

# Zeitschrift für angewandte Chemie

Band I, S. 1—8

Aufsatzteil

6. Januar 1920

## Neuere Erfahrungen über gewerbliche Vergiftungen.

Von Obermedizinalrat Dr. KOELSCH, bayr. Landesgewerbearzt in München.

(Vortrag, bestimmt zur Hauptversammlung des Vereins deutscher Chemiker in Würzburg.<sup>1)</sup>)

(Eingeg. 22./9. 1919.)

Meine Herren!

Sie alle kommen wohl regelmäßig bei Ihrer Berufstätigkeit mit verschiedenen chemischen Körpern in Berührung, die unter Umständen zu Gesundheitsschädigungen führen können, seien es nun Schädigungen des Gesamtorganismus oder einzelner Organe, der Schleimhäute, der Haut und dergleichen mehr. Es handelt sich also nach unserer ärztlichen Auffassung um sogen. gewerbliche Gifte, unter welche wir diejenigen Rohstoffe, Zwischen- und Endserzeugnisse sowie Abfallstoffe einbeziehen, welche bei ihrer Gewinnung, Herstellung und Verwendung in der industriellen Praxis unter den dort üblichen Arbeitsbedingungen die Gesundheit des damit Tätigen auf chemischem Wege gefährden.

Natürlich ist der Grad der Vergiftungsgefahr sehr verschieden je nach Art der verwendeten Chemikalien, Betriebsart und Betriebs-einrichtungen, so daß von der Tatsache der Verarbeitung oder Herstellung giftiger Stoffe nicht sofort auf eine sichere Gefährdung geschlossen werden darf; denn wir können letztere durch entsprechende Schutzmaßnahmen wohl erheblich einschränken. Immerhin verdienen die gewerblichen und beruflichen chemischen Schädigungen doch unsere ernsteste Aufmerksamkeit, da einerseits die Verwendung derartiger Stoffe reizend oder schädigender Stoffe eine außerordentlich weitgehende ist, und überdies die chemische Industrie fast fortgesetzt neue Körper zur Darstellung bringt, deren physiologische Wirkungen zunächst noch unbekannt sind, während andererseits die Wirkungen auf den Organismus unter Umständen recht bedenklich werden können, sowohl die akuten Schädigungen bei einmaliger forcierter Einwirkung, als insbesondere die chronischen Störungen, die sich im Verlauf einer längeren Arbeitsperiode schleichend entwickeln; in beiden Fällen sind wohl relative Heilungen möglich, vielfach bleiben jedoch alle möglichen Nachkrankheiten zurück, die u. a. Lebensfreude und Arbeitsfähigkeit dauernd auf das schwerste beeinträchtigen. Überdies tritt neben der direkten Giftwirkung, d. h. der akuten oder chronischen Intoxikation, auch eine indirekte Körperschädigung auf, die Verminderung der körperlichen Widerstandskraft der betroffenen Individuen gegen Schädigungen aller Art, insbesondere auch die Herabsetzung der natürlichen Immunität gegen bakterielle Keime, d. h. eine vermehrte Anfälligkeit an infektiöse Erkrankungen aller Art.

Hinsichtlich der Giftigkeit der einzelnen gewerblichen Gifte gibt es natürlich gewaltige, in der chemischen Konstitution bedingte Verschiedenheiten; dieselben wurden durch zahlreiche Sonderuntersuchungen besonders in den beiden letzten Jahrzehnten wissenschaftlich durchforscht; insbesondere hat sich hinsichtlich der technisch und hygienisch wichtigen Gase und Dämpfe Prof. K. B. Lehmann-Würzburg große Verdienste erworben. Lehmann hat für eine große Reihe von Fabrikgasen festgestellt, in welcher Konzentration sie in kurzer oder erst nach längerer Zeit schädlich wirken, oder in welcher Konzentration sie, ohne zu schädigen, stunden- oder tagelang ortragen werden. Dabei ergab sich, daß bei einigen dieser Gase bei längerer oder wiederholter Einwirkung eine gewisse Angewöhnung zustande kommen kann (z. B. bei Chlor oder Ammoniak), während bei anderen eine Steigerung der Empfindlichkeit erfolgen kann (z. B. bei Schwefelwasserstoff). Lehmann hat auch den Begriff der ein- und mehrphasischen Giftigkeit in die Gewerbetoxikologie eingeführt; er versteht darunter die Tatsache, daß gewisse flüssige Körper einerseits sich nur in Dampfform in den Arbeits-

räumen entwickeln, andererseits aber auch als Flüssigkeit im Raum vorhanden sind und dabei verdunsten; bei dieser letzteren zweiphasischen Giftigkeit ist die praktische Gefährdung bedingt nicht nur von der absoluten Giftigkeit der betr. Substanz, sondern auch von der Flüchtigkeit (Gefährdung =  $G \times F$ ), die allerdings durch die Temperaturverhältnisse sehr wesentlich beeinflusst wird.

Der Angriffsweg der Gifte ist abhängig von ihrem Aggregatzustand; gasförmige Stoffe werden eingeatmet, feste Stoffe verschluckt, indem sie mittels verunreinigter Hände, Geräte, Eßwaren, Genußmittel (Kautabak, Zigarren usw.) an den Mund gebracht werden oder in Staubform in den Nasenrachenraum inhaled und hier abfiltriert oder mit dem Speichel verschluckt werden. Dazu tritt für Flüssigkeiten die Tropfenintoxikation, die dadurch zustande kommt, daß aus siedenden Flüssigkeiten mit den aufsteigenden Dampfbläschen kleinste Flüssigkeitströpfchen emporgerissen werden, welche von der Decke des Raumes oder sonst beim Auftreffen auf feste Gegenstände beim Zerplatzen der Dampfbläschen frei werden und in den Arbeitsraum gelangen. Diese Tröpfchen werden, sofern sie mit der Atmungsluft in die Luftwege gelangen, daselbst bis auf Spuren oder völlig absorbiert.

Demnach kommen als Eintrittsweg der gewerblichen Gifte in Frage der Magendarmkanal für feste und tröpfchenförmige Substanzen, die Luftwege für gas-, staub- und tröpfchenförmige Körper, schließlich auch die verletzte und unverletzte Haut. Diese Hautresorption hat für die industrielle Praxis eine besondere Bedeutung erlangt; sie ist wohl selbstverständlich beim Vorliegen von Verletzungen und Ausschlägen, also bei Beschädigungen der natürlichen Schutzhülle; aber auch die unverletzte Haut läßt nach unseren neuen Erfahrungen gewisse feste und flüssige Stoffe durch, soweit sie fettlösend oder ätherlöslich sind.

