

Aus dem pharmakologischen Institut der Universität Würzburg.
Direktor: Prof. Dr. F. Flury.

Zur Beurteilung von Gasvergiftungen.

Von
Ferdinand Flury, Würzburg.

Wohl kein Gebiet der praktischen Toxikologie bietet dem Sachverständigen bei der Begutachtung größere Schwierigkeiten als die Vergiftungen durch Gase und Dämpfe. Die Unsicherheiten und Irrtümer sind hier ungleich häufiger, weil es sich um oft unsichtbare oder sonst kaum mit den Sinnen wahrnehmbare, durch ganz besondere Eigenschaften ausgezeichnete Giftformen handelt. Hinsichtlich der Giftquelle, der besonderen Faktoren der Einverleibung und ihres weiteren Schicksals sind sie mit mancherlei für den Laien schwer verständlichen Geheimnissen umgeben. Für die Aufklärung ist der Umstand besonders erschwerend, daß ihr Nachweis im Körper meist undurchführbar ist und die ausgelösten Vergiftungserscheinungen in der Regel nicht charakteristisch für ein bestimmtes Gift sind, sondern oft großen Gruppen solcher Stoffe gemeinsam zukommen. Während nun wenigstens bei akuten Vergiftungen die Unterscheidung einer Gasvergiftung von sonstigen Erkrankungen häufig durch besonders auffallende Umstände etwas erleichtert werden kann, verschwimmen bei chronischen Gasvergiftungen durch das Fehlen von typischen Initialsymptomen die Unterscheidungsgrenzen zwischen spezifischen Giftwirkungen und andersartig bedingten Erkrankungen meist vollkommen, und nur eine sorgfältige Prüfung aller Begleitumstände gestattet, das Wesen dieser schleichenden Vorgänge aufzuklären.

Die Literatur über giftige Gase gibt dem Sachverständigen nur unvollständige Handhaben für seine Tätigkeit. Jeder einzelne Fall weist seine besonderen Schwierigkeiten auf, die an die Erfahrung und die Kritik oft hohe Anforderungen stellen. Wer Gasvergiftungen beurteilen will, muß mit ihrer Besonderheit näher vertraut sein und darf sich nicht ausschließlich auf Literaturangaben und Erfahrungen anderer verlassen. Es gibt bis heute leider noch keine vollkommen befriedigende Übersicht über alle in Frage stehenden chemischen Substanzen. Wenn wir vom Kohlenoxyd und anderen wichtigen Gasen absehen, sind unsere Kenntnisse über ihre Wirkungen nach der qualitativen, noch mehr aber nach

der quantitativen Seite (Abhängigkeit der Wirkung von Konzentration und Zeitfaktoren!) durchaus unbefriedigend. Man kann wohl die flüchtigen Stoffe einteilen in indifferente Gase, die wie Stickstoff oder Wasserstoff unwirksam sind, in lokal wirkende Gase mit und ohne Reizwirkung, in resorptiv wirksame Gase, in Blut- und Nervengifte usw.; dabei müssen wir aber überall eine Reihe von Übergangsformen einschalten, z. B. solche, die resorptive Giftigkeit mit hoher lokaler Reizwirkung verbinden.

Die Schwierigkeiten wachsen aber noch weiter durch den Umstand, daß sowohl die resorptive als auch die lokale Wirkung weitgehend von der jeweiligen Konzentration abhängt; dadurch kann es vorkommen, daß der Charakter eines gasförmigen Giftes durch die *verschiedene Konzentration* stark beeinflußt wird, und es können unter Umständen ganz verschiedene und neue Vergiftungsbilder entstehen. So wirken beispielsweise halogenhaltige Aldehyde, Ketone und Ester in schwachen Konzentrationen wie reine Reizgase, in hohen Konzentrationen dagegen auch wie Narkotica der Chloroformreihe. Bei den cyanhaltigen Verbindungen tritt bei höheren Konzentrationen — ungefähr nach Maßgabe des Cyangehaltes — die Wirkung auf das Atemzentrum in den Vordergrund. Bei der kritischen Konzentration stürzen die Versuchstiere blitzartig unter schweren Lähmungserscheinungen zusammen und sterben wie nach Einatmung von Blausäure rasch unter Erstickungserscheinungen. Erreicht jedoch in solchen Verbindungen (Cyanfettsäureester, Cyanhalogenverbindungen und dergl.) die Konzentration nicht den kritischen Punkt, dann gehen die Versuchstiere auch nach vielstündiger Einatmung des cyanhaltigen Gases nicht oder erst nachträglich, z. B. an einer allmählich sich entwickelnden Lungenschädigung zugrunde. Hierbei kann ein Vielfaches der bei höheren Konzentrationen akut tödlichen Menge ohne schwere Schädigung ertragen werden. Das gleiche gilt auch von der Blausäure selbst. Hier liegt die kritische Konzentration bei einem Gehalt der Atmungsluft von etwa 40 mg Blausäure im Kubikmeter. Schwächere Konzentrationen werden ähnlich wie bei den Inhalationsnarkoticis lange Zeit ertragen, höhere führen schnell zum Tode.

