welche monatelang gleichbleibenden Verbrauch hat, mit einem gewissen Gehalt an schwefiger Säure versehen. Es tritt also während der Versuchsdauer ein giftbeladener Luftstrom ein und aus, ohne dass die Concentration wesentlich geändert wird. Die ersten Einrichtungen und Versuche habe ich im Tharandter Jahrbuch vom Jahre 1898 beschrieben. Inzwischen habe ich einige weitere wesentliche Verbesserungen eingerichtet. Wenn damit auch noch nicht das Ideal eines Versuchs-Räucherhauses erreicht ist, so ist der Hauptzweck bis zu einem gewissen Grade damit erreicht, d. h. das Stagniren der Luft und uncontrolirbare Concentrationen sind vermieden.

Seit der vorigen Vegetationsperiode benutze ich ein sehr einfaches Verfahren, wel-

ches bezweckt, die bisher so störenden individuellen Schwankungen bei Versuchs- und Controlpflanzen ganz auszuschliessen. Ich brauche keine Controlpflanzen mehr. Die Versuchspflanze theile ich einfach, wie Sie das an der Modellpflanze sehen, durch eine Papierwand in zwei Hälften, von denen die eine durch kleine Fenster in die freie Luft hinausragt, während die andere im Räucherhaus mehr oder weniger misshandelt wird.

Symptome und Analyse müssen so absolut zuverlässig werden. Ein Theil der Versuche wurde direct an Freilandpflanzen des Tharandter Pflanzgartens, in welchem das Laboratorium steht, vorgenommen.

So die Versuche über die Wirkung des Russes und seiner Bestandtheile.

Die Russversuche Stöckhardt's hat schon Dr. W. Schmitz-Dumont im Tharandter Laboratorium im Jahre 1896 wiederholt. Als er dann nach Transvaal als Staatschemiker berufen wurde, habe ich die Experimente mit meinen Assistenten weitergeführt. Das Resultat aller Versuche mit Steinkohlenruss, Braunkohlenruss, mit Russ-extracten (Phenolen, Sulfaten etc.) und mit Benzinruss kann man mit Sicherheit dahin zusammenfassen, dass nur die Blattorgane weniger resistenter Pflanzen, der Weiss- oder Hainbuche (Hornbaum) und Linde, erst nach diesen die Nadeln der Fichte, und zwar ausschliesslich durch die Extractstoffe: Phenole, schwefelsaure Salze in einer Weise behelligt werden, welche als geringere Ätzwirkungen zu charakterisiren sind. Augenscheinlich bewirken die eintrocknenden Salze osmotische Wasserentziehung und Austrocknung. Der Russ selbst kann als unschädlich mit Sicherheit gelten. Auch die Vermuthung, dass der schwarze Überzug des reinen Benzinrusses durch seine Licht-Absorption und -Umwandlung in Wärme im directen Sonnenlicht — also gewissermaassen Herstellung eines ungewohnten Klimas — nachtheilig sei, konnte selbst bei stärkster Berussung nicht festgestellt werden. Es ist dadurch der Stöckhardt'sche Versuch mit der Fichte vom Jahre 1862 bestätigt. Gelegentlich anderer Versuche im Walde selbst konnte ich übrigens constatiren, dass der Russ überhaupt nicht in einen normal dichten Waldbestand eindringt. (Näheres Tharandter Jahrbuch 1898, Bd. 48, S. 179.)

Eine Russplage oder Russbelästigung müssen wir ja in einem ganz anderen Sinne anerkennen; Russschäden an der Vegetation existiren praktisch nicht. Die Russbeseitigung oder Rauchverbrennung, rauchfreie Feuerung in den Grossstädten ist

diejenige Seite der Rauchfrage, deren Lösung gerade die hiesige technische Hochschule beschäftigt hat und bekanntlich mit den Namen Hempel und Lewicki verknüpft ist.

Die am Anfang der Tafel V aufgeführten Destillate sind im Stande, analog den Russextractstoffen acute Schäden, Ätزشäden in nicht sehr lebhafter Form zu erzeugen. Sie stehen also auch in gewisser Analogie zu den acuten Schädigungen durch saure Nebel. Das lehrt ausser dem Experiment auch die praktische Erfahrung, z. B. bei gewöhnlichen Kalköfen.

Sowie beim Brennen des Kalksteins das Calciniren, also die Kohlensäureabspaltung, einsetzt, treten im Rauch grosse Mengen theeriger Destillate auf, die als Theernebel auf die Pflanzen Ätzwirkungen ausüben.

Das Hauptinteresse beanspruchen die Rauchgasarten. Ich habe in der Tafel V gegenübergestellt:

1. als gewissermaassen normale Rauchgase die des Holzfeuerungsrauchs, der ja bei vollständiger Verbrennung praktisch frei von schädlichen Gasen ist;
2. die schädlichen „unnormalen“, ausgesprochen sauren Gase, deren allgemeinsten Typus im Steinkohlenrauch der Dampfkesselfeuerungen und Hausfeuerungen auftritt, während besondere, ausnahmsweise und seltene Gasarten in dritter Linie folgen.

Selbst  $\text{CO}_2$  und  $\text{H}_2\text{O}$ , die wichtigsten Pflanzennährstoffe, können gelegentlich pflanzenfeindlichen Charakter gewinnen. Nach den Versuchen der Botaniker trägt die Pflanze einen etwa 15- bis 20fach übernormalen Gehalt der Luft — der bekanntlich normal 0,04—0,06 Proc. ist — nicht mehr ohne Functionsstörungen. Nach Godlewski's<sup>2)</sup> Versuchen stören 5 Proc.  $\text{CO}_2$  die Assimilationsthätigkeit lebhaft, bei 10 Proc. soll die Lebensthätigkeit beinahe = 0 sein!

Eigenthümlicherweise verzeichnet die botanische Litteratur eine merkwürdige Indifferenz des  $\text{CO}$ . Erst bei über 10 Proc.  $\text{CO}$  in der Luft tritt eine Hemmung der Chlorophyllbildung mit allen ihren Folgen nach Just's<sup>3)</sup> Beobachtungen ein.

Eine gewisse Erklärung liegt vielleicht in der Thatsache, dass Chlorophyll nicht wie Hämoglobin  $\text{CO}$  bindet, ein Umstand, der bekanntlich gegen die Baeyer'sche Assimilationshypothese ins Feld geführt wurde.

Das Kohlenoxyd, das ja übrigens auch nur ausnahmsweise auf der Rauchbildfläche erscheint, ist daselbst also bedeutungslos.

Die merkwürdige Wirkungsweise der schwefligen Säure ist dagegen physiologisch noch nicht vollkommen geklärt, kaum so weit, bis man an das grosse Räthsel des Lebens der Zelle herankommt. Die Transpiration der Pflanze wird ganz enorm durch geringe Mengen herabgedrückt. Das hat v. Schroeder<sup>4)</sup> nachgewiesen.

Der Haupteinfluss ist aber ein ganz extremer Eingriff in den Chemismus der Assimilation. Die Einzelwirkungen der  $\text{SO}_2$  sind nach den Vorstellungen, die man jetzt vom Assimilationsvorgang haben muss, in vielerlei Weise erklärlich.

Den Chemiker kann es nicht Wunder nehmen, wenn er sich zunächst die Einwirkung der schwefligen Säure und ihrer Salze auf die Aldehyde vor Augen hält, die doch zweifellos als Zwischenstufe der Umwandlung der  $\text{CO}_2$  in Aldehyd und weiter durch Aldolcondensation in Kohlehydrate anzunehmen sind.

Curtius' und Reinke's Isolirung eines Blätteraldehyds haben diese Assimilationshypothese weiter sicher gestellt. Zur Aldolbildung und anderen Synthesen sind die Aldehyde am meisten bei Gegenwart geringer Mengen Alkali, in Gegenwart oder in Verbindung mit  $\text{SO}_2$  und  $\text{H}_2\text{SO}_4$  wohl nicht befähigt. Das lehren u. A. Löw's Versuche über die Bildung der Formose und Acrose aus Formaldehyd unter dem Einfluss von Kalkmilch. Ganz ähnliche Störungen sind anzunehmen für das Asparagin und die Eiweissbildung. Wahrscheinlich tritt eine ganze Reihe anderer mechanisch und chemisch physiologischer Wirkungen hinzu, wie osmotische Störungen, Reizerscheinungen, katalytische Giftwirkungen auf das lebende Protoplasma, Beeinträchtigung der Chlorophyllbildung, hydrolytische Verseifung des wahrscheinlich lecithinartig aufgebauten Chlorophylls, schliesslich directe ätzende Zerstörungen durch die in den empfindlichen Geweben entstehende Schwefelsäure u. s. f. Die schweflige Säure dringt zum Theil als gasförmiges Gift in den Gasaustausch der Pflanze ein; die statische Diffusion<sup>5)</sup> führt sie leicht bis zu den Chlorophyllkörpern hindurch; dort aber wird sie durch vielerlei katalytische Beihülfe schnell durch den nascenten Sauerstoff in Schwefelsäure übergehen. Das wird um so mehr geschehen, je mehr der Chlorophyllapparat in

<sup>2)</sup> Ber. d. D. Chem. Ges. 1876, 2, 1570.

<sup>3)</sup> Chem. Centralbl. 1882, 642.

<sup>4)</sup> v. Schroeder-Reuss, Die Beschädigung der Vegetation etc., 1883, S. 72 f.

<sup>5)</sup> Brown und Escombe, Naturw. Rundsch. 1901, No. 7, S. 81.

Thätigkeit ist, also bei starker Belichtung. In der That habe ich in einer grösseren Versuchsreihe die ganz ausserordentlich verschiedene Empfindlichkeit bei ruhender und bei thätiger Assimilation an der als sehr rauchempfindlich bekannten Fichte mit Sicherheit feststellen können<sup>6)</sup>. Es geht daraus hervor, dass selbst die Coniferenvegetation bei Nacht und im Winter sehr viel resistenter ist, als zu Zeiten lebhafter Vegetation: bei Tag und im eigentlichen Sommerquartal Juni bis August. Das sind also die Zeiten der grössten Gefahr, während Nachtbetrieb und Wintercampagne (z. B. bei Ziegelöfen) einen gewissen Schutz versprechen.