Die Bedingungen der Giftresorption durch die unverletzte Haut sind unabhängig zunächst von der Struktur der Haut, die bei den einzelnen Individuen verschiedene Besonderheiten je nach Dicke, Porengröße, Durchblutung, Schweißbildung usw. aufweist, sodann von Dauer und Innigkeit der Berührung, mechanischer Reibung, Steigerung der Durchblutung, z. B. infolge erhöhter Temperatur und dergleichen mehr. Im allgemeinen sind zur Auslösung einer Vergiftung auf dem Weg der Hautresorption viel geringere Giftmengen nötig, als wie auf anderem Wege durch Aufnahme in den Magendarmkanal oder in die Luftwege. In analoger Weise ist natürlich auch die Aufnahme von Giften von den oberflächlichen Schleimhäuten aus möglich, zumal hierbei die Größe der Schleimhautoberfläche, ihre Wärme und Feuchtigkeit die Aufsaugung begünstigt. Einmal in die Blutbahn gelangt, können bestimmte Gifte hier sofort ihre verderbliche Wirkung entfalten (Blutgifte, Zerstörung der roten Blutzellen, Beeinträchtigung der O-Aufnahme) — oder aber sie bedienen sich der Blutbahn lediglich als Transportmittel, ohne das Blut selbst zu verändern, um zu den Geweben zu gelangen, zu welchen sie eine spezifische Affinität besitzen (Nervengifte).

Bei Substanzen, welche allgemein giftig wirken, ist es ziemlich gleichgültig, auf welchem der genannten Wege das Gift eingedrungen ist. Je nach Giftmenge, Zeitdauer der Aufnahme und Reaktionskraft des befallenen Individuums machen sich dann die Gesundheitsstörungen geltend. Allerdings ist die Resorption verschieden je nach Substanz und Individuum; hiervon hängt die tatsächlich aufgenommene und zur physiologischen Wirkung gelangte Giftmenge ab. Manche Gase werden z. B. bei der Einatmung in sehr erheblichem Grade absorbiert, wobei vielfach die Konzentration des Gases in der Atmungsluft ohne besonderen Einfluß zu sein scheint — bei anderen Gasen wiederum geht die Absorption mit der Dauer der Einatmung deutlich zurück.

Wie eben angedeutet, sind nicht alle Personen gegen die verschiedenen Gifte in gleicher Weise empfindlich. Zweifellos besitzt eine Anzahl von Individuen eine beträchtliche Immunität gegen dieselben; diese „Giftfestigkeit“ ist von dem augenblicklichen Gesundheitszustand und der Reaktionskraft und Lebensenergie oder von der gesamten Lebensführung des Individuums abhängig und mindert sich bei krankhaften Störungen verschiedener Art. Insbe-

<sup>1)</sup> Der für die Würzburger Tagung bestimmte Vortrag mußte seiner Zeit ausfallen, da Referent nicht mehr rechtzeitig geladen werden konnte.

sondere erkranken schwächliche und blutarme, ferner zu jugendliche oder zu alte Personen besonders leicht; alle Organkrankheiten, auch an sich geringfügige Erkrankungen, vermögen die Vergiftungsgefahr erheblich zu steigern. Aber abgesehen davon gibt es auch bei gesunden Individuen zum Teil erhebliche Unterschiede in der Toleranz. Vielfach ist eine relative Angewöhnung festzustellen, teilweise scheint diese relative individuelle Unempfindlichkeit auf mangelhafte Resorption oder beschleunigte Exkretion zurückzuführen zu sein. Andererseits finden wir wiederum persönliche Überempfindlichkeit gegen gewisse Gifte oder aber eine Steigerung der Empfindlichkeit bei wiederholter Wirkung einer vorher ertragenen Substanz. Für die Beurteilung der Giftgefahr ist — abgesehen von der absoluten Toxizität einer Substanz, die ihrerseits wieder von der chemischen Konstitution abhängig ist — die Konzentration und die Dauer der Einwirkung, insbesondere die Löslichkeit in den Körperflüssigkeiten von Bedeutung.

Zu diesen in der Natur des Individuums und in der Art des Giftes liegenden Voraussetzungen der gewerblichen Vergiftungen treten schließlich auch einige äußere Umstände; Gewohnheit, nicht genügende Vorsicht, mangelhafte Intelligenz der Arbeiter, welche die Gefahren des Betriebes nicht erkennen oder mißachten läßt oder zur Außerachtlassung der gebotenen Schutzmaßnahmen und Reinlichkeitsvorschriften führt, ferner die Gestaltung der Arbeitsräume und Betriebseinrichtungen: enge Arbeitsräume mit mangelhafter Durchlüftung und Wärmestauung sind ungeeignet wegen Erschwerung des respiratorischen Stoffwechsels und erhöhter Schweißbildung. Auch die Temperatur verdient Beachtung, da sich erfahrungsgemäß gewisse Vergiftungen in der warmen Jahreszeit und besonders an schwülen, windstillen Tagen häufen, weil hier die Schweißbildung und damit die Hautresorption begünstigt ist; außerdem steigert die Wärme auch die Verflüchtigung der verschiedenen Substanzen. Schließlich führt die Arbeit an heißen Tagen auch zu gesteigertem Durst oder zu vermehrter Aufnahme alkoholischer Getränke und bietet damit eine neue Gefährdungsquelle.

Der Alkohol begünstigt selbst in kleinen Mengen erfahrungsgemäß die Giftwirkung in hohem Grade. Diese dem Praktiker längst bekannte Tatsache wurde auch durch zahlreiche ärztliche Beobachtungen sowie im Tierversuch bestätigt. Die verschiedenen Gifte lösen sich mehr oder minder gut in Alkohol, meist sogar besser als in Wasser; in Alkohol gelöst, gelangen sie in den Säftestrom, während sie für sich allein zum größten Teil wieder ausgeschieden worden wären. Außerdem wird durch nicht zu große Alkoholmengen die Aufsaugetätigkeit des Magendarmkanals angeregt sowie die Durchblutung gesteigert und damit die Resorption begünstigt oder beschleunigt. Schließlich darf nicht übersehen werden, daß Alkoholiker infolge der im Gefolge des Alkoholismus auftretenden Organschädigungen eine erhöhte Empfindlichkeit zeigen, indem sich hier bereits die Wirkungen eines Giftes im Körper geltend gemacht haben.

Wir kommen hiermit zum Begriffe der sog. kombinierten Vergiftungen.