Die Beziehungen zwischen *Konzentration* und *Zeit* sind nur bei einigen wichtigen Gasen genauer studiert. Es erweist sich als unbedingt notwendig, daß für jedes toxikologisch wichtige Gas (bzw. jeden Dampf) diese Verhältnisse durch sorgfältige Versuche möglich unter analytischer Kontrolle geklärt werden. Bei den *Reizgasen* vom Typus des Phosgens scheint nur die im ganzen eingeatmete absolute Giftmenge für den Grad der Wirkung bzw. für den tödlichen Ausgang in Betracht zu kommen. Nur die Gase dieser Gruppe haben eine bestimmte letale Dosis. Bei ihnen ist bei tödlicher Vergiftung das Produkt aus Konzentration (c) und Einatmungszeit (t) eine konstante Größe, die sich durch den Wert $c \cdot t$

wiedergeben läßt (*Haber*). Im Gegensatz dazu ist bei den *resorptiv wirksamen Gasen* (z. B. Blausäure, Kohlenoxyd, Narkotica) dieses Produkt keine konstante Zahl, sondern es wächst mit abnehmender Konzentration in einer für jedes Gas gesetzmäßigen Kurve. Mit anderen Worten bedeutet dies, daß schwache Konzentrationen immer unwirksamer werden, weil im Organismus die Entgiftungsfaktoren den Wirkungsverlauf stark beeinflussen. Ein systematisches Studium dieser Verhältnisse wird es ermöglichen, für jedes Gas die charakteristische Kurve festzulegen und dann eine exakte mathematisch begründete Übersicht der giftigen Gase und Dämpfe zu gewinnen.

Die gasförmigen Gifte sind durch eine Reihe von Besonderheiten gekennzeichnet. Infolge der Aufnahme durch die Atmung, also einer unwillkürlichen Einverleibung, kommt es häufig zu einer weiteren Steigerung der Gefahr, wenn beim Platzen oder Undichtwerden von Gasbehältern, Stahlflaschen und dergleichen, bei Rohrbrüchen, Explosionen und Bränden, auch beim Verdampfen von großen Flüssigkeitsmengen das gasförmige Gift eingeatmet werden muß. Die betroffenen Personen sind, wenn sie keine Schutzapparate besitzen, dem Gifte gegenüber wehrlos. Die Gefährdung durch gasförmige Gifte ist infolge der modernen Entwicklung der Industrie und Technik in ständiger Zunahme begriffen. Auch wenn wir von den Verhältnissen in chemischen Fabriken in engerem Sinne absehen, finden wir auf den verschiedenartigsten menschlichen Arbeitsgebieten Gasgefahren in überraschend hoher Zahl und Mannigfaltigkeit.