Das Gift wird in den Assimilationsorganen aufgespeichert. Seine Wirkung ist aber keineswegs eine Function der aufgespeicherten Menge. Das ist bei der Anwendung der chemischen Analyse wohl zu berücksichtigen, schliesst aber nicht etwa, wie viele Physiologen wollen, die chemische Analyse als entscheidendes Moment aus.

Von allen Experimentatoren ist bisher constatirt worden, dass gerade sehr heftige, kurze und plötzliche Angriffe geradezu todbringend sein können, ohne dass die analytische  $\text{SO}_3$ -Zahl wesentlich gesteigert erscheint, ferner dass umgekehrt sehr hohe  $\text{SO}_3$ -Gehalte bei chronischem Verlauf gefunden werden, ohne dass selbst die ersten Krankheitssymptome zu beobachten wären.

Ich selbst habe das bisher bei allen künstlichen Rauchschadenexperimenten und praktisch-gutachtlichen Analysen so sicher gefunden, dass man es als eine Regel gelten lassen kann, mit der Observanz natürlich, dass Übergänge existiren, aber zurücktreten.

Die gesammte physiologische Störung setzt sich aus 2 Hauptwirkungen zusammen: dem von mir früher experimentell bewiesenen Eingriff in den Chemismus der Assimilation und andererseits einer reinen Giftwirkung, d. h. Hemmung des Systems eigentlicher vitaler Vorgänge, gewisser Reizerscheinungen, Transpiration, Plasmathätigkeit, Chlorophyllbildung und Arbeit des Chlorophylls. Die erstere Störung verursacht die bekannten bedeutenden Zuwachsverluste der Holzpflanzen, ohne dass das Leben der Pflanze in Frage kommt.

Ramann und Sorauer haben kürzlich diese Störungen in einer sehr interessanten Abhandlung als Ursache der sogenannten „Unsichtbaren Rauchschäden“ und der individuellen Verschiedenheiten geschildert, d. h. der Belästigungen, welche bei langem,

chronischem Verlauf erst sichtbare Schäden erzeugen können, welche andererseits mit Entlastung vom Gift oft wieder zu richtigen Functionen ausheilen, welche ferner nach ihrer Dauer die Stoffproduction der Pflanze immerhin so stark beeinträchtigen können, dass dies im Zuwachsverlust zum Ausdruck kommen, also auch Materialschaden anrichten kann.

Wenn wir diese unsichtbaren Rauchschäden anerkennen, so müssten wir unter allen Umständen und an allen Orten Rauchschäden anerkennen, wo überhaupt saure Rauchgase nachweisbar sind.

Das letztere ist aber nach Ost's und meinen eigenen Untersuchungen für  $\text{SO}_2$  fast überall der Fall. Ost hat in der Heideebene und im Süntelgebirge, ich gleichzeitig in sämtlichen sächsischen Staatsforstrevieren mittels der mit Baryt getränkten Zeugstücke die Atmosphäre auf  $\text{SO}_2$  geprüft. Es hat sich herausgestellt, dass überall wesentlich mehr Schwefelsäure auftritt, als sie nach dem Kieselsäuregehalt der Probelappen dem atmosphärischen Staub zugeschrieben werden könnte. Für relativ quantitative Abschätzungen hat mir die Intensität der Berussung der weissen Zeugstücke und vor Allem der Absättigungsgrad des Baryumcarbonats mit Schwefelsäure einige interessante Aufschlüsse gegeben.

Soweit wie die schwefelige Säure sind nun die Rauchschäden natürlich nicht verbreitet. Die Thatsache, dass die besser qualificirten Holzsortimente ganz allgemein im Rückgang begriffen sind, darf gewiss nicht in diesem Sinne dem Industrierauch zur Last gelegt werden.

Wer wollte es wagen, zu entscheiden, auf welcher Seite die Schuld an dieser Erscheinung der Übercultur liegt, bei der rapide steigenden Technik oder vielleicht bei einer allzu sorgsam forstlichen Culturpflege, irrigen Durchforstungslehren, ehemaligen Fehlern in der Bodenpflege u. s. w.! Es liegt ja im Wesen der forstlichen Experimente, dass Fehler in Folge der hohen Umtriebszeiten erst nach langen Zeiträumen hervortreten können. Das kann also keine Schuld der Person, der Lehrmeinungen und Grundsätze involviren.

Einer Nachprüfung mit verbesserten Einrichtungen bedurften und bedürfen noch weiter die Experimente mit den Rauchsäuren, um hauptsächlich die unsichtlichen Verdünnungsgrade etwas sicherer kennen zu lernen. Die bisher gültigen Zahlen greifen auf Stöckhardt's und v. Schroeder's gemeinsame Beobachtung zurück, wonach schon 1 Raumtheil  $\text{SO}_2$  in

<sup>6)</sup> Tharandter Jahrbuch 48, S. 152.

1 Million Raumtheilen Luft nach 335 Einzelrucherungen in 60 Tagen alle Merkmale chronischer Schäden hervorbrachte.

Wegen der vorhin beschriebenen Mängel der Versuchseinrichtungen erscheint mir doch dieser Wirkungsgrad zu hoch, d. h. ich glaube, die thatsuchlich wirksame Concentration und der Einfluss des Ventilationsmangels sind unterschätzt worden. Nach meinen späteren 4 jährigen Versuchsreihen mit etwas besser regulirbarem Gasdurchzug hat sich bei mir die Überzeugung gefestigt, dass die Concentration  $\frac{1}{500\,000}$  schweflige Säure, d. i. 0,0002 Volumprocent, selbst bei anhaltender Zufuhr und in relativ feuchter Luft, erst im Verlaufe **einer ganzen Vegetationsperiode** im Stande ist, chronische Schäden an jungen Fichten zu verursachen. Einzelne Exemplare bleiben dabei noch ganz lebenskräftig. Ich glaube sicher, dass in der freien Natur mit dieser Concentration schon der Unschädlichkeitsgrad erreicht ist.

Bis dahin müssten also die Industrieabgase für junge Fichtenbestände verdünnt sein. Die Empfindlichkeit der Fichte ist in der jüngsten und ältesten Altersklasse erfahrungsgemäss am grössten, in den mittleren Altersklassen geringer.

Wir finden in allen Dingen die gleichen ausserordentlichen Gegensätze der chronischen und acuten Schäden in der Natur und im Laboratorium. Im Verlaufe einiger Wochen habe ich Schädigungen erst mit Concentrationen von rund 1 : 100 000, d. i. 0,001 Volumprocent schweflicher Säure unter stetiger Rucherung auftreten gesehen.

Das Verhältniss 1 : 10 000 = 0,01 Volumprocent ist schon als sehr gefährlich für die empfindlichen Coniferen anzusehen. Die Fichte stirbt da in wenigen Tagen ab.

Das hier ausgestellte Exemplar ist vor 14 Tagen mit 1 : 2000 schweflicher Säure halbseitig geräuchert worden. Sie erkennen daran die Zerstörung des Chlorophylls an der zunächst fahlgrunen Verfärbung der betroffenen Hälfte, welche in Kurzem das bekannte Rostroth aufweisen wird. Diese Verfärbung setzte bereits nach 4 maliger Rucherung deutlich ein; die Nadeln begannen am 3. Tage stark zu fallen.

Also diese 0,05 Volumprocent schädigen in kürzester Zeit bis zur Vernichtung.

Die weitaus widerstandsfähigeren Laubbäume sogar werden auch schon durch die Concentration 1 : 10 000 stark behelligt.

Den allerussersten Unschädlichkeitsgrad müssen wir demnach in der Grössenordnung zwischen  $10^{-6}$  und  $10^{-5}$  annehmen.

Für die Laubhölzer und landwirthschaft-

lichen Culturpflanzen würde er schon eine vielfache Sicherheit geben.

Ich bedaure um so mehr, diese Angaben hier nicht ausführlich begründen zu können, als ich diese Zahlen nachher als Grundlage für die Abwehr durch Verdünnung benutzen muss.

Ein ganz anderes Wesen haben die Urheber der gewöhnlichen **acuten** Schäden in der Natur, die nebelbildenden Säuren  $H_2SO_4$ ,  $HCl$ ,  $HF$ ,  $H_2SiF_6$  neben dem Fluorsilicium. Diese treten vermuthlich immer in gelöster Form auf. Die Wirkungsweise und der Verdünnungsgrad der Lösungen ist natürlich in anderer Weise maassgeblich als bei dem weniger löslichen Gas  $SO_2$ . Dieses wird weiter vertheilt, die leicht condensirbaren Säuren um so weniger weit, je höher der absolute und der relative Wassergehalt der Abgase im Vergleich zur Aussenluft ist. Man kann diese specifischen Wirkungen sehr schön künstlich durch Zerstäubung wässeriger Säuren mittels eines Inhalirapparates nachahmen. Das habe ich mit  $\frac{1}{200}$  äquivalent normaler Säuren auch durchgeführt. Man kommt so mit „halbirten“ Pflanzen auf gut vergleichbare Erscheinungen.

Das Hauptergebniss dieser Versuchsreihe ist die ganz extreme Wirkung der fluorhaltigen Nebel und Gase.

$\frac{1}{200}$  N.  $H_2SiF_6$  schädigte die Fichte und Tanne schon nach 17 maliger Bestäubung in wenigen Tagen äusserst heftig, die anderen Säuren erst allmählich nach 200—350 maliger Bestäubung. Die Nebel trafen an die Stelle auf die Pflanze auf, wo die feinsten Bläschen eben wieder zu verdunsten begannen.

Die gleiche abnorme Wirkung zeigte auch das Fluorsiliciumgas und die Fluorwasserstoffsäure. Mit letzterer hatte in Tharandt schon Dr. Schmitz-Dumont experimentirt und ihre Gefährlichkeit in der Verdünnung 1 : 300 000 selbst für Blattpflanzen erkannt.

