

Die Gefährlichkeit des Quecksilbers und der Amalgam-Zahnfüllungen.

Von Prof. Dr. ALFRED STOCK, Karlsruhe i. B.
Chemisches Institut der Technischen Hochschule Karlsruhe.

(Eingeg. 26. Mai 1928.)

Meine vor zwei Jahren veröffentlichte, auf eigene Erfahrungen gegründete Warnung¹⁾ vor der fast in Vergessenheit geratenen Gefährlichkeit des Quecksilbers, die in den Amalgamfüllungen weiteste Kreise bedroht, hat bei Ärzten und Zahnärzten den gewünschten Widerhall gefunden. Daß dieser auch in der nichtfachlichen Presse laut tönte, war eine bedauerliche Begleiterscheinung.

Die erste Antwort bestand fast überall aus Ungläubigkeit und Ablehnung, die sich besonders bei den Zahnärzten schroff äußerten. „Der Fall einer Quecksilbervergiftung durch Amalgamfüllungen ist bisher überzeugend und einwandfrei sicher noch nie festgestellt worden²⁾.“ Die einstimmig gefaßte Entschliebung der Jahresversammlung 1926 des Zentralvereins deutscher Zahnärzte nannte „die erhobenen Bedenken und Angriffe wegen der Verwendung des Amalgams als Zahnfüllmittel unbegründet“.

In dem Maße, wie Experiment und Beobachtung zur Grundlage der Äußerungen wurden, schlug die Stimmung um. Die schnelle Aufklärung der Fachkreise ist neben vielen Einzeluntersuchungen vor allem der von Geheimrat His geschaffenen Quecksilber-Untersuchungsstelle der I. Medizinischen Klinik der Berliner Charité zu verdanken. Dort führte Prof. P. Fleischmann die medizinische Nachprüfung der Frage mit Tatkraft durch. Hand in Hand mit ihm arbeitete die von Dr. P. Borinski, dem Direktor des Chemischen Instituts im Berliner Hauptgesundheitsamt, ins Leben gerufene und geleitete Quecksilber-Untersuchungsstelle der Stadt Berlin, die bei 16 eigenen Schulzahnkliniken, 70 städtischen Zahnärzten und Schwestern und jährlich etwa 135 000 zahnärztlich behandelten Schulkindern der Amalgamschädlichkeit besondere Aufmerksamkeit schenkte.

Fleischmann berichtete kürzlich (II, III) ausführlich über seine Beobachtungen. Seine Mitteilungen bringen bereits Klärung in fast allen wichtigen Beziehungen. Sie beweisen, daß die Warnung in jeder Hinsicht berechtigt war, und dürften bei Ärzten und Zahnärzteschaft für die Beurteilung der Quecksilber- und Amalgamschädlichkeit den endgültigen Wendepunkt bedeuten. So erscheint es an der Zeit, einen Überblick über den heutigen Stand der Frage zu geben, wobei einige der Volksgesundheit dienende Folgerungen gezogen werden können. Wenn ich mich, obwohl nicht Mediziner, hierzu berechtigt fühle, so geschieht es aus doppeltem Grunde. Mir sind nach meinen ersten Veröffentlichungen so viele einwandfreie Mitteilungen über Quecksilber- und Amalgam-Schädigungen zugegangen, daß ich mich auf diesem Gebiete als sachverständig betrachten darf. Übrigens stehen alle diese Mitteilungen durchaus im Einklange mit den Beobachtungen Fleischmanns und ergänzen sie nur. Auch kann ich mich auf eigene und meiner nächsten Mitarbeiter

Erfahrungen stützen, die sich neuerdings auf das Gebiet der Amalgamfüllungen ausdehnten. Wer die tückischen, niederdrückenden Wirkungen des Quecksilbers an sich selbst erlebt hat, empfindet es nicht nur als sein Recht, sondern als heilige Menschenpflicht, allen, die es angeht, zu Aufklärung und Wiederherstellung zu verhelfen.

Dieser Bericht wendet sich vornehmlich an drei Kreise: Die beruflich vom Quecksilber Bedrohten, die Ärzte und die Zahnärzte. Er erscheint darum an drei entsprechenden Stellen³⁾.

A. Die Quecksilberdampf-Vergiftung.

1. Verbreitung und Bedeutung.

An der weiten Verbreitung der chronischen Vergiftung durch Quecksilberdampf bei gewerblich Tätigen, bei Chemikern, Physikern, Ärzten, Zahnärzten, naturwissenschaftlichen Schullehrern usw. ist nach den Untersuchungen Fleischmanns⁴⁾ und anderer nicht mehr zu zweifeln. Wo Quecksilber benutzt wird, läßt es sich auch bei größter Vorsicht nicht vermeiden, daß das flüssige Metall gelegentlich verspritzt, sich als feinsten Staub weithin verteilt und nun langsam, in Monaten und Jahren, unmerkbar verdampft. Darauf beruht die besondere Gefährlichkeit dieses Giftes.

Überraschend ist, wie auch Fleischmann bestätigte, die Winzigkeit der Quecksilbermengen, die bei genügend langer Einwirkung den Menschen schädigen. Fleischmann, der wohl mit Recht annimmt, daß im Beharrungszustande der chronischen Vergiftung die aufgenommenen Quecksilbermengen etwa gleich den ausgeschiedenen sind, fand bei den „Zahnfällen“ (Abgabe von Quecksilber aus Amalgamfüllungen) $\frac{1}{10000}$ bis $\frac{1}{1000}$ mg ($\frac{1}{10}$ —4 γ) Quecksilber im Liter Harn, bei den etwa 100 von ihm untersuchten „Berufsfällen“ $\frac{1}{10}$ γ bis zu einigen hundertsteln mg Quecksilber (nur einmal 2,5 mg). Die vom Körper insgesamt täglich ausgeschiedenen Mengen schätzt er auf das Fünffache dieser Zahlen. So wird verständlich, daß dauernder Aufenthalt in Luft, die im Kubikmeter bloß nach tausendsteln mg zählende Quecksilbermengen enthält, zu Gesundheitsstörungen führen kann⁵⁾. Das ist ein winziger Teil der Menge (bei Zimmertemperatur 10 bis 20 mg Quecksilber je cbm), die Luft aufzunehmen vermag, wenn sie mit

³⁾ Außer hier in der Medizinischen Klinik und in den Zahnärztlichen Mitteilungen.

⁴⁾ Der sie schon an seinen nächsten Kollegen beobachten konnte.

⁵⁾ Wenn H. Fühner (IV) sagt: „Ich glaube, daß wir uns mit der Konzentration von $\frac{1}{10}$ mg Quecksilber im Kubikmeter Luft an der Grenze befinden, von der ab bei Menschen, und zwar wohl nur bei solchen mit angeborener oder erworbener Quecksilber-Überempfindlichkeit, die bekannten schädlichen Wirkungen ausgelöst werden können“, so ist diese Annahme ganz willkürlich und geeignet, zu gefährlicher Sorglosigkeit zu verführen. In einem bestimmten Falle konnten wir nachweisen, daß 2 γ Quecksilber im Kubikmeter Luft eine ernste Quecksilbervergiftung verursacht hatten.

¹⁾ Vgl. X und XI. Die römischen Ziffern beziehen sich auf das Verzeichnis am Schlusse.