Nur wenige größere Fabrikbetriebe dürften als frei von Gasgefahren anzusprechen sein (Heizgase, Motoren!). Unübersehbar ist die Verwendung von Stoffen, die giftige Dämpfe liefern, wenn man die Technik der chemischen Reinigung, der Extraktionsverfahren, der Öl-, Fett-, Lack-, Harz- und Farbenindustrie und ihre Anwendungsgebiete ins Auge faßt. Ein neuer, heute noch in den Anfangsgründen stehender Zweig der Technik ist die Bekämpfung tierischer und pflanzlicher Schädlinge in Vorratsräumen (Speichern, Mühlen), bewohnten Gebäuden, Fabriken, Transporteinrichtungen, Schiffen usw. Zur Zeit nimmt die Blausäure mit ihren Derivaten eine beherrschende Stellung ein. Es liegt aber durchaus im Bereich der Möglichkeit, daß in Zukunft noch zahlreiche andere Gase, die erst durch die chemische Kriegführung allgemeiner bekanntgeworden sind, diesem Zwecke nutzbar gemacht werden. Hierbei werden ganz gewaltige Mengen von Chemikalien benötigt, und der Bedarf wird noch eine erhebliche Steigerung erfahren, wenn die „Freilandmethoden“ zur Bekämpfung von Schädlingen der Land- und Forstwirtschaft weiter ausgebildet sein werden. Auf diesen Gebieten harren nicht nur bei uns, sondern in noch weit höherem Grade in den Tropen und heißen Ländern wichtige Probleme ihrer Lösung. Es sei

nur hingewiesen auf die Heuschrecken-, Termiten-, Ameisenplagen und auf die zahllosen Schädlinge, welche die Plantagenwirtschaft in den verschiedenen Teilen der Alten und Neuen Welt auf das ernstlichste bedrohen. Mehr und mehr hören wir von der Erprobung großzügiger Bekämpfungsmethoden unter Heranziehung aller technischen Hilfsmittel (Flugzeuge), bei denen gifthaltiger Staub (Arsen), schwere Dämpfe und allmählich verdampfende Flüssigkeiten in beträchtlichen Mengen auf weite Landstriche verteilt werden. Diese Andeutungen mögen genügen, um zu zeigen, daß die Gefährdung durch Gase bzw. durch luftartige Gifte in kommenden Zeiten eine stetige Zunahme erfahren muß.

Die *Zahl* der bis jetzt bekannten und nach ihrer Wirkung genauer untersuchten Gase und Dämpfe mit Einschluß der im Kriege verwendeten Kampfstoffe läßt sich auf rund *tausend* veranschlagen. Weitaus die Mehrzahl dieser Stoffe ist aber schon durch die Sinne selbst in kleinsten Mengen leicht wahrzunehmen, so daß der Mensch auf die drohende Gefahr aufmerksam gemacht und dadurch gewarnt wird.

Die genauere *Erkennung* von gasförmigen Giften ist jedoch wegen der Flüchtigkeit der Stoffe und der von ihnen ausgelösten Wirkungen viel schwerer als bei der Einverleibung flüssiger und fester Gifte. Die aufgenommenen Mengen sind zudem meist sehr gering, weil die zum Tode führende absolute Dosis bei den Gasen in der Regel nicht überschritten wird. Infolgedessen kann man nicht damit rechnen, im Körper nennenswerte „Überschüsse“ des Giftes aufzufinden oder in der Umgebung des Kranken Giftreste nachzuweisen. Der *chemische Nachweis* von giftigen Gasen im Körper gilt zur Zeit im allgemeinen für nicht durchführbar. Dieser Grundsatz wird auch in Zukunft kaum wesentlich verändert werden; trotzdem muß sich das Bestreben der Toxikologen im weiteren Sinne, vor allem der gerichtlichen Chemiker und Mediziner darauf richten, die Verfahren soweit wie möglich auszubauen und zu verfeinern. Die Wege zu diesem Ziel liegen in der *Weiterentwicklung der Mikromethoden*, für die sich ein neues Feld eröffnet, wenn wir den Nachweis von Kohlenoxyd, Schwefelwasserstoff, giftigen Schwefelverbindungen, von Cyanderivaten, Nitro-, Nitroso-, Aminoverbindungen, von Substanzen der aromatischen Reihe, von Arsen-, Antimon- und Metallverbindungen (Blei, Quecksilber, Nickel), von Halogenderivaten, besonders der Brom- und Jodreihe, nach den Grundsätzen der Mikrochemie unter Anlehnung an die hier gegebenen besonderen Bedingungen zu erbringen suchen. Die in Frage kommenden Mengen dürften häufig für den mikrochemischen Nachweis ausreichen. Bei vielen Gasvergiftungen, besonders nach Vergiftungen durch die Dämpfe von schwer zersetzlichen organischen Verbindungen, finden sich in den Organen und in den Ausscheidungen, meist im Harn, oft nicht unerhebliche, nicht