Unter Giftwirkung müssen wir die Reaktion zwischen Gift und bestimmten Zellgruppen oder der einzelnen Zellsubstanz ansprechen. Das Zustandekommen einer Giftwirkung setzt sich zusammen einerseits aus rein chemischen Reaktionen, andererseits aus physikalischen Wirkungen, die entweder für sich allein schon schädigen, oder aber die Voraussetzung oder Einleitung der chemischen Einwirkung bilden; solche physikalische Vorgänge sind Lösung, Absorption, Quellung, Diffusion usw. Unsere Kenntnisse hierüber sind allerdings noch recht lückenhaft. Die Verhältnisse werden noch komplizierter, wenn es sich um die kombinierte Wirkung mehrerer giftiger Substanzen handelt. Wir wissen heute, daß die biologische Wirkung verschiedener miteinander einverleibter Stoffe nicht einer einfachen Addition der einzelnen Komponenten parallel zu gehen braucht, sondern sehr oft eine neue eigenartige Reaktion auslöst. Dies wurde bei den gewerblichen Vergiftungen bisher viel zu wenig beachtet, indem man bisher meist nur nach einem schuldigen Giftstoff fahndete.

Die veränderte Wirkung von Giftgemischen gegenüber einzelnen Giftstoffen ist auf mehrfache Weise erklärlich. So können Mischungen zweier Substanzen einen neuen chemischen Körper geben, wodurch eine Steigerung der Giftigkeit oder eine Entgiftung stattfinden kann — oder die Löslichkeit einer Substanz kann durch Zusatz einer anderen Substanz verändert werden — oder die Durchlässigkeit der Zellmembranen oder die Aufnahmefähigkeit der Zelle selbst für einen bestimmten chemischen Körper wird durch einen zweiten Körper nach der positiven oder negativen Seite beeinflusst.

Bei Beurteilung der kombinierten Vergiftungen im Gewerbe stößt man nun auf wesentliche Schwierigkeiten, zumal es sich meist um unreine heterogene Stoffe von großer chemischer Verschiedenheit handelt, die evtl. leicht Umsetzungen erfahren oder sich gegenseitig in physikalischen Verhältnissen beeinflussen. Dazu kommen die Verschiedenheiten in Menge und Zeit der Giftwirkung, der wechselnden Konzentrationen und der Reihenfolge der Einwirkung. „Immerhin zeigen die experimentellen toxischen Untersuchungen aufs eindringlichste, daß die kombinierten Vergiftungen auch im Gewerbe eine sehr große Bedeutung haben. Es werden neue, eigenartige Reaktionen ausgelöst, einmal entstanden durch Bildung neuer wirksamer chemischer Stoffe, durch Veränderung von physikalischen Bedingungen, vor allem haben wir auch mit Potenzwirkungen zu rechnen, wo sogar im Grundstoff verborgene Eigenschaften zum Vorschein kommen können und selbst an für sich unwirksame Konzentrationen eine stark schätzende Wirkung erhalten“ (F. Müller).

Begünstigt wird die Entstehung derartiger kombinierter Vergiftungen besonders durch häufigen Arbeiterwechsel oder durch die Unkenntnis der Arbeiter, zum Teil auch mancher Betriebsleiter, die von der Gefährlichkeit der verwendeten Stoffe wenig oder gar nicht unterrichtet sind, durch unreine oder mangelhaft gereinigte Rohstoffe, Wiederverwendung von Substanzen, die bereits bei anderen Prozessen verwendet wurden, insbesondere (während des Krieges) durch Verwendung von Ersatzstoffen und durch Fälschungen — endlich durch mangelhafte Betriebseinrichtungen oder häufigen Wechsel des Betriebsverfahrens, wobei nicht selten unerwünschte Nebenreaktionen auftreten.

Begreiflicherweise haben gerade diese sog. kombinierten Vergiftungen für den Gewerbehygieniker ebenso großes Interesse wie für den behandelnden Arzt diagnostische Schwierigkeiten, da ja ganz atypische Krankheitsbilder auftreten können. Diese an sich schon großen Schwierigkeiten können unter Umständen weiterhin vermehrt werden durch die Verschiedenartigkeit der individuellen Reaktion des Befallenen, dann durch äußere Momente: absichtliche oder unabsichtliche Verschleierung des Betriebsprozesses (Fabrikationsgeheimnis!), Unorientiertheit in toxikologischer Beziehung, wodurch vielleicht gerade die falsche Fährte aufgenommen und die richtige Spur als belanglos abgelehnt wird und dergleichen mehr. Vielfach begnügt man sich mit der Feststellung oder Annahme eines einzigen Giftes, ohne sich um die Möglichkeit anderer giftiger Schädlichkeiten noch weiterhin zu kümmern.

Bei der großen ärztlichen und versicherungsrechtlichen Bedeutung dieser kombinierten Vergiftungen möchten wir nicht verfehlen, denselben in den Betrieben ganz besonderes Augenmerk zu widmen.

Nun zu einzelnen spezifischen Vergiftungen, und zwar möchte ich aus der Fülle der Möglichkeiten nur einige wenige herausziehen, über welche mir größere Eigenerfahrungen zur Verfügung stehen, oder ich selbst Arbeiten veröffentlicht habe.

Was zunächst die häufigste gewerbliche Vergiftung, die Bleivergiftung betrifft, so wurde speziell unsere Diagnostik in den letzten Jahren ganz wesentlich gefördert. Der Hauptgrundsatz bei der gewerbehygienischen Überwachung ist der, den Gefährdeten zu einer Zeit aus dem Betrieb herauszuholen, wo eben die ersten Vergiftungserscheinungen sich ausbilden, wo also der Körper noch nicht unter der vollen Schwere der Giftwirkung zu leiden hat; je früher uns dies gelingt, desto leichter können wir die Beschwerden beseitigen und Dauerschädigungen verhüten. Hier zeigte sich nun beim Blei als praktisch brauchbares Frühsymptom eine Veränderung der roten Blutzellen, die sog. basophilen Granulationen. Wenn solche Tüpfelzellen in größerer Häufigkeit auftreten (etwa mehr als eine Zelle in 50 Gesichtsfeldern), so ist bei einem Bleiarbeiter — falls einige andere Krankheiten, bei denen ebenfalls Tüpfelzellen aufzutreten pflegen, auszuschließen sind, so Malaria, Leukämie, Krebs, Nitrobenzolvergiftung usw. — mit größter Wahrscheinlichkeit eine beginnende Bleischädigung anzunehmen, auch wenn andere Krankheitssymptome der Bleivergiftung noch fehlen. Natürlich wird die Diagnose erheblich gefestigt durch andere Anfangssymptome, eine gewisse fahle Blässe (Bleicolorit), unbestimmte Verdauungsbeschwerden, neurasthenische Erscheinungen und dergleichen mehr. Der Bleisaum, jene schwärzliche schmale Linie am Zahnfleisch, ist ein durchaus unzuverlässiges Zeichen, da er bei guter Mundpflege auch in fortgeschrittenen Fällen fehlen kann.