²⁾ W. Herrenknecht, „Die Fortschritte der Zahnheilkunde“, 1927, 683.

Quecksilberdampf gesättigt ist. Bisher hielt man die schädliche Mindestmenge im allgemeinen für weit größer. Nur Teleky ($\frac{1}{100}$ — $\frac{1}{10}$ mg Quecksilber täglich) kam der Wahrheit nahe. Andere Schätzungen (z. B. Joachimoglu $\frac{1}{10}$ —1 mg, Flury 1 mg) griffen viel zu hoch.

Fast unübersehbar ist die Zahl der Gegenstände und Apparate, die Quecksilber enthalten und Quecksilbervergiftungen verursachen können. Für Laienkreise kommen heute vor allem die Thermometer in Betracht. Für Zimmer-, Fenster-, Badethermometer u. dgl. sollte das Quecksilber verboten werden; es gibt ja andere gute Füllflüssigkeiten. Leider wird es in den Fieberthermometern, die so oft — und meist in Schlafzimmer — zerbrechen, schwerer zu ersetzen sein. Früher dürften in den Wohnungen auch die Quecksilberbarometer und die Amalgamspiegel oft eine gesundheitsschädigende Rolle gespielt haben. Die Wissenschaft verwendet das Quecksilber in immer steigendem Maße: als Sperrflüssigkeit für Gase seit C a v e n d i s h s Zeiten⁹⁾, für Dichtungen von Schliffen, für elektrische Kontakte, für Manometer, für Blutdruckmesser, um nur einige Anwendungsarten zu nennen, bei denen Quecksilberflächen unmittelbar mit der Luft in Berührung stehen. Man staunt über die leichtsinnige Art, wie mit diesem gefährlichen Gifte umgegangen wird, und über die Gewissenlosigkeit, mit der man es Laien und selbst Kindern in die Finger gibt (Quecksilber-Kondensatoren für Radioamateure; Quecksilber-Geduldsspiele, in denen sich einige Gramm Quecksilber in einem Pappschächtelchen mit Glasdeckel befinden!). Auch die Medizin beobachtet nicht immer die nötige Vorsicht. So erfuhr ich von Quecksilbervergiftungen, die durch mehrjährigen Gebrauch einer stark quecksilberhaltigen Kopfflechten-Salbe und durch Ausfüllen einer Fistel mit Quecksilber zu einer Röntgenaufnahme entstanden waren.

Ältere chemische und physikalische Laboratorien sind, wie die Luftanalyse zeigt, oft mit Quecksilber verseucht. Lehrreich in dieser Hinsicht waren Erfahrungen, die ich vor 1½ Jahren nach meiner Übersiedlung an die Technische Hochschule Karlsruhe machte. An mehreren Arbeitsstätten klagte man über Beschwerden, wie sie für die chronische Quecksilbervergiftung bezeichnend sind: unerklärliche Müdigkeit, Gedächtnisstörungen, Benommenheiten und Kopfschmerzen, Geiztheit, Mundentzündungen, Durchfälle usw. So außer in einzelnen Räumen des Chemischen Instituts im Physikalischen Institut, im Maschinenlaboratorium, im Elektrotechnischen Institut, im Lichttechnischen Laboratorium, in der Wetterwarte. Überall fand sich in der Luft Quecksilber, und es schwanden mit dessen Beseitigung auch die Beschwerden, deren Ursache man vorher nicht erkannt hatte. Beispielsweise suchte man diese an einer Stelle in der Überanstrengung der Augen bei Lichtmessungen in einem nicht ventilierten Dunkelraum. In Wirklichkeit war eine der üblichen Quecksilberwippen (Paraffinklotz mit offenen Quecksilbernapfchen) schuld. Ein zunächst unerklärlicher, mit starken Kopfschmerzen verbundener Rückfall meiner alten Quecksilbererkrankung klärte sich dadurch auf, daß sich in meinem Instituts-Schreibzimmer, in dem niemals experimentiert worden war, die Luft und der in den Ritzen des Stabfußbodens befindliche Staub als

quecksilberhaltig erwiesen. In der Analyse der Luft⁷⁾ hat man glücklicherweise ein sicheres Mittel um festzustellen, ob die Quelle von Beschwerden im Quecksilber zu suchen sein kann und ob die getroffenen Abhilfsmaßnahmen genügen. In meinem Falle führte fugenloses Belegen des Fußbodens mit Linoleum zum Ziele.

Ganz zweifellos leiden nicht allein in gewerblichen Betrieben, in denen mit Quecksilber gearbeitet wird, sondern auch in wissenschaftlichen Laboratorien viele an chronischer Quecksilbervergiftung, ohne es zu ahnen. Vermeintliche Überarbeitung, „Semestermüdigkeit“ u. dgl. sind sicher oft nichts anderes als deren erste Anzeichen; Bejahrtere legen diese leicht dem Alter zur Last. Nicht nur Faraday und Pascal (vgl. X) dürften Opfer des Quecksilbers gewesen sein. In den Lebensbeschreibungen so mancher bekannter Forscher, die bei ihren Arbeiten der Einwirkung des Quecksilbers ausgesetzt waren, finden sich dafür sprechende Bemerkungen, z. B. über das charakteristische zeitweise Aussetzen des Gedächtnisses (Berzelius, Liebig, Wöhler). Auch Heinrich Hertz hat nach seinen immer wiederholten⁸⁾ gesundheitlichen Klagen (Mattigkeit, Unlust, Erschwerung des Denkens und Schreibens, Zahngeschwüre, chronische Katarrhe, Nasenoperationen, „rheumatische“ Beschwerden) mit großer Wahrscheinlichkeit an Quecksilbervergiftung gelitten. Wilhelm Ostwald schrieb mir kürzlich, daß ihm die ernstliche Erkrankung, die er 1895 durchmachen mußte⁹⁾, mit ihren fast ausschließlich psychischen Symptomen nachträglich recht deutlich auf eine Quecksilbervergiftung hinzuweisen scheine. Von im Amt stehenden Fachgenossen, die unter dem Quecksilber litten oder leiden, sei hier nicht gesprochen.

Jeder Experimentator muß daran denken, wie gefährlich das Quecksilber ist und daß man es weit sorgfältiger zu behandeln hat, als es in den letzten Jahrzehnten fast überall geschah. Frühere Forscher, z. B. Bunsen und Hempel, die viel mit Quecksilber arbeiteten, waren sich dessen mehr bewußt und sahen in ihren Laboratorien streng auf peinlichste Vorsicht beim Hantieren mit dem flüchtigen Gifte. In den meisten Laboratoriumsräumen pflegt glücklicherweise der Quecksilbergehalt der Luft so gering zu sein, daß er z. B. den Studierenden kaum gefährlich wird, sondern vornehmlich diejenigen, Assistenten und Dozenten, bedroht, die dort lange Jahre hindurch arbeiten. Anders liegen die Verhältnisse in Räumen, in denen unvorsichtig mit Quecksilber umgegangen wurde. Als abschreckendes Beispiel sei aus dem hiesigen Institut ein Fall erwähnt, dem ich viele ähnliche anreihen könnte:

Dr. Z., ein kräftiger Mann, Anfang Zwanziger, arbeitete in einem Institutsraum, der früher als „Quecksilber-Laboratorium“ gedient hatte und in dem, wie sich später herausstellte, in den Fugen des Fußbodens und

⁷⁾ Vgl. XII u. XIII. Eine weitere Mitteilung über die Bestimmung kleinster Quecksilbermengen findet sich Ztschr. angew. Chem. 41, 546 [1928]. Die Analyse ist so empfindlich, daß sie den Nachweis von Quecksilbermengen (Größenordnung: Tausendstel γ Quecksilber im Kubikmeter Luft) gestattet, die sicher nicht mehr gesundheitsschädlich wirken. Es ist überaus schwer, einen einmal quecksilberverseuchten Raum so frei von Quecksilber zu bekommen, daß dieses nicht mehr analytisch nachzuweisen ist.