Ich möchte vorausschieken die allgemeine Skala der Gefährlichkeit, vom niedrigsten Grad zum höchsten, wie ich sie für acute Schäden annehmen muss:  $HCl$ ,  $SO_2$  in hoher Concentration,  $H_2SO_4$ ,  $Cl$ ,  $HF$ ,  $SiF_4$  bez.  $H_2SiF_6$ .

Ich gehe einstweilen privatim soweit, die typischen technischen Betriebsarten in 5 Rauchgefahrklassen einzutheilen, wie ich das in der untersten Reihe der Tafel V für die einzelnen Sparten angedeutet habe.

Nach dem vorher Gesagten ist es selbstverständlich, dass für acute Schäden und für chronische Schäden durch  $SO_2$  diese Gefahrklassen scharf auseinandergehalten werden müssen.

Die Klasse 0 mit dem Typus Holzrauch

bezeichnet volle Unschädlichkeit, die Klasse 4 kommt

- für a) acute Schäden den Betrieben mit fluorhaltigen Abgasen,
- für b) chronische Schäden den Betrieben mit abnormen  $\text{SO}_2$ -Concentrationen zu.

Der allgemein verbreitete Steinkohlenrauch mit seinem ursprünglich etwa 250fach zu hohen Schwefelsäuregehalt könnte nach seiner allgemeinen Verbreitung und seinen Eigenschaften gewissermaassen als Norm gelten.

Im Umkreis von allerhöchstens 100 m von der Rauchquelle habe ich geringe acute Schäden durch Steinkohlenrauch an Coniferen beobachten können, wenn die Baumbestände wenigstens in der Höhe des Essenkopfes an steilem Hang im Osten der Esse standen; also acute Schäden niedrigster Stufe nur bei allerstärkster Exposition. Die im Mittel gewöhnlich angenommene Concentration 0,05 Volumprocent  $\text{SO}_2$  für gewöhnliche Steinkohlenfeuerungen, also die Verdünnung 1:2000 ergibt sich im Experiment stets als acut schädigend, wie hier an dieser Fichte sichtbar. In einigermaassen weiterem Abstand werden die Bäume nur in chronischem Verlauf behelligt; für chronische Schäden habe ich hier die im Einzelfall vielleicht zu niedrige 2. Klasse angenommen. Die Concentration wäre 250fach zu hoch, wenn wir den oben gefundenen Unschädlichkeitsgrad nicht weit reduciren müssten, aus Gründen, die ich nachher darlegen möchte. Die Volumprocentzahlen im oberen Theil der Tafel V sind natürlich nur da ausgefüllt, wo Mittelzahlen angegeben werden können und thatsächliche Untersuchungen vorliegen.

Für die Säurefabriken habe ich die letzterreichte niedrigste Zahl unserer Halsbrücker Hüttenwerke eingesetzt, 0,26 Volumprocent, d. i. die Verdünnung rund  $\frac{1}{385}$  oder etwa 1300fach zu hohen  $\text{SO}_2$ -Gehalt.

In der nächsten Sparte würde bei Glasfabriken, welche Sulfat verschmelzen, während des Glasbildungsprocesses die Concentration 0,44 oder Verdünnung 1:226 der Abgase 2215fach zu hoch sein, bei den Ultramarinöfen im Beginn des Blauröstens mit 3,0 Volumprocent = 1:33  $\text{SO}_2$  in den Abgasen gar 15000fach zu hoch.

Es ist im Hinblick darauf interessant, dass man bei Ultramarinfabriken zuerst nach einer für schweflige Säure wirksamen Abwehrvorrichtung bemüht war. Die ganz abnormen Wirkungen der Superphosphatfabriken sind wohl allgemein zur Genüge bekannt: in engem Umkreis manchmal verwüstungsartige Schäden, die übrigens leicht

zu vermeiden sind und bei richtigen Einrichtungen nicht auftreten.

In neuester Zeit ist der Streit um die ganz eigenartigen Schäden durch Ringziegelöfen wieder lebhaft entbrannt, ohne dass meines Erachtens die Frage durch die Abwehrschriften des Herrn Cramer, der am Berliner chem. Laboratorium für die Thonindustrie und bei der Redaction der Thonindustriezeitung thätig ist, definitiv hätte geklärt werden können. Solche Schäden sind so offenbar, dass die entschiedene Negirung Cramer's unhaltbar ist. Cramer wendet sich vor Allem gegen Clemens Winkler's einleuchtende Erklärung der Ursache dieser meist nicht weit ausgreifenden, aber um so intensiveren Verwüstungen. Winkler hat bei der Beurtheilung eines derartigen Falles auf den ungewöhnlich hohen Wasserdampfgehalt der Ringziegelofengase hingewiesen, der etwa 15mal den mittleren Wasserdampfgehalt der Atmosphäre übertrifft und durch Verdichtung in engem Umkreis um die Anlage die sauren Gase concentrirt beisammen hält. Das ist unzweifelhaft richtig.

Ich glaube aber, dass noch zwei weitere Momente die Eigenart solcher ausgesprochenen Ätزشäden begründen, die ja glücklicher Weise nur sehr selten auftreten.

Ein Ringziegelofen ist eine recht vollkommene Einrichtung zur Umwandlung der schwefligen Säure der Rauchgase in Schwefelsäure!

Die heissen Verbrennungsgase mit einem extrem hohen Wasserdampfgehalt, aber gleichzeitig extremem Luftüberschuss — bis zum 7fachen des theoretischen — bestreichen vor dem Eintritt in die Esse eine höchst geeignete Contactschicht: das Gitter der zunächst noch heissen, schon partiell gebrannten, eisenoxydhaltigen Lehmziegel. Diese Contactmasse lässt wohl kaum etwas schweflige Säure hindurch. Diese trifft vielmehr, fast vollkommen in Schwefelsäure verwandelt, auf die Vegetation auf. In der That hat die Analyse Winkler's 0,0198 Vol.-Proc.  $\text{SO}_2$  gegen nur 0,0005 Vol.-Proc.  $\text{SO}_2$  (also  $\frac{1}{40}$ ) ergeben. Das Schadenbild entspricht bei den Fällen, die ich gesehen habe, durchaus diesen Vermuthungen.

Es ist ferner möglich, dass auch Fluorgase an dem geheimnissvollen Fall mitschuldig sind.

Das tückische Fluor treibt sich in allen 3 Naturreichen, wenn auch in geringen Massen, herum; im thierischen, im pflanzlichen Organismus, am meisten im Boden, d. h. in gewissen weitverbreiteten Mineralen.

Als ich in einem Specialfall nach den Schmitz - Dumont'schen Versuchen den

Missethäter im Fluor vermuthete, konnte mir mein geologischer College die Sicherheit verschaffen, dass in dem Gestein, aus welchem der benutzte Lehm vermuthlich hervorgegangen war, reichlich Turmalin und andere fluorhaltige Mineralien verbreitet waren. Freilich hat in jenem Fall das Verhältniss der Fluorgehalte von Lehm und daraus gebrannten Ziegeln nichts Sicheres ergeben. Die Fluoride müssen durch die vorhin erwähnte Schwefelsäure, vielleicht auch schon durch das Scharfbrennen, ursprünglich als Fluorsilicium, secundär aber als Kieselfluorwasserstoffsäure und Fluorwasserstoff in den Abgasen zum Vorschein kommen.

Für das Auftreten der fertigen Schwefelsäure in gewissen Verbrennungsgasen, und zwar in wenigstens weitaus vorwiegender Menge, könnten viele Argumente aufgeführt werden. Ich begnüge mich mit dem Hinweis auf diese extreme Beschaffenheit des Locomobil- und Locomotivrauches. Nach der vorletzten Spalte der Tafel V stösst die Locomobile Rauch mit rund 41 Proc. Wasserdampf im Mittel aus.

Nach Thörner's<sup>7)</sup> Untersuchungen enthält der Locomotivrauch **nur** Schwefelsäure, keine schweflige Säure. Die Untersuchung wurde unternommen, um die Ursache der auffallend starken Corrosion des Eisenbahnoberbaues in den Tunnels zu ergründen. Thörner konnte die Entstehung der Schwefelsäure nur auf die eigenthümliche Wirkung des auspuffenden Wasserdampfes zurückführen.

In der That entstehen beim Ausströmen von Wasserdampf unter hohem Druck aus engen Öffnungen starke elektrische Erscheinungen. Deren synthetisirender Einfluss genügt auch wohl zur Erklärung. Es scheint mir, als ob schon beim Steinkohlenrauch ein Theil der Schadenwirkungen aus nächster Nähe der fertig gebildeten Schwefelsäure zugeschoben sei.

Die merkwürdige Thatsache, dass die allmählich in kleinen Mengen auftretende schweflige Säure in der Pflanze selbst aufgespeichert und von der Fichte z. B. auch dauernd festgehalten wird, giebt uns eine ausserordentlich wichtige Handhabe zur Beurtheilung für den sonst so schwierigen Nachweis chronischer Schäden durch die Analyse.

Nur ein paar Worte noch zur Anwendung der Analyse. Diese erfordert die allgrösste Vorsicht. Eine ungeeignete Probenahme würde schon den Erfolg durchaus

illusorisch machen. Für die Probeentnahme möchte ich kurz folgende Leitsätze aufstellen.

1. Es dürfen nur Pflanzen von vergleichbaren Boden-, oder allgemeiner: Standortverhältnissen benutzt werden. Bei Ackerpflanzen ist die erfolgte Düngung zu berücksichtigen. Im Walde müssen die Probebäume auf Boden annähernd gleichen geologischen Ursprungs stehen. H. Vater hält es nach bodenkundlichen Erwägungen für die Schwefelsäureanalyse nothwendig, hierin zwei typische Gruppen zu berücksichtigen: die Bodenarten marinen Ursprungs mit relativ hohem Normal-SO<sub>3</sub>-Gehalt und solche nicht marinen Ursprungs mit niedrigerem Gehalt. Die grössten Unsicherheiten bestehen wohl bei den jungen Alluvialböden.