Gewerbliche Vergiftungen durch Quecksilber sind in den letzten Jahrzehnten relativ selten geworden; die weltbekannte Fürther Spiegelindustrie, in welcher beispielsweise Mitte der 80er Jahre noch rund 180 Arbeiter tätig waren mit bis zu 5400

jährlichen Krankheitstagen infolge Hg-Vergiftung, arbeitet bekanntlich nahezu völlig Hg-frei, d. h. sie stellt nur mehr Silberspiegel her; nur 5—6 ältere Arbeiter waren bei Kriegsbeginn noch gelegentlich für den Export nach dem tropischen Amerika mit Hg-Spiegel-fabrikation beschäftigt. Neuerdings hat mir jedoch die Verwendung von Hg-Verbindungen als Katalysator Gelegenheit gegeben, innerhalb 14 Monate 116 z. T. schwere Fälle von gewerblichem Mercurialismus zu beobachten. Das Krankheitsbild ist ja sehr charakteristisch: Mundfäule, teilweise mit Zahnausfall, psychische Erregbarkeit (Erethismus), Zittern, dazu verschiedene mehr oder minder aufdringliche Organstörungen, schließlich in schweren Fällen allgemeiner Verfall (Kachexie). Im Urin konnte bei 80% der Untersuchten Hg nachgewiesen werden (elektrolytische Methode). In der Luft der Arbeitsräume wurde von Spuren bis zu 1—3 mg Hg im cbm Luft festgestellt. Durch entsprechende Sanierungsmaßnahmen gelang es, die Vergiftungen relativ rasch auf ein Mindestmaß herunterzubringen, teils durch Individualprophylaxe: Arbeiterauslese, Belehrung, Reinheitspflege, periodische ärztliche und zahnärztliche Untersuchung, teils besonders durch technische Verbesserungen. So betrug z. B. der Hg-Gehalt an einer bestimmten Stelle vorher bis zu 1,5 mg im cbm Luft, nach der Sanierung nur 0,3—0,5 mg.

Bei der Herstellung von *K n a l l q u e c k s i l b e r* wurden Allgemeinvergiftungen nie beobachtet, wohl aber spezifische Hautreizungen an den unbedeckten Körperstellen, besonders im Sommer (Schwitzen!). Ähnliche Hautreizungen wurden — und zwar hier auch in Verbindung mit leichten Vergiftungserscheinungen — auch bei *S u b l i m a t p a s t i l l e n*-Arbeitern beobachtet. Überdies war bei beiden Arbeiterkategorien eine charakteristische Schwarzfärbung der Zähne infolge Bildung von Quecksilbersulfid auffällig.

Die gewerblichen Schädigungen durch *A r s e n* und seine festen Verbindungen sind relativ gering. Mir wurde in Bayern innerhalb 10 Jahren lediglich eine größere Anzahl von Hautreizungen bekannt infolge Einwirkung von „Schweinfurter Grün“-Staub, die besonders zur warmen Jahreszeit an den sog. Reibstellen auftreten.

Etwas größere Bedeutung hat die gewerbliche *A r s e n w a s s e r s t o f f*-Vergiftung. In Bayern ereignete sich jahrelang kein Fall, dann kamen im Februar 1915 plötzlich 9 Erkrankungen mit 1 Todesfall in einer chemischen Fabrik zur Beobachtung. Die Wirkung des Arsenwasserstoffes liegt zunächst in der Auflösung der roten Blutzellen; die Giftigkeit galt als eine relativ große. Die Statistik zeigt allerdings, daß die Sterblichkeit doch nicht so groß ist, wie dies bisher gemeinlich angenommen wurde. Ich konnte aus der ärztlichen Literatur insgesamt 128 gewerbliche *A s H<sub>3</sub>*-Vergiftungen zusammenstellen mit 35 Todesfällen = 27,3% Mortalität. Natürlich kommt es auch hier besonders auf Konzentration und Dauer der Giftwirkung an.

Noch ungeklärt ist das Krankheitsbild des *M a n g a n i s m u s*, d. h. jene eigenartige Erkrankung der Braunsteinmüller und anderer mit Manganoxyden beschäftigter Arbeitergruppen. Bisher wurden etwa 30 derartige Fälle bekanntgegeben; es handelt sich hierbei um einen Zustand mit allgemeiner Schwäche, Speichelfluß, Sprachstörungen, Zwangslachen und -weinen, Gehstörungen (Propulsion), reißende und kribbelnde Nervenschmerzen usw. Genaue Untersuchungen waren von Reichs wegen beabsichtigt, jedoch durch die Kriegsverhältnisse unterbrochen.

Von den *M i n e r a l s ä u r e n* wäre nur ganz kurz zu bemerken, daß sie als Substanz Verätzungen hervorrufen und in Dampfform die Schleimhäute besonders der Augen und der Luftwege reizen und bei längerer Wirkung chronische Katarhe hervorrufen können. Ferner sind sie die Ursache der sog. Säurenekrose der Zähne infolge Entkalkung des Knochens mit Brüchig- und Stumpfwerden bis zur vollkommenen Abschleifung. Die vorhandenen Zahnstümpfe sind meist schwarz verfärbt.

Besondere Hervorhebung verdienen die *nitrosen Gase*, d. h. die niedrigen Oxydationsstufen des Stickstoffes, wie sie bei Einwirkung der Salpetersäure auf die verschiedensten reduzierenden Stoffe entstehen; solche desoxydierenden Stoffe sind z. B. Metalle, organische Körper (wie Holz, Stroh, Papier, Stoff), schweflige und Salzsäure, Eisenvitriol u. dgl. Ferner entstehen sie bei der Verarbeitung der Salpetersäure und ihrer Salze. Sie zeigen sich als schwere, rotbraune Dämpfe, die in Gasform durch die Atmungswege aufgenommen werden.

Die Empfindlichkeit gegen die nitrosen Gase ist sehr wechselnd; geringere Mengen können oft lange Zeit hindurch ohne Schaden (abgesehen von bronchitischer Reizung und blasser Gesichtsfarbe) eingeatmet werden. Bei besonderer Disposition oder Einatmung größerer Mengen empfindet der Betreffende oft stundenlang keine besonderen Störungen, bis auf einmal (nach 3—8 Stunden) die be-

drohlichen Erscheinungen auftreten: Krampfhusten, Atemnot, Brustbeklemmung, Angstgefühl mit kaltem Schweiß, Cyanose und Kälte der Extremitäten; meist wird reichlicher schaumiger Auswurf entleert; der Tod erfolgt durch Lungenödem. Die bei Vergiftung durch nitrose Gase vielfach empfohlene Verabreichung von Chloroform ist, weil wirkungslos und ein falsches Sicherheitsgefühl erzeugend, zu verwerfen. Als einzige wirksame Therapie kommt die Sauerstoffatmung in Betracht.