⁸⁾ „Erinnerungen, Briefe, Tagebücher“, Leipzig 1927.

⁹⁾ Vgl. seine „Lebenslinien“, Berlin 1926.

⁹⁾ Vgl. M. Speter, Schweizerische Apotheker-Ztg. 58, Nr. 8 [1920].

der Tische viel Quecksilber verstreut war. Die ersten Beschwerden zeigten sich schon nach einem halben Jahre und steigerten sich im zweiten Halbjahre außerordentlich: Benommenheit, Mattigkeit, Verstimmung, Arbeitsunlust, schlechtes Gedächtnis, Appetitlosigkeit, Durchfälle, Abmagerung, Zahnfleischbluten, Mundentzündungen, chronische Schnupfen und Katarrhe, Hautjucken usw. Alles besserte sich ziemlich rasch nach Erkennung der Ursache und Säuberung des Raumes.

Wo solche Mißstände herrschen, müssen sie beseitigt werden, in Wissenschaft und Industrie. Dies liegt ebenso im Interesse der eigentlich Betroffenen wie der Laboratoriumsleiter. Die Arbeit und ihr Ergebnis leiden aufs schwerste unter den geistigen und psychischen Wirkungen dieser langsamen Quecksilbervergiftungen. Daß es viel zu bessern gibt, zeigen mir manche Zuschriften. Ein Beispiel aus der Industrie: Dr. W. arbeitete in einem Raume, in dem Quecksilber verspritzt war. Von den Mitarbeitern litt ein großer Teil dauernd an Stomatitis. Allgemeine Abspannung, Nervosität und Reizbarkeit machten sich bei allen auffallend bemerkbar. „Jedoch waren die Leiter nicht von der Giftigkeit der kleinen Mengen Quecksilberdampf zu überzeugen“.

Ist die Schädigung durch kleine Mengen Quecksilber, wie vielfach angenommen wurde, an eine besondere und seltene Quecksilberüberempfindlichkeit geknüpft? Die Antwort kann heute nur lauten: Nein. Fleischmann hat in dem verhältnismäßig kleinen Kreise, aus dem ihm sein Material zufloß, etwa hundert „Berufsfälle“ von Schädigungen durch winzige Quecksilbermengen beobachtet. Mir ist das Mehrfache davon bekanntgeworden. Wo ich Gelegenheit hatte, dieselbe Quecksilbereinwirkung auf eine größere Zahl von Personen zu sehen (wie bei meinen eigenen Mitarbeitern) oder davon zu erfahren, immer zeigte sich, daß alle oder doch fast alle Betroffenen erkrankten, natürlich mit individuellen Unterschieden in Schnelligkeit, Heftigkeit und Erscheinung, wie sie bei Schädigungen des menschlichen Organismus selbstverständlich sind. Hiermit stimmen auch die Erfahrungen anderer überein, z. B. die in technischen Betrieben gewonnenen von Medizinalrat Dr. Gerbes und Professor Zangger, die darüber in der Berliner Sitzung des Vereins für Innere Medizin am 12. Dezember 1927 berichteten¹⁰⁾. Quecksilberempfindlichkeit ist nicht die Ausnahme, sondern die Regel. Hat Fleischmann mit seiner Vermutung recht: „Gewiß wird es auch eine individuelle und familiäre Quecksilber-Festigkeit geben, wie wir es z. B. beim Blei wissen“, so muß es sich um seltenere Fälle handeln.

2. Erscheinungen und Erkennung.

Die beginnende chronische Quecksilbervergiftung einwandfrei festzustellen, ist oft nicht einfach. Über ihre Erscheinungen sind wir heute dank der vielen beobachteten „Berufsfälle“ genau unterrichtet. Dies ist besonders im Hinblick auf die Beurteilung der Schädigung durch Amalgamfüllungen zu begrüßen. Daß die Erscheinungen in den betreffenden Fällen wirklich auf das Quecksilber zurückzuführen waren, ist dadurch sicher bewiesen, daß sie nach Beseitigung der Quecksilbereinwirkung verschwanden.

Im allgemeinen stimmt das Krankheitsbild bei den verschiedenen Patienten sehr weitgehend überein, wenn natürlich auch entsprechend der persönlichen Veranlagung Abweichungen auftreten, wie z. B. Ausbleiben

der sonst so charakteristischen Kopfschmerzen oder Hervortreten der meist erst später einsetzenden Durchfälle¹¹⁾.

Mit diesen Vorbehalten lassen sich die Erscheinungen der (in medizinischem Sinne) leichten, durch dauernde Aufnahme kleinster Quecksilbermengen verursachten chronischen Quecksilbervergiftung etwa in folgende Stufen einordnen¹²⁾:

1. Stufe: Müdigkeit, erschwertes „Aus-dem-Bett-Finden“, leicht verminderte geistige Arbeitslust und -kraft.

2. Stufe: Verstärkte geistige Mattigkeit, innere Unrast, Mißmut, Gereiztheit, verringertes Gedächtnis, Kopfdruck.

3. Stufe: Benommenheit, Kopfschmerz, unruhiger Schlaf, Lebensunlust, Menschenscheu, Speichelfluß, chronische Schnupfen, Katarrhe, Halsentzündungen, Entzündungen des Zahnfleisches und der Mundschleimhaut, Bluten beim Zähneputzen, Bildung von „Zahnfleischtaschen“, vorübergehende Lockerung von Zähnen, nervöse Herzunruhe, Magenbeschwerden, Appetitlosigkeit, plötzliche Durchfälle, leichte Darmblutungen und -schmerzen, Tremor.

4. Stufe: Schwere eitrige Katarrhe und Halsentzündungen¹³⁾, Geschwüre im Mund und am Zahnfleisch, Verlust von Zähnen, rheumatisches Reißen, Hautausschläge, starke Durchfälle, quälende Kopfschmerzen, Gehörstörungen, leichte Sprach- und Sehstörungen, schwere Depressionen, Gedächtnislosigkeit. Aussehen und Körpergewicht bleiben dabei in der Regel verhältnismäßig gut.

Charakteristisch ist das Schwanken: zu Anfang zwischen Wohlbefinden und Beschwerden, später im Grade der Erscheinungen. Manchmal setzt die Verschlechterung ohne erkennbare Ursache fast plötzlich ein. Bei der Gesundung verschwinden die Erscheinungen ungefähr in der umgekehrten Folge.