Diese Unsicherheiten im Verein mit sonstigen individuellen Schwankungen geben scheinbar das Recht zu einer sehr skeptischen Auffassung, wie ich sie auch Anfangs gegen die Schwefelsäureanalyse mehr gehegt habe als jetzt. Ich habe aber in der That bisher bei chronischen Schäden stets eine Steigerung des Schwefelsäuregehaltes bei rauchkranken Fichten um rund 0,2 bis 0,25 Proc. SO<sub>3</sub> in Trockensubstanz und rund 4 bis 6 Proc. in Asche und bei künstlich erzeugten chronischen Schäden<sup>8)</sup> fast dasselbe Verhältniss gefunden. Die Fehler der bei uns gebräuchlichen Analysenmethode verschwinden gegenüber diesen Steigerungen. Bei einer Einwage von etwa 20 g Trockensubstanz würde man im schlimmsten Fall durch methodische Fehler um etwa 3 Proc. falsch schliessen, d. h.  $\pm 1,5$  Proc. von der wirklich vorhandenen Menge. Heinrich Vater<sup>9)</sup> hat eine vorläufige Berechnung der Treffsicherheit der Schwefelsäureanalyse vorgenommen. Er fand durch die Wahrscheinlichkeitsrechnung aus 6 Gruppen zu je 5 Einzelbestimmungen den Genauigkeitsgrad eines Mittelwerthes aus 5 Probebäumen zu  $\pm 0,5$  Proc. Leider hat er seine Absicht, mehr Elemente in die Rechnung einzuführen, nicht durchführen können. Es würden demnach wenigstens 25 Probebäume nöthig sein, wenn ein zweiter Beobachter das Ergebniss des ersten bis auf 0,2 Proc. im Mittelwerth genau wiederfinden sollte. Diese Zahl würde sich natürlich nur nach weitgreifenderen Wiederholungen festlegen lassen. Ich möchte daher einstweilen den

2. Leitsatz aufstellen: Es müssen, wo es technisch irgendwie ausführbar ist, stets wenigstens 25 bis 30 anscheinend rauch-

<sup>7)</sup> Stahl u. Eisen 1889, No. 10.

<sup>8)</sup> Vgl. Tharandter Jahrbuch 1898, Bd. 48, S. 166.

<sup>9)</sup> Vgl. Tharandter Jahrbuch 1897, Bd. 47, S. 254.

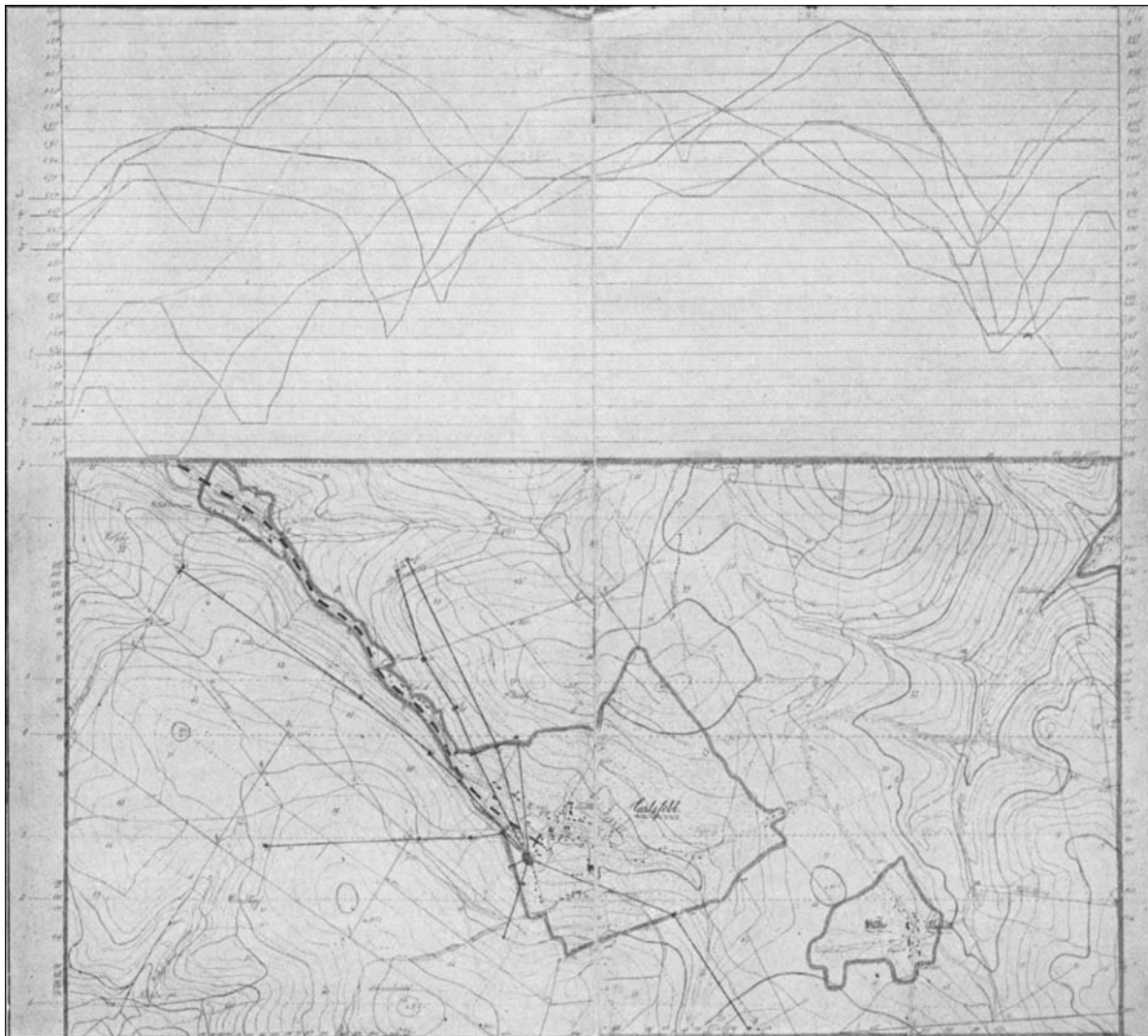
krankte und annähernd ebensoviel äusserlich gesunde Probebäume als Controlmaterial gefällt und untersucht werden. Die Möglichkeit ist freilich nicht immer gegeben. Am besten vergleicht man, stets unter Berücksichtigung des 1. Leitsatzes,

- a) sicher geschützt stehende gesunde Controlpflanzen,

gemischte der Einzelproben. Wo wünschenswerth, differenzirt man weiter nach drei Entfernungsstufen. Für diese weitere Gruppierung möge der

3. Leitsatz gelten: Die Probeorte müssen nach mehreren Richtungen möglichst geradlinig von der Rauchquelle sich entfernend ausgewählt werden, und zwar etwa

Tafel VI.



- b) sicher gegen den Rauch und gegen Licht exponirte kränkelnde Bäume,  
c) eventuell auch kränkelnde Bäume aus zweifellos geschützter Lage.

Um die Zahl der nothwendigen Analysen möglichst ohne Verringerung der Sicherheit zu vermindern und um so mehr Controlanalysen zu ermöglichen, analysirt man am besten nicht Einzelproben, sondern nach den 3 letzterwähnten Gruppen gleichtheilige Ge-

- a) in der Richtung der vorherrschenden Winde,  
b) entgegengesetzt dazu und  
c) in seitlichen Richtungen.

Die Karte der Tafel VI veranschaulicht eine von mir vorgenommene Probeentnahme.

Die Richtungen sind in den (rothen) Verbindungslinien der Probeorte zu erkennen.

Die herrschenden Winde sind in dem Carlsfelder Thalzug durch die Terraingestal-



tung, die oben in H6hencurven angedeutet ist, in die Richtung von SO nach NW abgelenkt.

4. Die Reisigproben m6gen stets von den exponirtesten Theilen des Baumes, also meist von der Krone entnommen, und bei Nadelproben wom6glich letztjchrige und chtere Nadeln getrennt untersucht werden.

Wo die Beschaffenheit der j6ngsten Nadeln in den Relativwerthen ausgeschaltet werden soll, m6ge man gleichtheilige Gemische oder aliquote Gewichtsverhchtnisse zur Einwage bringen.

5. Die beste Zeit zur Probeentnahme ist die zweite Hchlfte der Vegetationsperiode, also etwa Ende Juli bis Anfang October. Es ist dabei auf den Grad des vorzeitigen Nadelfalls R6cksicht zu nehmen. Das gilt ja schon symptomatisch: Wenn die chteren und chtesten Nadeljchrgchnge noch vollzchhlig vorhanden sind, so sind betrchtliche Schchden sehr unwahrscheinlich. Das theilweise Fehlen hat keinen wesentlichen Einfluss auf das Analysenergebniss, weil die betroffenen Nadeln unter allen Umstchnden SO<sub>2</sub> aufspeichern, auch wenn sie gr6n bleiben und nicht vorzeitig fallen. Man muss dann nur gleichtheilige Gemische der verschiedenen Nadeljchrgchnge analysiren.

Die Analyse selbst erfordert ebenfalls in mehrfacher Hinsicht besondere Maassnahmen und es wchre w6nschenswerth, dass dabei allgemein einheitlich vorgegangen w6rde. Die aus der Litteratur bekannten Vorsichtsmaassregeln: das Veraschen 6ber Spiritusflammen mit m6glichst geeigneter alkalischer Lauge, das Nachoxydiren der Sulfide u. s. f. m6chte ich 6bergehen und nur einige m. E. nicht ausreichend beachtete Punkte hervorheben.

Sehr w6nschenswerth wchre 6brigens eine gr6ssere Sicherstellung der Schwefelschure-Analyse. Die Methode m6sste mehr als bisher die individuellen Einfl6sse ausschalten. Versuche nach dieser Richtung sind bei mir seit lchngerer Zeit in der auf Tafel I unter III, 3, 2 c bis e im Gange. Aussichtsvoll erscheinen am ersten die Verfahren, welche den Sulfatschwefel der Blattorgane getrennt von dem organisch gebundenen Schwefel zu bestimmen gestatten. Durch die aus der Luft zugef6hrte schweflige Schure kann ja wesentlich nur der Sulfatschwefel vermehrt werden, wchrend andererseits der organische Schwefel gerade die grossen individuellen Verschiedenheiten aufweisen wird. Die zuletzt aufgef6hrte Veraschungsmethode von Grouven<sup>10)</sup> scheint

eine getrennte Ermittlung der beiden Schwefelarten am einfachsten zu erm6glichen.