selten schon durch den Geruch wahrnehmbare Mengen. Es sei nur an die Phenole und verwandten Verbindungen der Benzolreihe, an Schwefelkohlenstoff, an die Halogenalkyle erinnert. Beispielsweise lassen sich Chloroform und seine Verwandten in Organen durch Mikrodestillation nachweisen und unter Umständen nach der Verseifung auch quantitativ titrieren (*Nicloux*). Bei den lokalwirkenden Reizstoffen ist auch die mikrochemische Analyse der Gewebe des Respirationstraktus aussichtsvoll, wenn die Reizstoffe charakteristische Gruppen enthalten oder Zerfallsprodukte liefern, denen ausgeprägte Reaktionen (Farbstoffbildung, Fällungsreaktionen usw.) eigentümlich sind.

Diese Andeutungen mögen genügen, um die Fülle von ungelösten chemischen Aufgaben zu zeigen.

Neben der Feststellung der chemischen Natur ist von grundlegender Bedeutung für die Erkennung einer Gasvergiftung die richtige Beurteilung der *Krankheitserscheinungen*. Daß fast alle Symptome einer Gasvergiftung auch bei Erkrankungen durch sonstige Ursachen auftreten können, ist jedem Sachverständigen hinreichend bekannt. Oft weisen uns nur die besonderen Umstände des Falles auf den richtigen Weg. Hier soll aus der Fülle von Symptomen nur eine kleine Auswahl besprochen werden, der eine besondere Wichtigkeit beizumessen ist.

Bei den lokalreizenden Gasen stehen im Vordergrund entzündliche *Veränderungen der Atemwege*, die je nach der chemischen Natur, dem Grade der Flüchtigkeit, der Löslichkeit in Wasser und Lipoiden und der wirksamen Konzentration der Reizgase sehr verschiedene Intensität und Ausdehnung zeigen. Im Mittelpunkt steht das akute toxische Lungenödem. Es entwickelt sich in reinster Form bei der *Phosgenvergiftung* und findet sich in wechselndem Grade auch nach Einatmung von Säuredämpfen, Rauchgasen, überhaupt von gasförmigen Reizstoffen jeder Art.

Zur Gruppe der Reizgase gehören die gut bekannten Säuredämpfe, Säurechloride, die Halogene, dann aber noch die zahllosen Halogen-substitutionsprodukte der Ester, der Ketone, der Nitroverbindungen, der Isocyanderivate, der aromatischen Kohlenwasserstoffe, der Arsine usw. Im Gegensatz zu diesen durch ihre intensive Reizwirkung auf die zugänglichen Schleimhäute gekennzeichneten Gase steht eine kleinere Gruppe, die noch in sehr geringen, bei genügend langer Einatmung aber doch tödlich wirkenden Konzentrationen keine oder nur eine so geringe sensible Reizwirkung entfalten, daß das Warnungsmoment wegfällt. Hierher gehören das Dimethylsulfat, das Dichloräthylsulfid und seine Verwandten. Auch das Phosgen, die nitrosen Gase, die Blausäure, Arsenwasserstoff, Phosphorwasserstoff, selbst Schwefelwasserstoff führen bei längerer Einatmung zu einer Abstumpfung des Geruchsvermögens. Bei Einatmung solcher Gase in schwächsten

Konzentrationen kann es vorkommen, daß weder die geschädigten Personen noch der zur Hilfe gerufene Arzt die Ursache der Schädigung erkennen. Durch ihre Flüchtigkeit verschwinden die Gase schnell, und bei den geringen Mengen wird die Feststellung der Gefahrenquelle oft vollkommen unmöglich. Dies führt dann, wie die tägliche Erfahrung lehrt, zu den merkwürdigsten Irrtümern in der Diagnose, der Behandlung und bei sonstigen Maßnahmen, die eine Gasvergiftung erfordert.

Das akute toxische Lungenödem muß scharf unterschieden werden von dem Lungenödem, das erst sekundär infolge von Herzschwäche oder sonstigen Kreislaufstörungen auftritt. Sehr bemerkenswert ist das Auftreten von Lungenödem bei langsam verlaufender Blausäurevergiftung und nach Einatmung von Schwefelwasserstoff, selbst von Leuchtgas und Kohlenoxyd. Hier ist es fraglich, ob das Zustandekommen nicht auf besonderen toxischen Ursachen beruht. Jedenfalls dürften sich auch hier durch eingehendes pathologisch-anatomisches Studium und durch chemische Analyse des Exsudats feinere Unterschiede bezüglich der Entstehung und des weiteren Verlaufs herausarbeiten lassen.