Wahrscheinlich beschränken sich die Wirkungen der schleichenden Quecksilbervergiftung nicht auf die angeführten. Fleischmann stellte Lymphozytose als eine Begleiterscheinung fest. Ob und wie weit andere Blutveränderungen (etwa Leukämie, perniziöse Anämie¹⁴⁾), Erkrankungen der Niere und Leber, sexuelle Störungen und Schädigungen der Nachkommenschaft

¹¹⁾ Dies ist vielleicht mehr auf eine besondere Empfindlichkeit des Verdauungsapparates der Betroffenen zurückzuführen als, wie Fleischmann gelegentlich des von ihm beschriebenen Falles S. (II) meint, „monosymptomatisch“ zu deuten. Auch bei dem oben von mir angeführten Fall Dr. Z. traten Durchfälle und dadurch bedingter körperlicher Verfall auffallend und sehr frühzeitig auf; doch folgten die anderen Symptome dann fast lückenlos. Als Dr. Z. sich später, nachdem er von der Quecksilberdampfvergiftung wiederhergestellt war, einige Amalgamfüllungen herausbohren ließ, waren wiederum Durchfälle die erste Reaktion.

¹²⁾ Vgl. auch die früheren Ausführungen in X und XI.

¹³⁾ Brüggenmann beschreibt — Ztschr. f. Laryngologie usw. 15, 107 [1926] „Eine seltene Ursache chronischer Naseneiterung (schleichende Quecksilberdampfvergiftung)“ — ausführlich einen charakteristischen Fall, charakteristisch auch insofern, als die Ursache lange nicht erkannt war und man die Symptome als „rein nervös“ deutete. B. sagt: „Für einen Rhinologen ist von besonderer Wichtigkeit, daß bei der schleichenden Quecksilberdampfvergiftung neben allgemein nervösen Erscheinungen zunächst die Nase und die oberen Luftwege in Mitleidenschaft gezogen werden. . . . Das Krankheitsbild ist jetzt genau bekannt . . . sollte bei ätiologisch unklarer chronischer Naseneiterung an die schleichende Quecksilberdampfvergiftung als Ursache gedacht werden.“

¹⁴⁾ Wofür mir bekanntes Tatsachenmaterial sprechen könnte.

¹⁰⁾ Vgl. den Bericht Ztschr. angew. Chem. 41, 68 [1928].

(wie bei der Bleivergiftung) mit Quecksilberwirkung in Verbindung stehen können, muß die weitere Forschung lehren.

Die ersten Erscheinungen, bei denen es, wenn nämlich hinreichend wenig Quecksilber einwirkt, lange oder sogar dauernd bleiben kann, sind rein nervöser und psychischer Art, „neurasthenisch“. His sprach vom „Abbau der Neurosen“ durch die Kenntnis von der schleichenden Quecksilbervergiftung. Besonders kennzeichnend ist, wie auch Fleischmann oft beobachtete, das eigentümliche Versagen des Gedächtnisses (Vergessen sonst wohlvertrauter Namen, z. B. guter Bekannter, und Zahlen, z. B. der eigenen Fernsprechnummer, Nichtwiedererkennen von Personen, mit denen man kurz zuvor gesprochen hat), das anfangs vorübergehend auftritt, sich aber später bis zur Unfähigkeit zur Berufsausübung steigern kann (wofür Fleischmann ebenfalls Beispiele gibt). Ähnliche Beobachtungen werden übrigens auch bei der schleichenden Bleivergiftung (vgl. P. Schmidt, VI u. VII) und bei der neuerdings in der Industrie gelegentlich auftretenden Thalliumvergiftung gemacht, die die größte Ähnlichkeit mit der Quecksilbervergiftung zu haben scheint.

Besonders schwierig ist die klinische Erkennung der Quecksilbervergiftung, solange sich diese in ihren Anfängen befindet und noch nicht zu körperlichen Erscheinungen, Mundentzündungen, Durchfällen usw., geführt hat. Die ersten nervösen Beschwerden sind eben ganz allgemeiner Natur und können auch von vielen anderen Ursachen bewirkt sein. Oft werden sie nicht einmal von den Patienten selbst als „Erkrankung“ empfunden. Trotzdem sind sie natürlich als charakteristische Symptome der Quecksilbervergiftung anzusehen und zu werten.

Leider irrt sich Fühner (IV), wenn er meint: „in der Harnuntersuchung besitzen wir heute das sicherste Mittel, um chronische Quecksilbervergiftung objektiv feststellen zu können“. Die Analyse von Harn, Speichel und Stuhl kann, wie Fleischmann bestätigte, lange Quecksilber ergeben, und zwar in denselben oder noch größeren Mengen, wie sie sich bei unzweifelhaft Quecksilber-Kranken finden, ohne daß irgendwelche Beschwerden vorhanden sind. Es bedarf bei sehr kleinen Mengen¹⁵⁾ fortgesetzter Quecksilberzuführung und einer gewissen Ansammlung im Körper¹⁶⁾, ehe die Erkrankung in die Erscheinung tritt. Auch in dieser Hinsicht verhält sich die Bleivergiftung ähnlich (P. Schmidt, VII).

Das wertvollste diagnostische Hilfsmittel bleibt vorläufig trotzdem die Analyse von Harn und Stuhl (Speichel wird seltener in Frage kommen) insofern, als Fehlen von Quecksilber in diesen Ausscheidungen eine Quecksilbervergiftung ausschließt und daß bei positivem Befunde die Voraussetzungen für eine solche gegeben sind. Bei den Analysen ist zu beachten, daß der Quecksilbergehalt im Stuhl im allgemeinen höher zu sein pflegt als im Harn und daß er bei beiden, manchmal von Tag zu Tag, ohne erkennbaren Grund sehr starken Schwankungen unterliegt. Dies ist besonders durch die zahlreichen Analysen Borinskis sichergestellt. Übrigens sei schon hier darauf hingewiesen, daß sich

eben nachweisbare Spuren Quecksilber, von der Größenordnung $\frac{1}{100}$ γ, oft im Stuhl finden. Sie entstammen der Nahrung (vgl. Abschnitt 6).

Den zuverlässigsten nachträglichen Beweis für das Vorliegen einer Quecksilbervergiftung liefert die Gesundung¹⁷⁾ nach Beseitigung aller Quellen, aus denen der Körper Quecksilber aufnehmen könnte.

3. Heil- und Schutzmaßnahmen.

Leider kennt man noch immer kein Mittel, um das im Körper befindliche Quecksilber zu entgiften oder mit Sicherheit zu schneller Ausscheidung zu bringen¹⁸⁾. Vorläufig bleibt nichts anderes übrig, als alle Quellen zu verstopfen, aus denen dem Patienten auch nur die kleinsten neuen Mengen Quecksilber zufließen könnten. Hierauf kommt alles an. Denn es steht nach vielen Beobachtungen fest, daß der an chronischer Quecksilbervergiftung Erkrankte überaus empfindlich gegenüber weiterer Quecksilberzuführung ist. Wo quecksilberhaltige Luft die Ursache der Vergiftung ist, darf man nicht ruhen, ehe nicht die Quecksilbermenge in der Luft auf einen unschädlichen Betrag heruntergedrückt ist. Fast immer wird auch das Entfernen vorhandener Amalgam-Zahnfüllungen zu empfehlen sein. Einen zuverlässigen Maßstab für die Wirksamkeit der getroffenen Maßnahmen hat man im endgültigen Verschwinden des Quecksilbers aus den Ausscheidungen.