Wenn ferner die kleinen Mengen der Halogene Cl und F in der Asche quantitativ zuverlchssig ermittelt werden sollen, so ist zunchchst ein besonderes Veraschungsverfahren anzuwenden.

Eine Notiz 6ber das exacte, verlustfreie Veraschen und meine Apparate hierf6r habe ich inzwischen an die Zeitschrift f6r analytische Chemie zum Druck gegeben. Die Vorrichtung besteht in einem sehr einfachen Veraschungsdeckel f6r das Veraschen in gew6hnlichen Platinschalen und Platintiegeln und f6r die verlustfreie Aufschluss-Schmelze im Tiegel, sowie in einem besonders construirten Absorptions- und Waschgefchss f6r schnell ziehende Gasstr6me. Nchher will ich hier nicht darauf eingehen. Die Apparate sind auf der Tafel VII schematisch dargestellt.

Tafel VII.

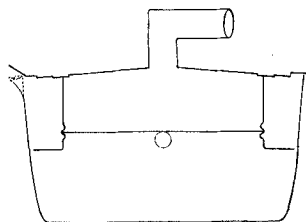


Fig. 1.

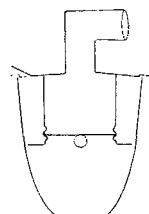


Fig. 3.

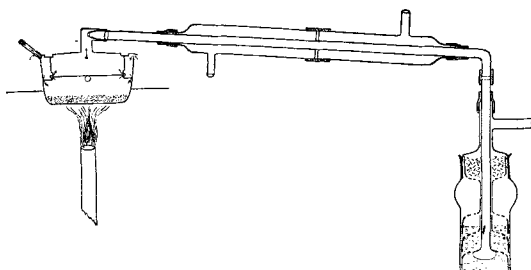


Fig. 2.

Diese Veraschungsmethode ist m. E. ganz unentbehrlich, wenn Spuren von Fluor in Pflanzenaschen ermittelt werden sollen. Man chschert dann am besten unter Zusatz von Calciumacetat und Kalkmilch in meinem Apparat ein.

Ich bin aber zu der 6berzeugung gekommen, dass auch die gew6hnlichen Fluorbestimmungsmethoden keineswegs ausreichen, um die minimalen Mengen des gewissermassen normalen Fluorgehaltes wie auch kleinerer Steigerungen mit Sicherheit zu erkennen.

Ich habe mich deshalb mit den Herren Dr. Sertz und Dr. Schr6der an die Ausarbeitung eines exacten Verfahrens gemacht. Auch diese Arbeit ist abgeschlossen und wird dem-

<sup>10)</sup> Landw. Vers. Stat. 28, 343, Zeitschr. f. anal. Chem. 22, 108, 439, vergl. auch Zeitschr. f. anal. Chem. 1901, S. 449.

nächst den Herren Fachgenossen vorgelegt werden.

Bei dem complicirten Stoffgemisch der Pflanzenaschen habe ich nur zwei Wege offen gesehen, weil alle Fällungsanalysen sicher nicht nur nach meinem, sondern nach allgemeinem Urtheil hier versagen.

Das ist zunächst die Glasätzmethode, bei welcher, wie Ost<sup>11)</sup> dies im Jahre 1893 gerade für die Rauchschädenanalyse beschrieben hat, die von Kieselsäure befreite Asche (d. h. wesentlich der aus Calciumphosphat und Calciumfluorid bestehende Rest) zur Ätzung benutzt und als Gewichtsverlust der geätzten Glasplättchen die Fluorvergleichswerthe ermittelt werden. Die Haupt-

wird, anfertigen lassen. Es kann in diesem durch Schwefelsäure dicht verschlossenen Gläschen keine Spur Fluor unbenutzt verloren gehen. Die constante Zusammensetzung des Glases erlaubt eine vorausgehende „Normal-Einstellung auf Ätzungsverlust“ durch reinen Flusspath.

Zur qualitativen Vorprobe in einem aliquoten Theil dienen die Vorrichtungen der Fig. 2 oder 3, für gleichzeitig qualitative und quantitative Bestimmung der Apparats nach Fig. 1.

Eine zweite, theoretisch durchaus einwandfreie und praktisch bei sorgfältigster Arbeit wohl durchführbare Methode, ist die Hempel'sche<sup>12)</sup> gasanalytische Bestimmung

Tafel VIII.

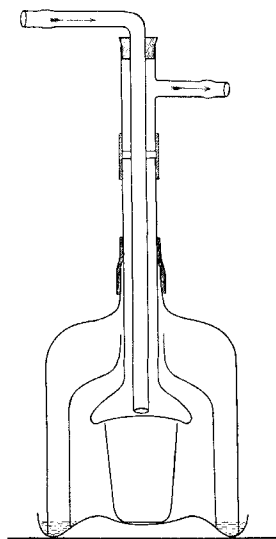


Fig. 1.

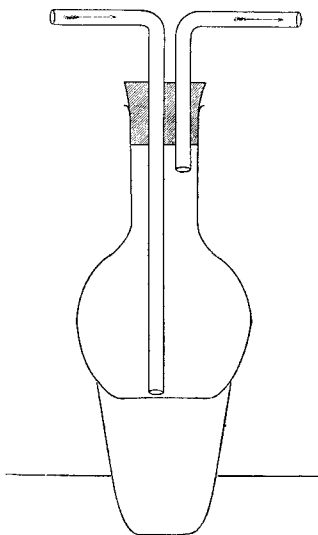


Fig. 2.

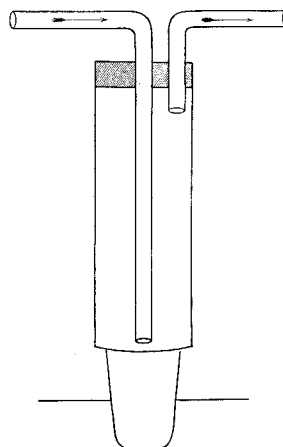


Fig. 3.

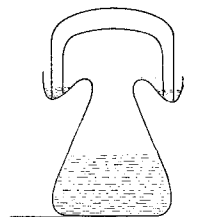


Fig. 4.

schwierigkeit dieser Methode, welche nach Ost's eigenen Worten auch für geschickte Analytiker den Erfolg zweifelhaft machen, habe ich nach längeren Versuchen mit meinen Assistenten sehr einfach behoben.

Das ausserordentlich bequeme pilzförmige Apparäthen Fig. 4 der Tafel VIII ermöglicht sehr sichere und sehr wenig zeitraubende Bestimmungen in beliebiger Zahl neben einander, selbst annähernd quantitative Einzelbestimmungen. Ich habe diese Gläschen aus Jenaer Borosilicatglas 59 III, das der Schwefelsäure sehr gut widersteht und von Fluorwasserstoff allein angegriffen

des Fluors neben Kohlensäure als Fluorsilicium. Auf die Pflanzenasche lässt sich dieselbe allerdings nicht ohne Weiteres übertragen, wegen der Chloride und der grossen Menge von Carbonaten in der Asche. Wir haben jedoch festgestellt, dass man durch verdünnte Essigsäure ohne Schaden für das Fluorcalcium die Chloride und Carbonate aus der mit Kalk eingäscherten Substanz entfernen kann.

In der That kann die chemische Analyse bei richtiger Anwendung zum gravirendsten Argument im Nachweis von Rauchschäden der chronischen Form werden.

<sup>11)</sup> Ber. d. D. Chem. Ges. 1893, 26, 151.

<sup>12)</sup> Zeitschr. f. anorg. Chem. 20, 1899.

Noch ein letzter Punkt der Tafel I ist zu erwähnen:

Der Antheil verschiedener Rauchquellen an dem Schaden. Das ist natürlich eine Sache, die sich einer zuverlässigen Berechnung entzieht. Immerhin tritt an den Experten meistens die Aufgabe heran, nach seinem subjectiven Ermessen diese Frage zu beantworten. Meist begnügte man sich, den Antheil verschiedener Werke einfach nach dem Quadrat ihrer Entfernung und nach ihrem absoluten jährlichen Kohlenverbrauch zur Ersatzleistung heranzuziehen und schloss höchstens ganz günstig liegende Betriebe aus. Ich glaube mit der unter C auf Tafel I angeführten Annäherungsformel einer gerechten Vertheilung näher zu kommen.

$$S = \frac{c \cdot k \cdot w}{d^{1.5}} \cdot \frac{\text{Const.}}{x}.$$

Für die Intensität der Schadenwirkung ist nur die Concentration (c) der Rauchsäuren von Belang. Die Intensität setze ich proportional der Concentration an. Für die Ausdehnung des Schadengebietes allein kommt der absolute Kohlenverbrauch (— und zwar der stündliche  $[k_h]$  oder der tägliche  $k_d$ , wobei  $d = 10\text{ h}$  oder der jährliche  $[k_a]$ ,  $a = 300$ ,  $d = 3000 \cdot h$  —) auch mit Proportionalität in Rechnung.

Sehr wichtig ist es, die procentische Frequenz der von der Rauchquelle zum Schadengebiet führenden Windströmungen, die ich in der Formel mit w eingesetzt habe, zu berücksichtigen.

Der gesamte Schadenwerthantheil kommt schliesslich im Grade der Rauchgefahrklasse, die ich in die Formel als Constans aufgenommen habe, für jede Art von Rauchquellen oder der schuldigen chemischen Processe mit einem constanten Factor zur Geltung. Eine weitere Reduction für die weitaus schnellere Abnahme mit der Entfernung bei der Wirkung saurer Nebel soll der Divisor x ermöglichen. Der etwas eigenthümlich aussehende Divisor  $d^{1.5}$  schliesslich soll den Einfluss der Entfernung möglichst gerecht zum Ausgleich bringen. Der Divisor ist natürlich der anfechtbarste Theil der Formel. Dass die Verdünnung in der Atmosphäre nicht ganz mit der 2. Potenz der Distanz fortschreitet, sondern zwischen der 1. und 2. Potenz, geht aus den Überlegungen über den Einfluss der Eigenbewegung der Gastheile und der Windarten, der Diffusion, des Auftriebs und der Wirbelungen hervor und wird überdies durch die praktischen Beobachtungen von Reich<sup>13)</sup> in Frei-

berg experimentell gestützt. Jene Einflüsse sind es, die das „Verhalten des Rauches nach dem Verlassen der Esse“ bestimmen. So lautet der Titel einer Schrift des Ingenieurs Isaachsen, mit welchem ich diese Sachen besprochen habe.