Das gleiche gilt von dem oft in wenigen Stunden auftretenden Lungenödem nach Einatmung von spezifischen Blutgiften, z. B. der Nitroreihe. Bei den Reizstoffen der Phosgenreihe führt die Einatmung zu einer Schädigung der Lungenwände, bei der zunächst das Blutplasma, dann die weißen Blutkörperchen aus den Capillaren der Lunge in die Alveolen austreten. Bei anderen Reizstoffen, z. B. beim Chlor, kommt es durch den Austritt von roten Blutkörperchen zu mehr oder weniger starken Blutungen. Bei den arsenhaltigen Reizstoffen ist durch die starke allgemeine Gefäßerweiterung das Bild der Lunge wieder ein ganz anderes als beim Phosgen. Jedenfalls sind die Vorgänge in der Lunge bei den verschiedenen Formen der Reizgasvergiftung nicht so gleichartig, als man gewöhnlich annimmt. Auch die Verteilung der ödematösen Bezirke ist, wie sich aus dem Bild der Lungenoberfläche ergibt, keineswegs gleichartig. Wenn ein gasförmiges Gift auf dem Luftwege in die Lungen eindringt, so beobachtet man regelmäßig ein geflecktes Ödem mit verschiedenartig gefärbten, bald mehr rötlichen, bald mehr homogen bläulichen, bald weißen lufthaltigen Bezirken, während bei Vergiftungen vom Blute aus, also z. B. nach Einspritzungen die ödematöse Lunge gewöhnlich gleichmäßig rosa gefärbt, also nicht gefleckt oder marmoriert erscheint.

Auch bei der Rückbildung des Lungenödems lassen sich bestimmte Stadien unterscheiden, die nicht bei allen Vergiftungen gleichartig verlaufen. Sowohl das flüssige Exsudat als auch die zelligen Elemente unterliegen fortschreitenden Veränderungen; die Leukocyten, Alveolarepithelien usw. verfetten und zerfallen und werden gewöhnlich im Laufe einer Woche wieder vollkommen resorbiert.

Ein deutlicher Unterschied besteht ferner im Verhalten der oberen Luftwege und der tieferen, also der Lungen. Schwerer flüchtige Substanzen, z. B. Dichloräthylsulfid und Dimethylsulfat, führen gewöhnlich schon an der Schleimhaut des Nasenrachenraumes, des Kehlkopfes und der Luftröhre zu Entzündungen mit Pseudomembranbildung usw., während in den tieferen Atemwegen erst bei sehr schweren Vergiftungen Bronchopneumonien hämorrhagischen Charakters mit interstitiellem Lungenemphysem auftreten und Lungenödem nur selten beobachtet wird. Auch die wasserlöslichen Säuredämpfe werden vorzugsweise in den Schleimhäuten des Nasenrachenraums und der oberen Abschnitte gebunden.

Die Wirkung schwerflüchtiger Stoffe erschöpft sich demnach meist schon in den oberen Atemwegen, ähnlich wie wir es bei der Einatmung heißer Gase, also bei Verbrennungen durch Hitze seit langem kennen.

Bietet hier die scharfe Abgrenzung der Reizgasvergiftungen von sonstigen Erkrankungen der Atmungswege keine besonderen Schwierigkeiten, so verwischen sich die Unterschiede immer mehr, wenn auf dem Boden der primären Zellschädigung sich sekundäre Infektionen entwickeln. Wir finden dann alle möglichen Übergänge von den toxischen zu den infektiösen Pneumonien. Fehldiagnosen sind hier ganz besonders häufig.

Die praktisch außerordentlich wichtigen *Nachkrankheiten* der Reizgasvergiftung sind ebenfalls überall wechselvoll; im Hinblick auf die Lungenschädigungen herrscht bald der *bronchitische*, bald der *asthmatische Typus* vor. Weitaus die Mehrzahl der Reizgasvergiftungen heilt im Laufe eines Jahres ohne nachteilige Folgen aus. Insbesondere trifft dieses für die leichten Formen zu, die im Laufe weniger Tage ohne lebensbedrohende Erscheinungen zu einer klinischen „Genesung“ geführt haben.