Im übrigen ist die Fleischmannsche Mahnung zu unterstreichen: Mehr Vorsicht bei jeder Beschäftigung mit Quecksilber! Mit dem Metall selbst und mit allen quecksilbergefüllten zerbrechlichen Apparaten, seien es Fieberthermometer oder wissenschaftliche Instrumente. Das Quecksilber muß wieder überall, wie früher, als das gefährliche, wegen seiner Flüchtigkeit und Unwahrnehmbarkeit besonders tückische Gift behandelt werden, das es ist. Leider kann man ja nicht daran denken, auf seine Anwendung in Wissenschaft und Industrie oder auch nur im Schulunterricht zu verzichten. Aber nirgends dürfen die gebotenen Vorsichtsmaßregeln vernachlässigt werden: Z. B. kein Quecksilber unbedeckt stehen lassen; es nur unter Abzügen erwärmen; beim Hantieren damit Schalen oder dgl. unterstellen; verspritztes Quecksilber sorgfältig beseitigen; in Tischplatten usw. keine Ritzen und Sprünge dulden; und vor allem für Lüftung der Arbeitsräume sorgen. In dieser Hinsicht wird besonders von den Chemikern und Physikern arg gesündigt. In vielen chemischen Laboratorien hat man den Eindruck, daß man dort auf eine möglichst üble „chemische“ Atmosphäre förmlich stolz ist. Öffnen der Fenster während der Arbeitszeit kann nicht genug empfohlen werden; an etwas niedrigere Temperatur gewöhnt man sich schnell.

Sicherste Kontrolle ist wieder die Luftanalyse, die sich mit Hilfe von flüssiger Luft (XII) so genau ausführen läßt. Leider sind die zum Nachweis von Quecksilber in der Luft empfohlenen einfachen Farbreaktionen, z. B. mit Selensulfid (B. W. Nordlander, V), nicht empfindlich genug, um auch kleinere, noch schädliche Quecksilbergehalte zu erkennen.

Wo oft mit Quecksilber gearbeitet wird, sollte es nur in besonderen „Quecksilberräumen“ geschehen. In meinem Laboratorium benutzen wir bei unseren

¹⁵⁾ Die kurze Einatmung großer Mengen verursacht sofort eine heftigere, auch mit Fieber verbundene Erkrankung, die aber verhältnismäßig schnell, im Laufe von Wochen oder wenigen Monaten, zu verschwinden pflegt.

¹⁶⁾ Beweis dafür ist die lange anhaltende, nur allmählich abklingende Abgabe von Quecksilber aus dem Körper, nachdem die Zuführung aufgehört hat.

¹⁷⁾ Für welche die Prognose nach allen vorliegenden Beobachtungen günstig ist — abweichend von der Ansicht des „Merkblatts über berufliche Quecksilbervergiftung“ (Ärztliche Merkblätter über berufliche Vergiftungen und Schädigung durch chemische Stoffe, Berlin 1925, S. 8) —, sofern jede zusätzliche Quecksilberwirkung ausgeschaltet wird.

¹⁸⁾ Subjektive Erleichterung bringen frische Luft, Sonne, Sport, Bergtouren.

„Vakuum-Apparaturen“ und Gasuntersuchungen weiter dauernd außerordentlich viel Quecksilber. Durch entsprechende Einrichtungen hat sich trotzdem erreichen lassen, daß die Luft quecksilberfrei bleibt. Die Räume werden Tag und Nacht durch elektrische Ventilatoren entlüftet, mit denen die Arbeits-Digestorien (in denen allein mit Quecksilber hantiert wird), eine größere Zahl Abzugöffnungen oben und unten an den Wänden und auch die zur Aufbewahrung der Apparate (an denen sich immer Spuren Quecksilber befinden) dienenden Schränke verbunden sind. Die frische Luft strömt durch große Öffnungen unter den Fenstern durch Staubsiebe und über Heizkörper zu. Der Fußboden ist mit fugenlosem, rings an den Seiten 10 cm hochgezogenem Linoleum belegt. Die Digestorienplatten bestehen aus Schiefer und sind mit umlaufenden Rinnen versehen, in denen sich verspritztes Quecksilber sammelt. Alle festen Einrichtungsgegenstände, Tische, Schränke usw., stehen auf hohen Eisenrohr-Füßen oder auf Wandkonsolen oder Zementsockeln, an denen das Linoleum ebenfalls 10 cm in die Höhe geht, so daß es nirgends unzugängliche und schwer zu reinigende Winkel gibt.

B. Die Amalgame.

4. Gefährdung der Zahnärzte.

Zwei Amalgamarten werden für Zahnfüllungen verwendet: Kupferamalgam und Silber- (Edel-)amalgam. Bei jenen wird eine käufliche Kupfer-Quecksilber-Legierung ($\frac{1}{3}$ Cu, $\frac{2}{3}$ Hg) bis zum Weichwerden erhitzt, wobei Quecksilber verdampft. Beim zweiten wird eine feste Legierung (in der Hauptsache Silber und Zinn) mit flüssigem Quecksilber zu einer knetbaren Masse angerührt und der Überschuß an Quecksilber ausgepreßt. Bei allen diesen Verrichtungen ist Gelegenheit gegeben, daß Quecksilber in den Arbeitsraum gelangt, der fast immer auch der Behandlungsraum ist, in dem sich der Zahnarzt den ganzen Tag aufhält. So findet sich beinahe ausnahmslos Quecksilber in der Luft der Arbeitsräume der Zahnärzte, in den Ausscheidungen dieser und ihrer Helfer, und eine große Zahl von Zahnärzten und ihren Mitarbeitern leidet an chronischer Quecksilbervergiftung.

Ein überzeugendes Beweismaterial liefern die von Fleischmann und Borinski in den Berliner Schulzahnkliniken und an den dort tätigen 35 Schulzahnärzten und 24 Schwestern vorgenommenen Beobachtungen. Borinski fand in der Luft sämtlicher Kliniken Quecksilber, in Mengen von 3,3 γ bis 350 γ (1) Quecksilber je cbm. Ich machte bei privaten Zahnärzten ähnliche Erfahrungen, selbst dort, wo der Raum zweckmäßig, z. B. mit Linoleumfußboden, ausgestattet war und wo Kupferamalgam überhaupt nicht verwendet und immer mit besonderer Sorgfalt und Sauberkeit gearbeitet worden war.

Borinski stellte auch bei allen in den Berliner Schulzahnkliniken beschäftigten Personen Quecksilber in den Ausscheidungen fest, Fleischmann bei 80% von ihnen eine Lymphozytose über 30%, manchmal bis zu 50–60%. Schon in der älteren Literatur wurde auf den Quecksilbergehalt des Harns aller Zahnärzte hingewiesen. Ich konnte diese Tatsache ebenfalls mehrfach bestätigen. Glücklicherweise wird dieser Gehalt selten die Höhe (über $\frac{1}{4}$ mg im Liter) erreichen wie in einem kürzlich von Ahmed Hassan el Cheikh beschriebenen¹⁹⁾ Falle.