Ich komme damit endlich zum zweiten Theil meines Themas, den ich leider nur noch kurz besprechen kann, zur

#### Abwehr von Rauchschäden.

Dass die Rauchschäden nicht absolut verschwinden werden, dafür werden schon die unvermeidlichen Betriebsstörungen bei den besten Abwehreinrichtungen sorgen. Also die Beurtheilungsmomente werden wir nie entbehren können. An praktischer Bedeutung werden sie aber augenblicklich überragt von der Frage:

Besteht Hoffnung, durch radicale Abwehrmaassnahmen, welche weder die eine noch die andere Partei zu schwer belasten, die Rauchschäden aus der Welt zu schaffen?

Dass eine Aussicht besteht, davon möchte ich Sie noch zu überzeugen versuchen, wenn auch etwas Zusammenfassendes oder ein abschliessendes Urtheil auszusprechen kaum möglich ist. In solchen Dingen muss ja stets die Erfahrung unsere Lehrmeisterin sein!

Zwangsmaassregeln werden zunächst noch im Einzelfall den polizeilichen, ortsbehördlichen Anordnungen oder dem gerichtlichen Austrag überlassen. In vielen Fällen ist man gezwungen, selbst auf solche Mittel zu verzichten und tritt dann zunächst künftigen Verlusten nur durch das complicirte und kostspielige gerichtliche „Verfahren zur Sicherung des Beweises zu ewigem Gedächtniss“ entgegen, das den Experten die weitest gehenden Untersuchungsarbeiten auferlegt. Verweigerung der Concession bei Neuanlagen, Ankauf der umliegenden Feld- oder Waldparcellen durch die Fabriken, das sind solche Gewaltmittel, welche aber nur Nothbehelf sind und das Übel nicht bei der Wurzel fassen. Das radicalste Mittel, die Concessionsverweigerung ist gewiss für projectirte Betriebe der höchsten Gefahrklasse, besonders im Westen benachbarter werthvoller Pflanzenbestände, durchaus angebracht.

Durch solche Gewaltmaassregeln werden manche Schäden materiell ausgeglichen, manchmal mit ganz enormem Aufwand. In diesem Sinn sind z. B. die grossen Ersatzleistungen bekannt geworden, welche einzelne Fabriken und Ziegeleien an die Stadt Schneeberg zu zahlen gehabt haben, Summen von 4000, 10 000, 55 000 Mark, ja zum Ankauf einer städtischen Waldparcelle musste eine einzige Fabrik 120 000 Mark aufwenden.

<sup>13)</sup> v. Schroeder-Reuss, Beschädigung der Vegetation etc.

Wie häufig verschlingen die Processkosten ähnliche Summen und nutzlose Arbeitskraft. Wo solche Summen erzwungen werden können, da wird man nicht vor einem grösseren Aufwand für sichere technische Abwehrvorrichtungen zurückscheuen können.

Die Forstkreise haben selbstverständlich vielfach die Frage bearbeitet, wie weit man der Gefahr durch forsttechnische Maassnahmen begegnen kann, etwa dadurch, dass man die rauchempfindliche Fichte durch reine oder Mischbestände rauchhärterer Holzarten — die Laubhölzer Eiche, Birke, Buche — oder schliesslich durch die weniger empfindlichen Coniferen: Lärche, Weymouthskiefer und gemeine Kiefer ersetzen würde. Ja, die Stadt Chemnitz hat in der That in ihrem schwer betroffenen Zeisigwald, um dessen völlige Vernichtung zu vermeiden, bereits 30 Proc. der ganzen Waldfläche in Laubholzwaldung umgewandelt. Das kann in grossem Maassstabe keineswegs in den Staatsforsten geschehen. Die Fichte ist eben die nach allen technischen Eigenschaften werthvollste, ertragreichste Holzart, besonders für die Standortverhältnisse unserer Mittelgebirge, ja auch der Ebene, soweit diese nicht den Landschaftscharakter der Aue oder Flussniederung besitzt.

Die „Forstwirthschaft im Rauch“ ist im Jahre 1897 eingehend auf der Versammlung des Sächsischen Forstvereins zu Zwickau verhandelt worden. Das Resultat aller bisherigen Bemühungen von dieser Seite musste schliesslich die Zurückweisung der Abwehrversuche und Einrichtungen an den Rauchproduzenten sein. Auf den technischen Maassnahmen der Fabriken ruhen also allein alle Hoffnungen. Es ist aber auch ganz selbstverständlich, dass die Industrie nicht eher an solche freiwilligen Complicationen und Erschwerungen ihres Betriebes herantritt, als bis zwingende Gründe entstehen und einfache Mittel in Aussicht sind. Daraus erwächst ihr kein Vorwurf. An Versuchen hat es nicht gefehlt. Solche Abwehranstrengungen sind geradezu mit der Entwicklungsgeschichte mancher Productionsstätten aufs Engste verbunden. Ich brauche nur an die ältere Geschichte der Sodaindustrie in England und die neuere in Deutschland zu erinnern. Unter dem Drucke der Klagen und zum Theil der bekannten englischen Alkaligesetze von 1863 und 1870, welche schliesslich rundweg verboten, dass mehr als 1 Proc. der im Werk erzeugten sauren Gase in die Atmosphäre entlassen werden, ist zum Theil die merkwürdige Wandlung der Haupt- und Nebenproducte und der concurrirenden Verfahren vor sich gegangen.

Der Salzsäure-Condensationsturm und die Hasenclever'schen Absorptionscolonnen enthalten gewissermaassen das einfachste technische Abwehrprincip für alle leicht condensirbaren Rauchsäuren, also für acute Schäden. Ähnliche Einrichtungen besitzen die grösseren Superphosphatfabriken, die bei richtigem Betrieb mit vollem Erfolg gegen die Gefahr arbeiten. Schippau & Co. in Freiberg führen in diesen Waschturm allen Dampfüberschuss ein. Auch hier wird das schädliche Abgas mehr und mehr genutzt. Die Mg- und Al-Salze der Kieselfluorwasserstoffsäure sind zum Härten von Kalk- und Sandsteinen nutzbar<sup>14)</sup>. Überall, wo das Princip der Abwehr mit dem Princip der vollständigen Nutzung von Abfallstoffen innerlich verbunden ist, finden wir auch schon durchaus wirksame Abwehrvorrichtungen. Was aber für die stark sauren Gase leicht zu machen ist, ist bei der schwefligen Säure (unter Umständen) unmöglich. Im Gay-Lussac-Thurm des Bleikammersystems haben wir vielleicht das einzige, in hohem Grade chemisch verfeinerte Abhilfeprincip gegen das Entweichen schwefliger Säure zu erblicken. Ja, die ganze Schwefelsäurefabrikation der Freiburger Hüttenwerke ist nur zu Abwehrzwecken eingerichtet worden. Gerade in der modernsten Schwefelsäureproduction sind wir in einer grossartigen Neugestaltung begriffen, welche auch von unserem Gesichtspunkte aus ungeheuer bedeutungsvoll ist: die Nutzung der armen Röstgase durch das neu auflebende Contactverfahren.

Also überall im natürlichen Entwicklungsgang des Organismus technischer Processe das gewissermaassen natürlichste Abwehrprincip!

Man würde sich aber wohl einstweilen einer Utopie hingeben, wenn man in der fernerer Zukunft mit jeder einigermaassen grösseren Feuerungsanlage eine kleine eigene katalytische Schwefelsäurefabrik verbunden denkt, durch welche der Schwefelgehalt der Kohle nicht mehr nur als brennender Bestandtheil, als Heizstoff nutzbar würde. Bis zu dem vorhin gehörten Vortrag Hempel's hatte ich es für ebenso utopisch gehalten, wenn man sich vorstellen würde, dass etwa nach allgemein gültigem Gesetz alle natürliche Kohle zunächst den Läuterungsprocess der Kokerei durchzumachen hätte, wodurch der schädliche Schwefel total von dem bekanntlich hochwerthigen Brennstoff Koks getrennt und fast total nutzbar würde als Ammonsulfat etc., neben dem immer werth-

<sup>14)</sup> Chemikerzeitung 24, 795.

voller werdenden Steinkohlentheer. Flammfeuerungen könnten dann allerdings nur durch das Siemensgas befriedigt werden. Dieser Schwefelgehalt der Kohle wird im Mittel zu etwa 1,2 Proc., rund 1 Proc. schädlichen, d. h. als  $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4$  bei der Verbrennung flüchtigen angenommen, kann aber bis zu sehr viel höheren Zahlen ansteigen, bis zu 7 Proc. Gesamtschwefel, der in Form von Eisenkies, Markasit, Bleiglanz, Gyps u. s. w. auftritt. Die billigeren Brennstoffe, Braunkohle und Torf, halten häufig, der Torf meist weit weniger, Schwefel, können aber andererseits noch viel höhere Maximalzahlen aufweisen. Gewisse Torfsorten enthalten unter Umständen so viel Eisenkies, dass man daraus Eisenvitriol oder Alaun herstellt.

Selbstverständlich ist nur ein Theil dieses Schwefels in der Kohle als „schädlicher Schwefel“ anzusehen. Ein Rest bleibt an die basischen Aschenstoffe gebunden zurück.

Dass im technischen Maassstabe das Reinwaschen der schwefligsäurearmen Abgase mit Wasser nicht wohl durchführbar ist, hat sich überall in der Praxis erwiesen. Wenn die Clemens Winkler'sche Regenkammer oder das Winkler'sche Verfahren: die Überladung mit Wasserdampf und Ausscheidung der Säure durch Condensation bei Ultramarinöfen zu ganz augenfälligen Erfolgen geführt hat, so liegt das eben an den hochhaltigen Abgasen.