Ich wende mich nunmehr den organischen Giften zu, von welchen zunächst die gechlorten Kohlenwasserstoffe der aliphatischen Reihe Gelegenheit zu bemerkenswerten praktischen Beobachtungen gaben. So wird das *Tetrachlormethan* (Tetrachlorkohlenstoff) als Benzinersatz in der Extraktions- und Reinigungsindustrie, als Lösungsmittel usw. vielfach verwendet. Die Wirkung ist eine leicht narkotische, ähnlich dem Chloroform (Trichlormethan), doch schwächer als dieses, mit baldiger Erholung an frischer Luft; in einem Fall — es handelte sich um Innenanstrich eines Kessels, kam es zum Tode des Arbeiters. Einen Fall von chronischer Vergiftung konnte ich bei einer 55 Jahre alten Frau nach 3 wöchiger Beschäftigung mit der genannten Substanz feststellen; die Erscheinungen waren Erbrechen, Magendrücken, Verstopfung, Druckempfindlichkeit in der Lebergegend und Gelbsucht.

Wesentlich gefährlicher erwies sich das *Tetrachloräthan* (Acetylentetrachlorid), welches bekanntlich als Lösungsmittel für verschiedene Substanzen, insbesondere für Acetylcellulose dient und in der Filmindustrie und für Flugzeuglacke praktische Bedeutung gewann. Schon vor dem Kriege wurden mehrere tödliche Vergiftungen beim Lackieren der Flugzeuge beobachtet, zuerst in Frankreich, im Frühjahr 1914 auch in Berlin-Johannisthal (14 Vergiftungen mit 2 Todesfällen); bei Kriegsbeginn traten in einem Münchener Flugzeugbetrieb 9 Vergiftungen mit 1 Todesfall auf. Als Krankheitserscheinungen bestanden Rauschzustand, Kopfschmerz, Übelkeit, Magendarmstörungen mit Gelbsucht und Leberschwellung, mehrfach auch nervöse Symptome (Gefühlsstörungen, Lähmungen usw.). Der Tod erfolgte unter dem Bilde der akuten gelben Leberatrophie. Bemerkenswerter Weise wurden anfänglich alle Fälle verkannt und als einfache Gelbsucht, Bleikolik und dergleichen mehr gedeutet — weil eben Art und Giftigkeit der verwendeten Substanz nicht bekannt war; erst die Häufung der Erkrankungen machte stutzig und wies auf die berufliche Ätiologie hin. Auch bei Verwendung von *Trichloräthylen* wurde über Rauschwirkung geklagt. Die Neigung der gechlorten Kohlenwasserstoffe der Fettreihe zu spezifischen Leberschädigungen ist physiologisch in der Affinität dieser fettlösenden Substanzen zu den in der Leber aufgestapelten Fettkörpern (Cholestearin, Lecithin usw.) begründet — ähnlich wie ja die narkotische Wirkung auf der Affinität zu den Gehirnlipoiden beruht. Die Wirkungsweise aller in diese Gruppe gehörigen Substanzen ist nahezu gleich; es gibt nur graduelle Unterschiede.

Für alle Fälle besteht begründeter Anlaß, bei längerer oder gar ständiger Verwendung der gechlorten Kohlenwasserstoffe der Fettreihe die Gesundheitsverhältnisse der Arbeiter im Auge zu behalten, insbesondere beim Tetrachloräthan, wo schon nach relativ kurzer Beschäftigungsdauer (mehrmals bereits nach einigen Wochen) tödliche Erkrankungen beobachtet wurden. Anämie, Fettsucht, insbesondere gleichzeitiger Alkoholgenuß begünstigt im hohen Grade.

Vielach haben wir es bei den Lacken und Lösungsmitteln der Technik nicht mit reinen Vergiftungen zu tun, sondern mit Kombinationen; denn es kommen als weitere Beimengungen zu diesen Lacken auch Aceton, Amylacetat, Ameisensäure, Benzol, Toluol u. a. in Betracht — die ja alle nicht ganz harmlos sind. Vom *Amylacetat* konnte ich feststellen, daß es in konzentrierter Form Hustenreiz, Hitzegefühl im Kopf, Benommenheit und Schwindelgefühl hervorruft; im protalierten Tierversuch wurde außer Reizung der Luftwege deutliche Fettleber mit Blutstauung im Lebergewebe beobachtet; bei Arbeitern konnten allerdings derartige Organschädigungen noch nicht festgestellt werden.

Ich gehe hiermit zu einer anderen Gruppe über, die mich längere Zeit beschäftigte, nämlich zu den *Cyanverbindungen*. Die *Blausäure* hat ja bekanntlich in den letzten Jahren als Raumdeshinfektionsmittel erhebliche Bedeutung gewonnen; tödliche Vergiftungen wurden hierbei mehrfach beobachtet. Infolge von Anwendung in Mühlen und Lagerhäusern zwecks Vertilgung der Mehlmotte und anderer Getreideschädlinge hat diese Frage auch gewerhygienische Bedeutung bekommen; allerdings sind mir hierbei in Bayern Vergiftungsfälle noch nicht bekannt geworden. Weiterhin kommt die Cyanwasserstoffsäure in Frage bei der Galvanostegie und Galvanoplastik, doch waren auch hier trotz deutlichen Geruchs

Gesundheitsschädigungen nie festzustellen; auffallend blieb mir die Häufigkeit der Akne rosacea unter den Arbeitern an den galvanischen Bädern. Dieser Hautausschlag des Gesichts und der Nase ist die Folge einer chronischen Blutüberfüllung der Hautgefäße — also einer Wirkung, die auch den Cyanverbindungen eigentümlich ist. Vielleicht besteht hier ein ursächlicher Zusammenhang. Wichtiger und interessanter sind die Erfahrungen mit einer anderen Cyanverbindung, mit dem Calciumcyanamid, der wirksamen Substanz des Kalkstickstoffs, welcher hiervon etwa 57% enthält. Hier wurden neben zahlreichen Hautausschlägen infolge Verätzung durch den darin enthaltenen Ätzkalk (21%) eigenartige Anfälle beobachtet, die aber im allgemeinen nur dann auftraten, wenn zuerst bei der Arbeit reichlich Kalkstickstoffstaub geschluckt und dann Alkohol — wenn auch nur in geringen Mengen — zu sich genommen wurde. Die Arbeiter werden im Gesicht und oberen Körperpartien dunkelbläulich, bekommen Atemnot, Brustbeklemmung, Herzklopfen und dergleichen mehr. Die Augenbindehaut ist stark durchblutet, ebenso die Mund-Rachenschleimhaut lebhaft gerötet. Nach meinen Untersuchungen sind diese Veränderungen auf das Cyanamid zurückzuführen, welches — analog den anderen Cyanverbindungen — solche vasomotorischen Wirkungen insbesondere auf die Gefäße des Kopfes ausübt. Bemerkenswert ist die Wirkung des Alkohols hierbei, welcher vermutlich infolge Begünstigung der Resorption, vielleicht noch durch eine Summation von gleichgerichteten Wirkungen das typische Krankheitsbild auslöst, das meist 1—2 Stunden anhält, bis eben der Alkohol im Körper verbrannt ist. Bei Frauen wurde ausnahmsweise nach forzierter Staubinhalation auch ohne Alkohol ein ähnlicher, wenn auch weniger ausgeprägter Kongestionszustand beobachtet.