Fleischmann teilt mit, daß bei den Berliner Schulzahnärzten und Schulzahnwestern, neben zwei Fällen von fortgeschrittener Quecksilbervergiftung mit

Stomatitis und Darmstörungen, stets wiederholte stereotype Klagen über ungewöhnliche Müdigkeit und Neigung zu Kopfschmerzen auftraten und daß Nasenrachenkatarrhe eine häufige Beschwerde bildeten. Bei der Beschreibung einiger charakteristischer Fälle von Quecksilberdampfvergiftung schreibt er: „Ich könnte die Reihe ähnlich liegender Fälle, namentlich auch von Zahnärzten, weit verlängern“. Nach einem Vortrage, den ich in Stuttgart über die Quecksilberfrage hielt, meldeten sich mehrere Zahnärzte, bei denen die Erscheinungen keinen Zweifel an einer starken Quecksilbervergiftung ließen. Teilweise hatten auch die Frauen zu leiden, weil das Behandlungszimmer außerhalb der Arbeitszeit als Wohnraum benutzt wurde. Bei älteren Zahnärzten finden sich die ersten Beschwerden der schleichenden Quecksilbervergiftung fast immer, wenn sich die Betroffenen auch über die Ursache selten im klaren sind und sie gewöhnlich in den besonderen Anstrengungen ihres Berufes suchen.

Sie können davon geheilt werden. Es bedarf, bis Fleischmanns Forderung verwirklicht ist, alle Amalgame „im Interesse der Zahnärzte“ durch anderes Füllmaterial zu ersetzen, nur auch dort größerer Einsicht in die Gefährlichkeit des Quecksilbers und größerer Vorsicht beim Umgehen damit. Auch der Zahnarzt, der an Quecksilbervergiftung leidet, wird meist gut daran tun, sich von etwaigen eigenen Amalgamfüllungen zu trennen. Er muß, will er ganz gesunden, es dahin bringen, daß das Quecksilber in seinen Ausscheidungen verschwindet.

Auch für zahnärztliche Behandlungsräume sind Maßnahmen angebracht, wie sie in Abschnitt 3 für „Quecksilberräume“ empfohlen wurden: Linoleumfußbodenbelag (keine Teppiche!), Lüften²⁰⁾ usw. Wenig versprechen kann man sich vom Aufstellen einiger Schalen mit aktiver Kohle²¹⁾ oder von der Anwendung von Zinkplatten²²⁾. Derartige Absorptionsmittel nehmen zwar von gesättigtem Quecksilberdampf auf, versagen aber, wie uns eigene Versuche mit großen Stanniofläichen zeigten (vgl. X), sobald das Quecksilber in äußerster Verdünnung auftritt. Nachahmenswert sind wohl die von der Stadt Berlin für Arbeiten mit Quecksilber in den Schulzahnkliniken gegebenen „Richtlinien“. Sie sehen u. a. vor: Fertigstellung von Amalgamen nur von bestimmten Personen und an bestimmten Plätzen; Nichtanfassen des Amalgams mit unbedeckter Hand; Herstellung von Silberamalgam nur im Mörser; Aufbewahren von Amalgamabfällen unter Wasser; Amalgam-Arbeitstische mit schwarzen fugenlosen Platten; elektrische Ventilatoren in allen Arbeitsräumen; in jeder Klinik besondere Räume zum Aufenthalt und Mahlzeineinnehmen für Ärzte und Schwestern.

5. Schädlichkeit der Amalgam-Zahnfüllungen.

Allen zahlreich und leidenschaftlich geäußerten Zweifeln und Widersprüchen zum Trotz liegen heute ärztliche und zahnärztliche Beobachtungen in erheblicher Zahl vor, die beweisen, daß Amalgam-Zahnfüllungen chronische Quecksilbervergiftungen hervorrufen können. Fleischmann (II) beschrieb zunächst sieben „abgeschlossene“ Fälle, in denen die Beseitigung der Füllungen dauernde vollständige Befreiung von starken Be-

²⁰⁾ Mehrfach bestätigten Zahnärzte, wieviel wohler und frischer sie sich fühlen, seitdem sie bei der Arbeit das Fenster dauernd etwas geöffnet halten.

²¹⁾ Wannenmacher XIV, S. 158.

²²⁾ Dieck I, S. 847.

¹⁹⁾ Deutsche Monatsschrift f. Zahnheilkunde 45, 214 [1927].

schwerden brachte, die vereinzelt schon bis zur Erwerbsunfähigkeit gingen. Weitere Fälle hat er in Beobachtung. Auch von anderen Seiten erfolgten entsprechende Veröffentlichungen. Mir selbst floß ebenfalls viel daselbe bestätigendes Material zu.

Im allgemeinen werden die von Amalgamfüllungen dem Körper zugeführten Quecksilbermengen kleiner sein als bei beruflicher Quecksilberdampfvergiftung. Fleischmann fand bei seinen deutlich geschädigten Patienten nur $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{2}$ γ Quecksilber im Liter Harn. Demgemäß beschränken sich die Erscheinungen meist auf die ersten Stufen: Müdigkeit, Zerschlagenheit, Unlust besonders zu geistiger Arbeit, Nervosität, Gereiztheit, Vergeßlichkeit, Benommenheit, Kopfschmerzen, Depressionen, Zahnfleischbluten beim Zähneputzen, vereinzelte Durchfälle, chronische Schnupfen, Katarrhe und Halsentzündungen; alles, wie gewöhnlich, in Zwischenräumen und in schwankender Stärke auftretend. Überhaupt besteht in jeder Beziehung Übereinstimmung in den Wirkungen der Amalgam- und der Quecksilberdampfvergiftung, z. B. auch darin, daß bei manchen Personen zunächst die Verdauungsorgane auf das Quecksilber reagieren (Fleischmanns Fall²³; der obenerwähnte Fall Dr. Z.). Ob bei den Amalgamfüllungen mehr in die Lungen gelangender Quecksilberdampf²⁴) oder dem Magen zugeführtes Quecksilber die Quelle der Schädigungen ist, muß vorläufig, wie auch Fleischmann hervorhebt, dahingestellt bleiben. Man weiß ja überhaupt noch nichts darüber, ob das Quecksilber chemische Wandlungen im Körper erfährt und welcher Art diese sind. Bei der großen chemischen Widerstandsfähigkeit des Metalls ist es durchaus denkbar, daß es in freier ungebundener Form bleibt und die Tätigkeit des Organismus stört²⁵). Die Quecksilberabgabe aus den Amalgamen im Munde wird, gleiche Oberfläche vorausgesetzt, von allerlei Einflüssen abhängen: von der Lage der Füllungen, von der Beanspruchung beim Kauen²⁶), vielleicht auch von der Beschaffenheit des Speichels; alte Füllungen können, sofern sie nicht durch Kauen immer wieder abgeschliffen werden, oberflächlich im Laufe der Zeit an Quecksilber verarmen u. dgl. mehr.