Wohl auf keinem Gebiete der Versorgung von Kriegsteilnehmern herrscht, abgesehen von der Verschüttung, eine solche Unsicherheit wie bei den Gasvergiftungen. Bei dem Fehlen von objektiven Beweisen und bei der Ähnlichkeit der Nachkrankheiten mit den täglich vorkommenden Affektionen der Atemwege ist dem Rentenhunger mit seinen psychologischen Begleiterscheinungen ein großer Spielraum gegeben. Von hoher Bedeutung ist im Zusammenhange damit auch die Frage nach den Beziehungen von *Gasvergiftung* zur *Tuberkulose*. Die Ansicht, daß die starke Zunahme der Tuberkulose bei Kriegsteilnehmern auf Kampfgasvergiftungen zurückzuführen sei, hat sich als unrichtig erwiesen. Soweit hierüber statistische Erhebungen vorliegen, läßt sich deutlich erkennen, daß die Infektionsgefahr durch Überstehen einer Gasvergiftung kaum gesteigert ist. Der Anteil an früher Gasvergifteten

unter den tuberkulösen Kriegsteilnehmern ist sehr gering und beträgt kaum 2–3%. Auch die Zahl der nachträglich tuberkulös gewordenen Kriegsteilnehmer ist im Verhältnis zu der hohen Zahl von Soldaten, die einmal eine „Gasvergiftung“ erlitten haben, unbedeutend. Die Möglichkeit einer tuberkulösen Infektion oder des Wiederaufflackerns einer latenten Tuberkulose nach einer Gasvergiftung ist natürlich zuzugeben. Es ist dabei aber zu berücksichtigen, daß die Tuberkulose überhaupt durch die Strapazen und schlechten Lebensbedingungen des Krieges einen günstigen Boden finden mußte.

Auch unter den Nachkrankheiten der Reizgasvergiftung stehen die Veränderungen der *Atmungsorgane* an erster Stelle. Wie es scheint, sind die Spätfolgen bei der Dichlordiäthylsulfidvergiftung am häufigsten und auch ihrer Natur nach am schwersten. Demgegenüber erscheinen die lokalwirkenden Stoffe aus der Gruppe der Reizgase, Tränengase und Niesgase (Arsine, Chlor-, Brom-, Jodderivate der Ketone, Ester, Bromxylol, Chlorpikrin) verhältnismäßig harmlos. Prinzipielle Unterschiede zwischen den einzelnen Reizgasen lassen sich kaum feststellen, weil die Faktoren der Gaskonzentration und der Einatmungszeit in der Regel von größerer Bedeutung sind als die Eigenart der einzelnen Gase. Hohe Konzentrationen eines an sich schwach wirksamen Reizgases können zu gleichen Organveränderungen führen wie geringe Konzentrationen eines stark wirkenden Stoffes.

Im Nasenrachenraum und im Kehlkopf sind am häufigsten *chronische Katarrhe* verschiedener Intensität; daneben können oberflächliche Gewebsveränderungen und Geschwürsbildungen zu Stimmveränderungen, zu dauernder Heiserkeit und zu vollständigem Verlust der Stimme führen. Mit dem chronischen Schnupfen geht häufig eine Beeinträchtigung des Geruchsvermögens, ja selbst vollkommene Anosmie einher. Die Schädigungen der oberen Atemwege sind zahlreicher nach Vergiftung durch blasenziehende Substanzen. Die häufigsten bronchopulmonären Nachkrankheiten umfassen bronchitische Veränderungen jeden Grades, vielfach in Gesellschaft mit Emphysem, das aber auch oft isoliert auftritt. Durch Sekundärinfektionen und den chronischen Verlauf können sich später herdförmige Erkrankungen, Lungenabscesse, pleuritische Verwachsungen einstellen. Das Mediastinum ist besonders durch chronische Erkrankungen der Drüsen beteiligt. Bei den leichten Formen sind charakteristisch die Anfälligkeit der Patienten, die sich besonders in einer erhöhten Empfindlichkeit der Atmungsorgane gegen jede Reizung, wie Staub, Erkältungen und dgl. äußert, die Häufigkeit von Rückfällen, endlich eine ausgesprochene Kurzatmigkeit. Die Arbeitsfähigkeit solcher Personen kann auch in den günstigeren Fällen durch die Bronchiolitis obliterans, durch Bronchiektasien und andere Störungen der Atmungsorgane dauernd gemindert bleiben.