Bemerkenswerter Weise wurden bei Verarbeitungen von Dicyandiamid (in der Munitionsindustrie) Gesundheitsschädigungen nicht beobachtet.

Wenn ich im folgenden zum Benzol und seinen Abkömmlingen übergehe, so möchte ich zunächst kurz auf die große gewerbehygienische Bedeutung des Benzols hinweisen. Entgegen früheren Ansichten sind gewerbliche Vergiftungen durch diese Substanz keineswegs selten, scheinen sich im Gegenteil immer mehr zu häufen — weniger in den großen chemischen Betrieben, in welchen es sich meist um akute Unfallvergiftungen handelt, als vielmehr in den Betrieben, welche Benzol und seine verwandten Destillate als Extraktions-, Lösungs-, Anstreichmittel oder als Treibmittel für Motoren usw. verwenden, in denen aber zum Teil seine Anwesenheit oder seine Giftigkeit überhaupt nicht bekannt ist; man denke nur an die Rostschutzmittel oder Kesselanstriche Auxulin, Dermatin, Preolith, Anticorrosivum, Siderosthen-Lubrose, Solution, Black-Varnish-Oil und dergleichen mehr, die 20—40% Benzol enthalten — man denke an die auch heute selbst in der technischen und medizinischen Literatur immer noch zu beobachtende Verwechslung mit Benzin, an die Handelsnamen der einzelnen Fraktionen: Vorlauf, Solventnaphtha, Terpentinersatz usw. Insbesondere wird die toxiologische Beurteilung durch die einzelnen Destillationserzeugnisse und Reinheitsgrade unter Umständen erheblich erschwert; denn ein Vorlauf mit 15—60% Schwefelkohlenstoff ist wieder anders gesundheitlich zu bewerten als Solventnaphtha, welches kaum mehr reines  $C_6H_6$  enthält, dagegen Xylol, Mesitylen, Pseudocumol, Phenole und andere zum Teil noch unbekannte Körper.

Bezüglich der Aufnahme in den Körper stehen Einatmung und Hautresorption in Konkurrenz; die Krankheitserscheinungen sind verschieden je nach Dauer und Massigkeit der Giftwirkung. Während kleine Mengen, vorübergehend eingeatmet, nur rauschähnliche Zustände erzeugen, kann nach kurzer Einatmung großer Mengen schneller Tod eintreten. Chronische Vergiftungen verursachen neben nervösen Störungen besonders Blutungen (Haut, Schleimhäute, Gebärmutter) — dann können bei lokaler Einwirkung örtliche Reizerscheinungen der Schleimhäute auftreten — schließlich sind infolge der spezifischen Affinität zu den Lipoiden des Zentralnervensystems auch mehr oder minder tiefgreifende nervöse Nachkrankheiten zu beobachten. Alles in allem ein sehr vielgestaltiges Bild je nach qualitativen, quantitativen und zeitlichen Voraussetzungen und mit individuell komplizierten Wirkungen; denn auch hier zeigten gewisse Personen, wie Anämische, Personen mit Organstörungen verschiedener Art, Alkoholiker und dergleichen mehr eine besondere Empfindlichkeit.

Von den Abkömmlingen des Benzols haben insbesondere die Nitroverbindungen als unsere wichtigsten Explosivstoffe während des Krieges eine überragende Bedeutung gewonnen. Weit aus erster Stelle stand hier das Dinitrobenzol, sowohl hinsichtlich der praktischen Verwendung als auch hinsichtlich der

Giftigkeit. Hierbei spielt sowohl die Flüchtigkeit mit Wasserdampf als auch insbesondere das Eindringen durch die unverletzte Haut eine außerordentliche Rolle, nachdem es mit dem Hautfett Verbindungen eingeht und so die oberen Deckschichten durchdringt; natürlich wirken hier auch individuelle Verschiedenheiten mit, wie dies bereits eingangs erwähnt wurde.

Im Vordergrund der Giftwirkungen stehen die Blutschädigungen, welche den nitrierten Benzolen ihre Stellung unter den Blutgiften geben. Einerseits wird die Oxydationsfähigkeit der roten Blutzellen gestört, und das umphysiologische Methämoglobin gebildet, andererseits finden sich Störungen im Zellstroma, die zur Auflösung der roten Blutzellen, demgemäß auch zur Anämie führen. Welcher dieser beiden Prozesse der primäre ist, mag dahin gestellt sein; einige Autoren erachten die Schädigung oder Auflösung der roten Blutzellen als das Primäre; das frei gewordene Hämoglobin wird sodann in Methämoglobin umgewandelt. Die geschilderten Veränderungen wirken ungünstig auf Atmung und Herz; der im Säftestrom frei gewordene unveränderte Blutfarbstoff führt zum (hämato-genen) Ikterus, während das methämoglobinhaltige kreisende Blut die Cyanose bedingt, indem der bräunliche veränderte Blutfarbstoff in die feinsten Hautgefäße eindringt und so eine blaugraue Mischfarbe der Haut erzeugt. Als Folge der mangelhaften O-Zufuhr treten zunächst Allgemeinstörungen auf, später Dyspnoe und Reizerscheinungen des Zentralnervensystems, welche sich bei schweren Vergiftungen zu Krämpfen und allgemeinen Lähmungen steigern können. Ob es notwendig ist, außerdem noch eine direkte (primäre) Wirkung auf das Zentralnervensystem anzunehmen, sei den Toxikologen vom Fach zur Diskussion überlassen. Verschiedene Autoren nehmen eine solche selbständige Schädigung des Zentralnervensystems an. Weiterhin finden sich noch Schädigungen der parenchymatösen Organe, insbesondere der Leber, die hier unter dem Bilde der akuten gelben Atrophie auftreten.

Je nach Dauer und Intensität der Giftwirkung sowie persönlicher Empfindlichkeit sind verschiedenartige Symptomenkomplexe festzustellen. Insgesamt wurden mir in Bayern während des Krieges über 1000 Dinitrobenzolvergiftungen bekannt mit etwa ein Dutzend Todesfällen; teils infolge des Füllens mit D-haltigen Sprengstoffen (Einstampfen) oder von Eingießen des D-Ammonsalpetergemenges 65:35.