Mit den Kupferamalgam-Füllungen brauchen wir uns nicht lange aufzuhalten. Noch vor 1½ Jahren verteidigt, sogar wegen ihrer munddesinfizierenden Eigenschaften gepriesen, werden sie heute durchweg fallengelassen. Daß sie schwere Gesundheitsschädigungen verursachen können, ist nicht mehr zu bestreiten, und meine so viel angegriffene Vermutung, daß ihre Einführung eine „Versündigung an der Menschheit“ war, erweist sich als durchaus begründet. Zahnarzt Dr. J. Hochradel²⁷): „Als bisheriges Ergebnis bleibt das Kupferamalgam auf der Strecke.“ Fleischmann: „Für die Zahnpraxis wird man . . . auf die Verwendung von Kupferamalgam als Füllungsmittel ganz verzichten.“ Schoenbeck fordert (IX), „daß das Kupferamalgam als Füllungsmaterial verschwinden muß.“ Dieck schreibt (I): „Es dürfte somit gerechtfertigt sein, wenn die Forderung erhoben wird, daß fortan das reine Kupferamalgam . . . aus der Reihe der Zahnfüllmittel ausgeschaltet wird.“ Unbegreiflicherweise sucht man an einigen Stellen noch „Zinn-Kupferamalgam“ (ein Kupfer-

amalgam mit 2–3% Zinn) zu halten, obwohl nicht zu erkennen ist, warum ein so kleiner Zinngehalt das Verhalten des Amalgams wesentlich ändern sollte. Das Urteil der Amalgam-Sachverständigen lautet dementsprechend. E. J. Meyer²⁷) fand, daß auch Zinn-Kupferamalgam wochenlang bei Mundtemperatur Quecksilber abgab und zwar viermal soviel wie Edlamalgam. Wannenmacher äußert sich (XIV, 153): „Über Kupferamalgam mit oder ohne Zusätze von Zinn, Cadmium oder ähnlichem dürfte das Urteil nahezu einstimmig negativ zu bezeichnen sein. Alle experimentellen Arbeiten lassen erkennen, daß Quecksilber bei diesen Amalgamen in ganz bemerkenswerten Mengen abgegeben wird.“ Und selbst Dieck, der zu den Verteidigern des Zinn-Kupferamalgams gehört, meint (I, 835): „So bleibt auch für die Verwendung des Kupferamalgams mit Zinnzusatz im wesentlichen nur der relativ billige Preis des Präparats ein Vorteil.“ Nur durch solche Erwägungen läßt sich erklären, daß, wie ich erfahre, die Berliner Schulzahnkliniken, die bis jetzt fast nur Kupferamalgam verwendeten und dessen Gebrauch nun ausschalten, Kupferamalgam mit Zinnzusatz weiter zulassen. Bei dem heutigen Stande unseres Wissens schwer begreiflich!

Über die Edlamalgame herrscht noch keine solche Einstimmigkeit des Urteils wie beim Kupferamalgam. Hier ist die Lage zurzeit ähnlich wie beim Kupferamalgam vor 1½ Jahren. Viele sträuben sich noch, an die Schädlichkeit zu glauben; die in dieser Hinsicht festgestellten Beobachtungen und Tatsachen beginnen erst zu wirken und sich durchzusetzen. Dies wird dadurch erschwert, daß es bis jetzt noch kein Zahnfüllmittel gibt, welches das Edlamalgam überall ersetzen kann. Beim Kupferamalgam besteht diese Schwierigkeit nicht: man nimmt dafür vorläufig Edlamalgam, das zwar nicht unschädlich, aber doch jedenfalls weniger schädlich ist als jenes.

Auch in anderer Beziehung liegen die Dinge beim Edlamalgam weniger einfach. Die Zahl der darin enthaltenen Stoffe — Quecksilber, Silber, Zinn; manchmal mit kleinen Zusätzen von Gold und Platin (dann „Gold-“ und „Platin“-Amalgam benannt) — ist größer. Die chemischen und physikalischen Vorgänge, die sich beim Erhärten abspielen, sind verwickelter und unübersichtlicher²⁸); sie hängen auch, da die feste käufliche Legierung (die „Feilung“) erst vom Zahnarzt selbst mit Quecksilber gemischt wird, vom zufälligen Mengenverhältnis ab, in welchem dies geschieht, und von der Art und der Sorgfalt des Verarbeitens; weiter auch noch vom Alter der Feilung, die mit der Zeit „altert“, d. h. Veränderungen erfährt, die ihr Verhalten gegenüber Quecksilber beeinflussen²⁹). Kurzum: Die Amalgame, die sich schließlich im Munde befinden, sind nichts klar Bestimmtes und wechseln außerordentlich in Beschaffenheit und Haltbarkeit³⁰). Es steht damit ähnlich wie mit

²⁷) Deutsche Monatsschrift f. Zahnheilkunde 45, 225 [1927].

²⁸) Vgl. Wannenmacher (XIV) und Schoenbeck (IX). Im zahnärztlichen Schrifttum findet sich öfters die Ansicht vertreten, wenn das Quecksilber in chemischer Bindung als stöchiometrisch zusammengesetztes Amalgam vorhanden sei, so könne es nicht mehr flüchtig sein. Dies ist ein Irrtum. Das Quecksilber besitzt auch in seinen Verbindungen mit anderen Metallen eine gewisse, mit der Temperatur schnell steigende Dissoziationstension und Flüchtigkeit, die manchmal recht beträchtlich sind.

²⁹) Vgl. z. B. Wannenmacher (XIV).

³⁰) P. Schönbaum, Ztschr. f. Stomatologie 24, 948 [1926], findet Schwankungen im Quecksilbergehalt von 47 bis 62% und sagt (ebenda 25, 199 [1927]): „Bei ungleicher Herstellungsart gehen aus dem gleichen Material ganz verschiedene Legierungen hervor.“

²³) Den wir im Munde unmittelbar nachweisen konnten (XI).

²⁴) Es ist bekannt, daß auch fein verteilte kleinste Mengen Gold ähnliche nervöse und psychische Störungen hervorrufen. Bei diesem Edelmetall kann der Chemiker an eine chemische Veränderung im Körper kaum glauben.

²⁵) Vgl. die Ausführungen von G. Haber über den Kaudruck („Beitrag zur Quecksilbergefahr durch Amalgamfüllungen“, Deutsche Monatsschrift f. Zahnheilkunde 1927, 938).

²⁶) Zahnärztl. Rundschau 1927, 846.

einer Mayonnaise. Eine Köchin macht sie gut, eine andere schlecht; die meisten aber machen sie schlecht³¹⁾! Was die sogenannten Gold- und Platinamalgame mit ihrem winzigen Gehalt an den namengebenden Metallen anbetrifft, so dürfte Wannenmacher (XIV, S. 154) recht haben: „Den üblichen Beimengungen von Gold, Platin usw. messe ich nicht die Bedeutung bei, wie es vielleicht vonseiten mancher Hersteller geschieht.“

Daß die Edelamalgame ebenfalls Quecksilber abgeben, wenn auch im allgemeinen weniger als Kupferamalgam, ist erwiesen, z. B. durch die Untersuchungen von E. J. Meyer³²⁾, Ahmed Hassan el Cheikh³³⁾ und W. Dieck³⁴⁾. Wir selbst haben in vielen Fällen bei Personen, die nur Edelamalgamfüllungen hatten und sonst nicht mit Quecksilber in Berührung gekommen waren, Quecksilber im Harn und Stuhl gefunden. Daß bei Trägern von Edelamalgamfüllungen die Quecksilberprobe manchmal negativ ausfällt, wie es auch Fleischmann beobachtete, ist leicht erklärlich. Ob nachweisbare Mengen Quecksilber von einer Füllung abgegeben werden, hängt in hohem Grade von der Beschaffenheit des Amalgams, von der Größe der Füllung und von ihrer Lage im Munde ab. Auch ist im Harn das Quecksilber oft nicht mehr analytisch zu fassen, wenn dies im Stuhl noch möglich ist. Schließlich können die starken Schwankungen in der Quecksilberausscheidung bewirken, daß bei einzelnen Analysen kein Quecksilber gefunden wird. Borinski, der je 25 Schulkinder mit Kupfer- und Edelamalgamfüllungen beobachtete und bei allen 50 Quecksilberausscheidung feststellte, bemerkte nach einer privaten Mitteilung keinen erheblichen Unterschied zwischen den beiden Amalgamen.