Die *Kreislauforgane* sind ebenfalls, wenn auch in weit geringerem Maße als die Organe der Atmung, bei den Nachkrankheiten beteiligt. Besonders empfindlich wird das Herz und das Gefäßsystem durch die Substanzen der Dichlordiäthylsulfidreihe geschädigt. Bleibende Funktionsstörungen können sich hier an die toxische Schädigung des Herzmuskels und die Veränderungen der Herzklappen anschließen.

Von seiten des *Verdauungsapparates* kommen gelegentlich als Nachkrankheiten dyspeptische Zustände, Gastritis und wahrscheinlich auch Ulcerationen vor. Diese Schädigungen des Verdauungskanal sind sicher zum Teil auf das Verschlucken von Reizstoffen mit dem Speichel und anderen Sekreten zurückzuführen.

Von Interesse für zahnärztliche Versorgungsfragen ist in diesem Zusammenhange noch die Möglichkeit, daß schwere Reizvergiftungen (Arsine) nachträglich zu Erkrankungen des Zahnfleisches und der Zähne führen können. Ein anderes auch vom allgemein pathologischen Standpunkt aus sehr wichtiges Problem betrifft die *Schädigungen der Leber* bei Gasvergiftungen. Daß Blutgifte, insbesondere Nitroverbindungen, Arsenwasserstoff, Phosphorwasserstoff, langdauernde Chloroformnarkose Leberschädigungen auslösen können, ist allgemein bekannt. Auch bei Vergiftung durch Reizgase beobachtet man verschiedene Grade von fettiger Infiltration dieses Organes, Hämosiderinbildung, Glykogenschwund, unter Umständen sogar akute gelbe Leberatrophie. Hier scheint aber eine gewisse Disposition Voraussetzung zu sein, denn man sieht oft bei schwersten Vergiftungen nur ganz leichte Grade von Verfettung, während in anderen Fällen auf die Einatmung von sehr schwachen Konzentrationen der Reizgase ein rapider Zerfall des Lebergewebes folgt. Manchmal lassen sich Alkoholismus, Lues oder sonstige Infektionskrankheiten nachweisen. In anderen Fällen bleibt die überraschend schwere Wirkung ohne befriedigende Aufklärung. Jedenfalls scheint für das Zustandekommen der Leberatrophie außer den prädisponierenden Momenten kein spezifisches Gift nötig zu sein; unter Umständen kann jeder Reizstoff als toxische Komponente auftreten. In erster Linie kommen hier die erst in neuerer Zeit eingehender studierten Halogen-derivate der aliphatischen und aromatischen Reihe in Frage, also z. B. die dem Chloroform nahestehenden chlorierten niederen Kohlenwasserstoffe (Tetrachloräthan usw.), dann die chlorierten und nitrierten Phenole. Ob Gasvergiftung allein ohne individuelle Disposition zu Leberatrophie führen kann, ist noch umstritten. Diese wird aber begünstigt durch wiederholte Gasschädigungen.

Die Erscheinungen von Seiten des *Zentralnervensystems* treten bei der Reizgasvergiftung in den Hintergrund. Wegen der geringen in den Kreislauf gelangenden Giftmengen kommt es in der Regel nicht zu resorptiven Wirkungen. Die auf der Höhe von Gasvergiftungen gelegent-

lich eintretenden cerebralen Erscheinungen, motorische Unruhe, Benommenheit, Coma sind wohl zum größten Teil durch Kreislaufstörungen bedingt, also Folgen des Sauerstoffmangels im Blute. Doch können auch Schädigungen der Hirncapillaren (Thromben, Blutaustritte, Purpura cerebri) zu solchen Symptomen führen. Bei schweren Reizvergiftungen findet man häufig auch Veränderungen der Netzhaut, wie Venenerweiterung und Blutungen, bei der Sektion mehr oder weniger starke Purpura des Gehirns. Diese allein reicht aber nicht immer zur Erklärung aller nervösen Symptome aus, da man bei der Autopsie häufig Blutungen im Hirn beobachtet bei Fällen, wo im Leben jede Erscheinung von Seiten des Zentralnervensystems fehlte.