Bei Ringziegelöfen hat sich der Wirkungswerth gegenüber

$\text{SO}_3 + \text{SO}_2$  zu 91,7 Proc.,

HCl - 59,0 -

herausgestellt.

Nach Versuchen des Herrn Dr. Schröder in meinem Laboratorium bietet es selbst in dem kleinen Maassstabe und mit den wirksamsten Absorbentien der Analyse kaum überwindbare Schwierigkeiten, in einem abgekühlten, aber schnellziehenden Strome von Verbrennungsgasen mit wenig  $\text{SO}_2$  diese ganz zurückzuhalten. Wir konnten so nicht mehr wie 69—77 Proc. des angewandten Gesamtschwefels wiederfinden. Wie viel schwieriger ist das bei den heissen, grossen Gasmassen der Technik und mit weniger wirksamen Absorptionsmitteln!

Für die Gasmassen der Halsbrücker Esse würde man nach einer Berechnung der dortigen Techniker täglich 15 000 cbm Wasser brauchen, nur um die Concentration der Abgase von 0,29 Volumprocent auf diejenige des gewöhnlichen Steinkohlenrauchs 0,05 Proc. herabzusetzen. Aber auch an das billigste basische Absorbens, den Kalkstein, ist nicht zu denken. Die 3798 kg  $\text{SO}_2$ , welche aus den ursprünglichen 4583 zu entnehmen wären,

würden stöchiometrisch täglich ca. 6246 kg 95 proc. Kalkstein oder 228 Doppelwaggonn zu 10 000 kg verbrauchen.

Im Kampf gegen den Urheber chronischer Schäden, geringhaltige Rauchgase, müssen also alle die schön ausgedachten Waschvorrichtungen versagen, die bis zum Jahre 1887 in der werthvollen Schrift Hering's: „Die Verdichtung des Hüttenrauchs“ zusammengestellt oder später durch Patentschriften und private Vorschläge bekannt geworden sind. Acute Schäden sind dagegen wohl schon durch diese Waschvorrichtungen ziemlich sicher aus der Welt zu schaffen.

Ein gewisser Antheil der schwefligen Säure kann also durch keine Mittel zurückgehalten werden; er entweicht in die Atmosphäre und verübt da seine Missethat bei Gelegenheit unweigerlich.

Wie sieht es aber nun mit dieser Gelegenheit aus? Sie ist natürlich nur gegeben, wenn die Rauchgase mit zu hoher Concentration, also wenigstens mit  $\frac{1}{500\,000}$  bis  $\frac{1}{300\,000}$   $\text{SO}_2$  auf ungünstig situierte Pflanzen anhaltend auftreten. Das sind Concentrationen, welche sich

an jungen Fichten im äussersten Fall über eine ganze Vegetationsperiode hin

unter stetiger Räucherung

bei den ungünstigeren Versuchsbedingungen des Experimentes eben geltend machen. Wir können also annehmen, dass bei der viel selteneren Bestreuung in der Natur solche Verdünnungsgrade schon eine vielfache Sicherheit gewährleisten, ja dass wir schon mit weit geringeren Verdünnungen den vollen Erfolg oder wenigstens eine gewaltige Besserung erzielen werden, sowie eine technische Möglichkeit gegeben ist.

Eine ganze Reihe praktischer Erfahrungen und Überlegungen giebt der Annahme eine grosse Wahrscheinlichkeit.

Im Nordwesten Dresdens, also in ungünstigster Richtung, schliessen sich an die Stadt ausgedehnte Kiefernwaldungen — die Dresdener Haide — an. Von Schäden hat man kaum Andeutungen bemerkt, welche auf die zahllosen Rauchquellen der Stadt — darunter viele industrielle — hindeuten würden. Dresden producirt nach der jährlichen Gesamtkohleneinfuhr zu Wasser und zu Land etwa 63 160 kg = 22 500 cbm  $\text{SO}_2$  täglich.

Das ist etwa das 13 fache der Halsbrücker Masse, deren Spuren man bis auf 12, ja 14 Kilometer weit in den westlichen

Theilen des Tharandter Waldes erkennen will.

Es darf freilich nicht vergessen werden, dass die vorwiegende Holzart der Dresdener Haide die schon ziemlich rauchharte Kiefer ist und dass die Hausfeuerungen der Stadt im Sommer weit weniger Heizgase produciren als im Winter, wo die Assimilationsthätigkeit ruht. Zweifellos sind aber einige andere Umstände maassgeblich: die niedrigere Concentration der gewöhnlichen Steinkohlenverbrennungsgase — etwa  $\frac{1}{6}$ — $\frac{1}{5}$  der Halsbrücker Abgase —, die gute Durchmischung in Folge der Luftwirbelungen an der vielfach geklüfteten Oberfläche des riesigen Häusercomplexes und schliesslich die vorzügliche Infiltration der Gesamtmasse in die Atmosphäre aus zahllosen kleinen, über eine grosse Fläche ausgestreuten Schornsteinen.

Dass die natürliche Verdünnung unter solchen Umständen relativ schnell den Unschädlichkeitsgrad erreicht, geht auch aus einer einfachen Überlegung hervor.

Von den gleichen Rauchquellen wird etwa 200 mal so viel  $\text{CO}_2$  in die Luft gesandt als  $\text{SO}_2$  und trotzdem ist die Steigerung des Kohlensäuregehaltes so gering, dass sie in der Stadtluft selbst analytisch durchaus nicht leicht nachweisbar ist.

Die Massen verbrannter Steinkohle verschwinden spurlos in dem gewaltigen Luftmeer<sup>15)</sup>, wie einmal Cl. Winkler überzeugend dargethan hat.

Man ist in unserem deutschen Vaterland und ganz gewiss bei uns in Sachsen nicht gewohnt, mit über dem Schooss gefalteten Händen solche hervorragenden hygienischen Fragen allein ihrer natürlichen Entwicklung zu überlassen. Aus den wenigen bisherigen Veröffentlichungen der Freiburger Führer des Berg- und Hüttenwesens und den Arbeiten Hasenclever's erkennt man schon eine sehr vertiefte Thätigkeit in dieser Hinsicht.

Bei uns in Sachsen ist es die Staatsregierung selbst, die zu den äussersten Anstrengungen ihre technischen Anstalten immer wieder angeregt und mit den nöthigen Mitteln versehen hat. Eine grosse Summe von Arbeit zur Prüfung solcher Fragen, von Gedanken und Vorschlägen ist in ihren Acten aufgestapelt. Das nach Aussen sichtbare Zeichen dafür, wie consequent der nächstliegende Gedanke: die Verdünnung der Gase durch Einführung in höhere Luftschichten verfolgt worden ist, ist die Halsbrücker hohe

Esse, die einen Bauaufwand von 130 000 Mark verursachte.

Unvergleichlich günstig ragt sie bis auf 140 Meter in die verwehende Atmosphäre hinein. Nur wenige ihresgleichen finden wir auf dem Erdenrund. Der Erfolg gab sich wohl dadurch zu erkennen, dass die nähere Umgebung ihre Culturfähigkeit wiedergewann. Aber! die gleichmässig strömenden Westwinde treiben den Gasstrahl nur unvollkommen verdünnt nach dem Tharandter Fichtenwald hinüber.

Mit Mühe bringt man durch Schleuderäder die Gase zum Ausfluss aus der Esse. Schon dort führt man Luft in die Esse hinein und hat dadurch die ursprüngliche Concentration der Abgase von 0,5 Volumprocent auf 0,29 gebracht. Nach und nach hat man weiter an Stelle der Flammöfen geschlossene Muffelöfen eingerichtet und die Röstgase mehr zur Schwefelsäurebereitung genutzt. So setzte man die Concentration schliesslich bis auf 0,26 Proc. herab. Damit scheint man nun an der Grenze des Möglichen angelangt zu sein!<sup>16)</sup>

Gerade der Mangel solcher Wirbelungen in den gleichmässig strömenden höheren Luftschichten bei westlichen Winden und das Fehlen des Vertheilungsbestrebens in den Rauchgasen selbst ist sicher die Ursache der ungenügenden Verdünnung auf natürlichem Wege. Der Rauch der Dampfer auf See wird meilenweit als compacter Faden beobachtet. Nun, man kann der Natur zweifellos durch technische Einrichtungen diese Aufgabe erleichtern, und ich glaube, dass für die schweflige Säure überhaupt die einzige Möglichkeit in der Verdünnung liegt. Nur um einen gewissen Anstoss zu weiterer Arbeit in dieser Richtung zu geben, habe ich mich in zwei vorläufigen Constructionen von „Gebälseessen“, wie ich kurz sagen will, versucht. Ich habe dieselben in einem kleinen, unvollkommenen Modell und in den beiden Zeichnungen der Tafel IX und Tafel X hier ausgestellt.

Die Einrichtung ist so gedacht, dass eine Doppelesse, etwa nach Nutzung der sonst verlorenen Wärme und eventuell nach dem Waschen, die Abgase verdünnt, in wirbelnde Rotation versetzt und mit möglichster Stosskraft in die Atmosphäre verstreut.