Unter den nitrierten Toluolen hatte besonders das Trinitrotoluol Bedeutung, welches mit Ammonsalpeter geschmolzen (60:40) in die Granaten eingegossen wurde. Die Wirkungen sind wohl ähnlich wie die durch die nitrierten Benzole hervorgerufenen, also Methämoglobinbildung und Schädigung der roten Blutzellen, jedoch nur andeutungsweise in leichtester Form. Trotz umfangreichsten Beobachtungsmaterials wurden eigentliche Vergiftungen nur in ganz wenig Fällen und nur infolge besonderer persönlicher Disposition beobachtet; bei einigermaßen reinen Erzeugnissen und Anwendung der primitivsten Schutzmaßnahmen ist nach meinen Erfahrungen von einer praktischen Giftigkeit kaum zu reden.

Die Giftigkeit steigert sich aber in dem Grade, als das Trinitrotoluol mit anderen Substanzen verunreinigt ist. Hier machte sich teilweise das Tetranitromethan recht unangenehm bemerkbar, welches sowohl im Tierversuch als auch beim Menschen Reizerscheinungen der Luftwege hervorrief und in mehreren Fällen unter den Erscheinungen des Lungenödems zum Tode führte. Weiterhin können bei der Nitrierung von nicht ganz reinem Toluol wohl Zwischenresultate auftreten, deren chemische Konstitution und pharmakodynamische Wirkung noch wenig bekannt sind; insbesondere ist auch die Beimengung nitrierter Benzolreste nicht von der Hand zu weisen. Diese Verunreinigungen waren zweifellos Schuld an einigen atypischen Fällen von Trinitrotoluolvergiftung, die unter den Erscheinungen der akuten gelben Leberatrophie zum Tode führten. In Deutschland wurden während der 4 Kriegsjahre etwa 2 Dutzend derartiger Fälle bekannt, hiervon aber kein einziger in Bayern. Hingegen liegen aus England und Amerika zahlreiche derartige Vergiftungen vor, beispielsweise wurden in England in den beiden ersten Kriegsjahren (Herbst 1914—1916) mehr als 150 solche Erkrankungen mit über 50 Todesfällen gemeldet, davon im Juli-August 1916 allein 53 Erkrankungen mit 13 Todesfällen, in den gleichen Monaten 1917 immer noch 17 Fälle mit 7 Todesfällen. Die wesentlichen Gründe dürften wohl in der Verwendung unreiner Chemikalien in Verbindung mit übermäßig forcierter Arbeit zu suchen sein, wodurch sich die englische Munitionsindustrie von der deutschen unterschied.

Das Trinitrophenol (Pikrinsäure) zeigte sich im allgemeinen als harmlos; leichte Hautreizungen und Magenstörungen

wurden häufiger angegeben. Nur in einigen wenigen Fällen, bei besonderer persönlicher Empfindlichkeit, kam es zu toxischen universellen Hautausschlägen mit Allgemeinsymptomen. Todesfälle wurden bei gewerblicher Verarbeitung nie beobachtet.

Die nitrierten Naphthaline erwiesen sich als gewerblich-harmlose Substanzen, in einigen wenigen Fällen wurden Hornhautgeschwüre bekannt infolge Einwirkung der Dämpfe; hingegen zeigte sich das Trinitroanisol als ein äußerst unangenehmer Körper, welcher schwere toxische Hautausschläge mit Schwellung der Haut und der Lymphdrüsen, Schleimhautreizungen an Augen, Mund und Rachen, Kopfschmerzen, Appetitstörungen, zum Teil sogar entzündliche Veränderungen in den Lungen und Nieren verursachte. Natürlich war auch hier die persönliche Disposition unverkennbar, doch blieb nur ein Bruchteil der Arbeiter ganz verschont.

Die Amidokörper des Benzols rufen ebenfalls schwere Schädigungen des Blutes (Methämoglobinbildung mit Cyanose und Zerstörung der roten Blutzellen) und nervöse Schädigungen hervor. Beim akuten Anilismus finden sich also neben der Blausucht Mattigkeit, Schwindelgefühl, Taumeln, schwerfällige Sprache; Erregung mit Schwatzhaftigkeit, Lustigkeit und Unorientiertheit, Appetitmangel, starke Pulsspannung und Beschleunigung. Bei schweren Fällen tritt Atemnot, Bewußtlosigkeit, Erbrechen, Blutharn auf; der Tod erfolgt im Koma oder nach Krämpfen. Bei der chronischen Vergiftung finden sich Appetitstörungen, Erbrechen und Aufstoßen, Abgeschlagenheit und Kopfschmerz, Schlaflosigkeit, Nerven- und Muskelschmerzen, Blutarmut und ähnliches, zum Teil sogar entzündliche Veränderungen in den Lungen und Nieren. Natürlich war auch hier die persönliche Disposition unverkennbar, doch blieb nur ein Bruchteil der Arbeiter ganz verschont. Ein charakteristisches Symptom scheint wohl die Steigerung des Blutdruckes in Verbindung mit einer Pulsverlangsamung zu sein.

Eine eigenartige Erscheinung bilden hier bekanntlich die Blasen-tumoren, welche besonders bei den Anilin und Benzidin (Naphthylamin, Anisidin usw.) Beschäftigten nach einer mehrjährigen Arbeitszeit auftreten. Die Erkrankung setzt ein mit Störungen bei der Harnentleerung (Disurie, Blutharnen usw.); bei der cystoskopischen Untersuchung finden sich teils gutartige Zottengeschwülste verschiedener Größe, teils — in fortgeschrittenen Fällen — bösartige Tumoren (Krebs, Sarkom). Bei den genannten Arbeitern, welche Jahre hindurch Anilindämpfe — wenn auch in kleinsten Mengen — einatmen müssen, kommen trotz vielfacher Schutzmaßnahmen fortgesetzt einzelne Fälle zur Beobachtung. Eine 4 wöchentliche cystoskopische Untersuchung der Gefährdeten sucht die beginnenden Erkrankungen festzustellen; diese Arbeiter werden natürlich sogleich aus den genannten Betriebsabteilungen entfernt.

Soviel über einige Eigenbeobachtungen aus den letzten Jahren. Natürlich wäre aus der Fülle des Materials noch manches Interessante zu berichten, insbesondere gäbe die technische und individuelle Prophylaxe noch zahlreiche gelöste und ungelöste Probleme ab. Die Rücksicht auf die knappe Zeit verbietet dies jedoch. Die wichtigsten Gesichtspunkte für die Prophylaxe ergeben sich wohl aus dem Gesagten: Vervollkommen der betriebs- und gesundheitstechnischen Einrichtungen, fortgesetzte hygienische Überwachung, Arbeiterauslese und dergleichen mehr. Für „Erste Hilfe“ sind entsprechende Vorbereitungen zu treffen; bei zahlreichen Vergiftungen spielt die Sauerstofftherapie eine unentbehrliche Rolle, insbesondere soweit es sich um Schädigung der tieferen Luftwege, des Herzens und des Blutes handelt, evtl. in Verbindung mit Aderlaß und Kochsalzinfusion oder Klysmen.