Eine bisher kaum beachtete Frage umfaßt endlich die Wirkung von *Gasgemischen*. Auf diesem Gebiete fehlen die wissenschaftlichen Grundlagen heute noch so gut wie vollständig, und doch kann für den Kenner kein Zweifel bestehen, daß auch hier Kombinationswirkungen eine wichtige Rolle spielen. Sicherlich haben wir es in vielen Fällen von Gasvergiftungen mit einer Zusammenwirkung verschiedenartiger Faktoren zu tun, die zu einem erhöhten Wirkungsgrad führt. Das in der Pharmakologie nach seiner Bedeutung genau bekannte und bei der Herstellung von Arzneimitteln vielfach geübte Prinzip der *Wirkungsverstärkung* oder „Potenzierung“ erstreckt sich sicher auch auf das Gebiet der giftigen Gase. Es ist zu erwarten, daß besonders bei Kombination von solchen gasförmigen Giften, die verschiedenen Wirkungscharakter aufweisen, d. h. die an verschiedenen Angriffspunkten im Organismus zur Wirkung kommen, eine über die Addition hinausgehende Verstärkung der Giftigkeit zustande kommt. Solche Gasgemische haben wir vor uns schon im Leuchtgas, dann besonders in den sehr wechselnd zusammengesetzten Rauch- und Brandgasen, in den bei Explosionen und beim langsamen Abbrennen von Sprengstoffen entstehenden Gemischen (Nitrose mit Kohlenoxyd) und in der endlosen Reihe der in chemischen Betrieben vorkommenden Gase, Dämpfe, Nebel- und Rauchstoffe. Dazu treten noch die festen Stoffe in luftförmiger Verteilung, die Staubarten, die sich mit den vorgenannten Produkten in mannigfaltiger Mischung kombinieren können. Der Kreis wird endlich noch erweitert, wenn man die Möglichkeiten ins Auge faßt, die sich ergeben, wenn mehrere Gase nicht gleichzeitig, sondern nacheinander zur Wirkung kommen.

Diese letztere Art der Kombination von Giftwirkungen leitet über zu den *chronischen Gasvergiftungen*. Auch hier eröffnet sich der Ausblick auf ein weites, heute noch recht mangelhaft durchforschtes Gebiet. Die uns täglich gestellten schwierigen Fragen auf dem Gebiete der Arbeiterhygiene, der gerichtlichen Medizin, des Unfallwesens lassen sich heute meist nur unvollständig und wenig befriedigend beantworten,

weil, ganz abgesehen von den bekannten Schwierigkeiten, die mit der Beurteilung von Gaswirkungen nach Zeit und Menge verknüpft sind, das experimentelle und klinische Material als allgemein verwendbare Grundlage für die fachmännische Beurteilung von Einzelfällen noch überaus lückenhaft ist.

Die Forderung des Gesetzes, daß für die Beurteilung gewerblicher Berufskrankheiten nur *geeignete* Ärzte herangezogen werden sollen, hat im weitesten Umfang auch Geltung für alle anderen Wissenszweige, die mit durch äußere Ursachen entstandenen Krankheiten zusammenhängen. Für das Gebiet der Vergiftungen ist zu fordern, daß die betreffenden Ärzte nicht durch zeitlich meist eng begrenzte Ausbildungskurse in die neue Materie eingeführt werden, sondern daß sie durch eine tiefer eingehende naturwissenschaftliche, insbesondere *chemische Schulung*, weiter aber nach einer theoretischen und praktischen Beschäftigung mit Pharmakologie bzw. *Toxikologie*, *Hygiene* und *pathologischer Anatomie* durch eine genügend lange *praktisch-klinische* Betätigung bei erfahrenen Fabrik- und Gewerbeärzten bzw. in Krankenanstalten der chemischen Industrie sich das nötige Maß an Kenntnis, Kritik und Erfahrung aneignen, ohne das eine wirklich erfolgreiche Betätigung und Mitarbeit an der Lösung der kommenden toxikologischen Aufgaben nicht mehr denkbar ist.