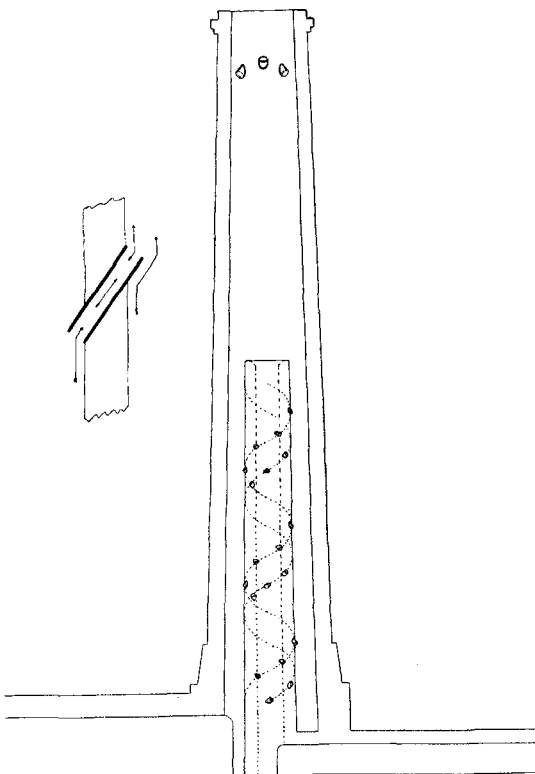
<sup>16)</sup> Einer nachträglichen brieflichen Mittheilung des Freiburger Oberhüttenamtes zufolge hatten die letzten Bemühungen doch den Erfolg, dass im Durchschnitt des Jahres 1900 nur noch 0,16 Proc.  $\text{SO}_2$  in den Halsbrücker Essengasen gefunden wurden. Die weiter oben angegebenen Zahlen wären demnach für die dortigen Hüttenwerke entsprechend herabzusetzen; für andere Hüttenwerke zunächst nicht. Ws.

<sup>15)</sup> Vgl. Clemens Winkler, Vortrag beim 2. allg. Deutschen Bergmannstag in Dresden 1883.

Die Esse kann natürlich nur mit künstlichem Zug durch Ventilatoren betrieben werden.

Ob man die Luft durch die äussere Mantelesse oder durch den inneren Gebläseschlot zuführt, bleibt für das Princip zunächst gleichgültig. Vermuthlich würde bei nicht allzu grossen Gasmassen die Luft am besten vom äusseren Kamin aus zugeführt.

Tafel IX.

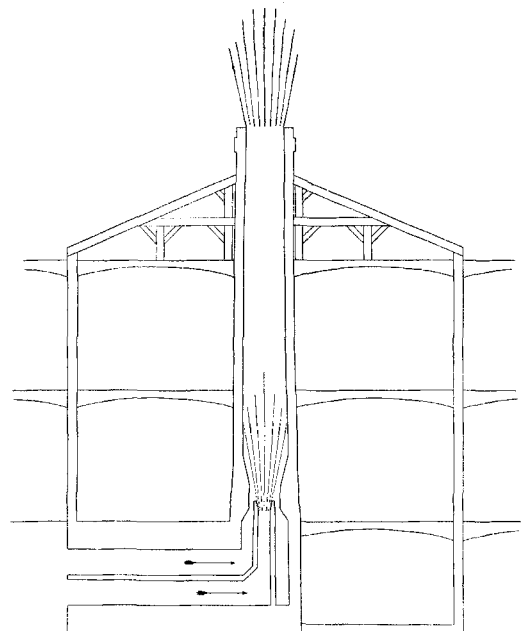


Wenn man mittels dieser Propeller die gesammte Ventilation der Fabrikräume, etwa auch die Abführung der Kohlensäure aus Kalk- und Magnesitöfen, betreiben, andererseits durch völlige Ausnutzung der Wärme die Beheizung der Räume oder das Vorwärmen des Kesselspeisewassers verbinden würde, so würde man schliesslich ein orga-

nisches System der Feuerungsanlagen mit höchstem sachlichen und ökonomischen Effect gestalten können. Der Schornstein muss m. E. ein baulicher Organismus werden, welcher eine höhere Aufgabe erfüllt, als bloss die nöthige Verbrennungsluft zu liefern. Er soll unsere Nutzpflanzenbestände vor einer Krankheit der Übercultur, der Schwindsucht, bewahren, so viel er kann.

Für seine wichtigste Aufgabe halte ich es, dass er dem letzten nicht condensirbaren Rest der schwefligen Säure die Gelegenheit verschafft, sich bis zur Unschädlichkeit zu verdünnen.

Tafel X.



Er darf das nicht dem Spiel des Zufalls in der Atmosphäre überlassen.

Keineswegs möchte ich meine Constructionen als Columbasei hinstellen.

Dass aber die bisherigen Erfahrungen mit Ventilatoren zu entschieden Hoffnungen berechtigen, geht aus Isaachsen's Schrift und aus der Zusammenstellung der Tafel XI hervor.

Tafel XI.

Zugerzeugungs- methode	Anschaffungs- kosten			Jährliche laufende Kosten			Verlust in Calorien Proc. der gesammten Verbrennungswärme	Kraft- verbrauch Verhältniss in Calorien
	Kosten	Ver- hältniss	Erspar- niss	Kosten	Ver- hältniss	Erspar- niss		
Schornstein . . . . .	10 000	100	—	800	100	—	9,4—31,8 Proc. ohne Vorwärmer	100 (75)
2 Ventilatoren (1 Reserve) (Saugmethode) . . . .	4 200	42	5800	462	58	338		
1 Ventilator (Saugme- thode) . . . . .	2 670	26,7	7330	294	37	506	5 Proc. mit Marland- vorwärmer	1,3 (1)
1 Ventilator (Druckme- thode) . . . . .	1 870	18,7	8130	206	26	594		

Diese Zahlen entnehme ich den Mittheilungen über eine nordamerikanische Fabrik, die Sturtevantfabrik, welche es gewagt hat, ihren Schornstein niederzulegen und die Zugluft in beliebig regulirbarer Weise in die Feuerungsanlage einzupressen.

Ganz ungeheure Ersparnisse sowohl in den Anlage- als in den Betriebskosten weist die Tabelle auf.

Ich stelle kurz die weiteren Vortheile dieses Verfahrens zusammen, wie sie den dortigen Erfahrungen entsprechen. Das ist

1. die Raumersparniss durch Wegfall des Schornsteins,
2. die Beseitigung aller Schwierigkeiten in der Beschaffung der Verbrennungsluft,
3. rauchfreie Verbrennung,
4. kein Wärmeverlust durch die abziehenden Gase. Die Wärme wird zum Vorwärmen des Kesselspeisewassers genutzt,
5. Verwendung billiger Brennstoffe, wie Kohlenstaub, welche starke Zugluft erfordern, ist ohne Weiteres möglich,
6. für den Antrieb des Ventilators ist nur 1 Proc. des erzeugten Dampfes erforderlich,
7. beliebige Vergrößerungsfähigkeit der Kesselanlage, während die Zugsteigerung durch Schornsteinerhöhung sehr kostspielig und schwierig ist,
8. es ist die Möglichkeit der Forcierung der Kessel über nominelle Leistungsfähigkeit bei plötzlich gesteigertem Bedarf ohne Reservekessel gegeben,
9. der Ventilator ist als bewegliches Gut wesentlich leichter verkäuflich.

Die Anlage ist so noch nicht geeignet zur Beseitigung von Rauchschrden. Aber die Ersparnisse dieses Ventilatorsystems würden ja zur Verfügung stehen, um das Gebläsesystem auch für unsere Sache zum Sieg zu führen.

Wie und wie weit der künftige Schornstein diese Aufgabe erfüllen kann, das können nur gründliche mechanisch-technische Studien, in entscheidender Weise nur das Experiment im Grossen ergründen.

Von technischer Seite ist inzwischen diese Frage in Angriff genommen worden. Es liegt eine bereits druckfertig verfasste Abhandlung Isaachsen's vor. Isaachsen hat sich seit längerer Zeit mit der Mechanik der Bewegungen in strömenden Flüssigkeiten und Gasen befasst und seine Erfahrungen durch einige Schriften bekannt gemacht.

Isaachsen hat zunächst die Grundlagen einer technischen Gasmischungslehre geschaffen und den Einfluss aller Elemente auf das „Schicksal des Rauches nach Verlassen der Esse“, und zwar

den Verlauf und die Dauer der Mischungsvorgänge,

den Einfluss der Diffusion und des Auftriebs,

die Wirkung des Wasserdampfes und der Feststoffe des Rauches, den Einfluss des Windes in seinen verschiedenen Typen,

insgesamt den Einfluss aller wirksamen Factoren in ihren Extremen und in ihrer Gesamtheit zu ermitteln gesucht.

Das hat zu höchst interessanten Schlussfolgerungen geführt, die ich nur oberflächlich unter Hinweis auf das Original wiedergeben kann.

Nur die Relativbewegungen von Gasen und verdünnender Luft nach Bewegungsgrösse und Richtung bestimmen die Verdünnungsgeschwindigkeit.

Die Dauer der Mischung ist **ohne künstliche** Begabung der Gastheile mit eigener Mischungstendenz ungeahnt gross, wenn nicht zufällige Wirbelungen in der Atmosphäre die Gase in uncontrolirbarer und aus gewissen Gründen ungünstiger Weise zerreißen.

Für die Berechnung der Mischungszeit unter gewissen praktisch-gültigen Normen hat Isaachsen eine Formel aufgestellt, welche beispielsweise für die Daten der Halsbrücker Esse und für künstlich durch Gebläseluftzuführung vorbereitete 500fache Verdünnung die Mischungsdauer 52 Minuten ergibt. Das scheint zunächst zu lang, weil bei einer Windgeschwindigkeit von 5 m pro Secunde der Tharandter Wald in etwa 40 Minuten erreicht werden würde.

In der Formel konnte aber nicht auf die Zerreißung der Rauchsäule durch Windwirbel und auf den Wechsel der Windrichtungen Rücksicht genommen werden. Diese gestalten die Lage natürlich günstiger.

Für den gewöhnlichen Steinkohlenrauch ist also die Aussicht auf Erfolg demnach unzweifelhaft. Es sind wohl ausführbare technische Mittel, durch welche den Gasen das nöthige Mischungsbestreben ertheilt werden kann.

In grossen Zügen sind es also Einrichtungen zur

Verdünnung der Gase durch Gebläseluft verbunden mit Erhöhung der Austrittsgeschwindigkeit, zur Ausstreuerung des Gasstrahls in conischer Form durch Rotations-schaufeln im oberen Theil der Esse oder ähnliche Vorrichtungen, oder zur Erzeugung von kräftigen Wirbeln.

Damit möchte ich es den Berufenen überlassen, die Führung im Kampfe gegen den schlimmsten Feind unserer Vegetation, die schweifige Säure, zu übernehmen und uns zum faktischen Siege zu führen!