Meine flüchtigen Ausführungen dürften Ihnen wohl die Überzeugung gebracht haben, daß die moderne Gewerbehygiene der Frage der gewerblichen Vergiftungen — ihrer großen praktischen Bedeutung entsprechend — ein besonderes Augenmerk zuwendet. Manche Fragen der Toxikologie und der Prophylaxe sind allerdings noch ungelöst; hier können Sie, meine Herren, als die Männer der Praxis zweifellos mit zur Klärung beitragen; in diesem Sinne hätte ich Sie herzlichst um Ihre gütige Mitwirkung oder um gelegentliche Bekanntgabe Ihrer Beobachtungen und Erfahrungen gebeten. Eine dringliche Forderung muß aber in absehbarer Zeit noch erfüllt werden, das ist die Einführung oder Ausgestaltung gewerbehygienischer Vorlesungen an den Hochschulen, und zwar nicht durch reine Theoretiker, sondern durch Fachleute, die mit der Praxis in engster Fühlung stehen. Hoffen wir, daß die nächste Zeit auch diese Forderung der Erfüllung näher bringt, zur Förderung der Wissenschaft und zum Wohle aller arbeitenden Volksgenossen. [A. 154.]

## Über den Stand der Untersuchung der Wasser und Gesteine Bayerns auf Radioaktivität und über den Flußspat vom Wölsenberg.

Von Prof. Dr. F. HENRICH.

(Vortrag gehalten auf der Hauptversammlung des Vereins deutscher Chemiker zu Würzburg.)

(Eingeg. 14./10. 1919.)

[Hochverehrte Anwesende! Nachdem man zu Anfang des Jahrhunderts festgestellt hatte, daß die Radioaktivität eine in der Natur weit verbreitete Erscheinung ist<sup>1)</sup>, fand man bald Naturgebilde von hoher Radioaktivität. In Joachimsthal in Böhmen zeigten Grubenwässer in den Uranpecherzgruben rund 2000 Macheinheiten, und es entstand der Plan, diese Wässer für Heilzwecke gewinnbringend auszubeuten. Da man in dem benachbarten Sachsen Grund hatte, anzunehmen, daß ein Teil der stark radioaktiven Joachimsthaler Wässer aus sächsischem Gebiete stammen, so entstand hier eine Bewegung von solcher Heftigkeit, daß man sie treffend als Radiumfieber bezeichnete<sup>2)</sup>. Die sächsische Regierung sah sich veranlaßt, einzuschreiten, und ernannte eine Kommission, welche diese Streitfrage prüfen und möglichst alle Quellen, Gesteine und Mineralien des Landes auf Radioaktivität untersuchen sollte. Dadurch konnte die Bevölkerung sachgemäß beraten und wilder Spekulation vorgebeugt werden. Diese Kommission hat sich vortrefflich bewährt<sup>3)</sup>, und nach ihrem Vorbild haben bald auch andere Staaten wie Baden, Elsaß-Lothringen analoge Institutionen eingesetzt. Bayern besitzt seit 1914 eine solche Kommission, und ich möchte mir erlauben, Ihnen aus meinem Arbeitsgebiet, das die fränkische Schweiz, das Fichtelgebirge und die Oberpfalz umfaßt, einiges Vorläufige zu berichten. Ich wurde bei diesen Untersuchungen durch Mittel unterstützt, die die Bayrische Akademie der Wissenschaften in München gewährt hat.

Um ein Bild von der Verteilung der Radioaktivität im Lande zu erhalten, sollen nicht einige ausgewählte, sondern möglichst alle Quellen, Gesteine und Mineralien des Landes auf Radioaktivität untersucht werden. Auf einer solchen wissenschaftlichen Grundlage lassen sich dann eventuell auftauchende praktische Fragen umfassender erledigen. Die Gesamtuntersuchung dürfte sich naturgemäß noch Jahre lang hinziehen.

Apparatur. Für die Untersuchung des Wassers auf Radioaktivität wählten wir das Fontaktoskop von Engler und Sieveking. Einerseits hatte ich damit bei meinen Untersuchungen über die Wiesbadener Thermalquellen recht gute Erfahrungen gemacht<sup>4)</sup>, und andererseits werden auch in Sachsen, Baden u. a. O. die Untersuchungen mit diesem Instrument ausgeführt. Der Apparaturfehler dürfte so am wenigsten in das Gewicht fallen.

Bei besonders interessanten Quellen sollen völlig exakte Messungen mit dem Präzisionsfontaktoskop von Engler und Sieveking oder mit dem Fontaktometer von Stefan Meyer und Schweidler gemacht werden.

Feste Substanzen prüfte ich mit dem Apparat, den Engler und Sieveking für diesen Zweck angegeben haben, und gebe, wo nötig, die Aktivität der fein gepulverten, in möglichst dünner Schicht ausgebreiteten Substanzen in g für je 1 qcm. Uranmineralien dagegen wurden nach zum Teil neuen Methoden genau analysiert und ihr Radiumgehalt dadurch bestimmt, daß man eine bestimmte Gewichtsmenge löste, die Lösung eingeschmolzen etwa einen Monat stehen ließ und dann die entwickelte, im Gleichgewicht befindliche Radiumemanation auskochte, über heißem Wasser auffing und in ein Emanationselektroskop überführte. Dort wurde der Sättigungsstrom nach drei Stunden gemessen, wo die Emanation im Gleichgewicht mit ihren Zerfallsprodukten war, und die Aktivität der Zerfallsprodukte abgezogen. Die Elektrometernmessungen führte ich meist selbst aus.

Die Berechnung der Aktivität geschah nach den Normen, die C. Engler, Sieveking und Koenig gearbeitet haben<sup>5)</sup>. Sie wurde stets auf die Emanation in 1 l Wasser

<sup>1)</sup> Z. f. Elektrochem. 13, 393 [1903].

<sup>2)</sup> Vgl. C. Schiffner, Radium in Biologie und Heilkunde 2. 193 fl.

<sup>3)</sup> Siehe „Radioaktive Wässer in Sachsen“ Teil I von C. Schiffner; Teil II von C. Schiffner und M. Weidig; Teil III von C. Schiffner, M. Weidig und R. Friedrich.

<sup>4)</sup> F. Henrich und F. Glaser, Diese Zeitschr. 25, 16 [1912].

<sup>5)</sup> Chem.-Ztg. 38, 453 [1919].