Auch bei Edelamalgamfüllungen sind Schädigungen in erheblicher Zahl jetzt einwandfrei festgestellt. Wenn auch Fleischmann selbst gerade hier in seinen Schlüssen besondere Zurückhaltung übt, so können doch schon zwei seiner sieben „Zahnfälle“ als Beweis dienen: Fall Frl. Dr. M., die neben 15 Edelamalgamfüllungen nur eine kleine Kupferamalgamfüllung hatte und an Quecksilbervergiftung litt, und Fall Dr. M., bei dem die Beschwerden und die Quecksilberausscheidung ein halbes Jahr nach Ersetzen der Kupferamalgamfüllungen durch solche aus Edelamalgam nicht gemindert waren, dann aber in einem weiteren halben Jahr völlig schwanden, nachdem auch die Edelamalgamfüllungen wieder entfernt waren.

Auch ich habe von Zahnärzten eine ganze Reihe von Fällen erfahren und einige auch selbst beobachten können, in denen die gewöhnlichen Erscheinungen der schleichenden Quecksilbervergiftung nach Beseitigen von Edelamalgamfüllungen glatt verschwanden. Die Patienten wurden Mattigkeit, Schwindelgefühl, Kopfschmerzen, von denen sie früher gequält waren, völlig los und fühlten sich — dieser Ausdruck fiel wiederholt — „wie neugeboren“.

Professor Dr. E. in Karlsruhe, Mitte der Dreißiger, gesund und frisch, ließ sich 1921 einige technisch vorzügliche Edelamalgamfüllungen legen, neben kleineren eine große Krone. Er teilte mir Mitte Juni 1927 mit: „Seit mehr als zwei Jahren litt ich ständig an Kopfschmerzen, unbehaglichem Allgemeinbefinden, an Zahnfleischbluten

und, besonders bei raschen Bewegungen oder Treppensteigen, an einem Gefühl der Unsicherheit. Wie wiederholt durch meinen Arzt festgestellt, waren diese Symptome auf keinerlei organische Befunde zurückzuführen und wurden zunächst als Neurasthenie gedeutet³⁵⁾. November 1926 habe ich mich entschlossen, sämtliche Amalgamfüllungen durch Goldfüllungen ersetzen zu lassen. Trotz vorsichtigster Entfernung der Füllungen habe ich an den beiden Tagen alle die geschilderten Symptome in potenziertem Maße empfunden. Dann hat sich das Allgemeinbefinden, Kopfschmerzen usw. allmählich gebessert, und seit etwa drei Monaten fühle ich mich wieder ganz frisch. So ist es bis heute geblieben.“ In diesem Falle konnte ich das Material der Füllungen analysieren; die Hauptfüllung enthielt 37,6% Quecksilber, 30,7% Silber, 29,8% Zinn, 1,8% Kupfer, 0,24% Gold, bestand also aus einwandfreiem Edelamalgam.

Dr. Z. hatte sich, wie schon erwähnt, im Frühjahr 1926 im chemischen Laboratorium eine Vergiftung durch Quecksilberdampf zugezogen und sich davon bis zum Sommer 1927 im wesentlichen wieder erholt. Gewisse Beschwerden wollten jedoch nicht weichen: Müdigkeit, zumal morgens beim Aufstehen; vorübergehende leichte Benommenheiten; Verschlechterung der Fähigkeit zu geistiger Arbeit und des Gedächtnisses, besonders für Namen; nervöse Gereiztheit, leichtes Bluten beim Zähneputzen; Neigung zu Durchfällen; rheumatische Schmerzen und Hautjucken. Dezember 1927 wurden zwei größere, 1½ Jahre zuvor gelegte, silberweiß und tadellos aussehende Silberamalgamfüllungen entfernt, einige unbedeutendere Füllungen vorläufig im Munde belassen. Zunächst Verstärkung der Mattigkeit und aller anderen Erscheinungen etwa vier Wochen lang. Dann allmähliche gleichmäßige Besserung. März 1928: Alle Beschwerden verschwanden bis auf geringe Reste und ständiges Zahnfleischbluten beim Zähneputzen. Auch dieses hörte sofort auf, als noch die letzten Amalgamfüllungen herausgenommen wurden.

Im Anschluß an diesen Fall kann ich über Erfahrungen an mir selbst berichten, die lehren, daß unter Umständen auch Goldfüllungen Quecksilber enthalten und Schaden stiften können. Nachdem im Frühjahr 1924 die Ursache meiner rätselhaften Erkrankung (s. X) im Quecksilberdampf gefunden war und ich mir ein Jahr danach auch die letzten meiner Amalgamfüllungen, deren ich ziemlich viele besaß, durch Silikat- und Goldfüllungen hatte ersetzen lassen, schwanden die schlimmsten Beschwerden verhältnismäßig schnell. Aber auch bei mir traten gewisse Erscheinungen (Benommenheit, Mattigkeit, Kopfschmerzen, Minderung der Arbeitskraft und des Gedächtnisses, Durchfälle, Zahnfleischbluten) vorübergehend immer wieder auf, ohne daß eine weitere Besserung zu erkennen war, und die Ausscheidungen blieben quecksilberhaltig (täglich im Stuhl und Harn etwa je 1 γ Quecksilber). Ich konnte mir diese Erscheinung nicht erklären, denn die Analyse der Luft in den Räumen, wo ich mich hauptsächlich aufhielt, und der Nahrungsmittel (vgl. Abschnitt 6) ergab zwar verschiedentlich nachweisbare Quecksilbergehalte, aber von so kleinem Betrage, daß dem Körper daraus schlimmstenfalls täglich einige Hundertstel γ Quecksilber zugeführt werden konnten. Die Lösung brachte ein Zufall. Vor einigen Monaten ließ ich mir aus einem Zahn, von dem ein Stück abgesplittert war, eine Goldfüllung von 1,0 g Gewicht entfernen, und es zeigte sich, daß sie 1,3 mg Quecksilber enthielt, das beim Erhitzen herausdestill-

³¹⁾ Schoenbeck auf der Nürnberger Zahnärztagung 1927: „Die Verarbeitung (der Edelamalgame) wird von den meisten Zahnärzten doch nicht richtig gehandhabt.“

³²⁾ Deutsche Monatsschrift f. Zahnheilkunde 45, 225 [1927].

³³⁾ Ebenda 45, 214 [1927].

³⁴⁾ Zahnärztl. Mitteilungen 19, 207 [1928]. Vgl. meine Bemerkungen hierzu, ebenda S. 257.

³⁵⁾ Ein entsprechendes Zeugnis des behandelnden Arztes Dr. Z., Karlsruhe, liegt mir vor.

lierte³⁰⁾. Ersichtlich war es dieses Quecksilber gewesen, das die dauernden Quecksilberausscheidungen und Beschwerden bewirkt hatte. Diese schwanden zusehends seit Herausnahme jener Goldfüllung; auch hier hörte das Zahnfleischbluten schon nach wenigen Tagen auf und erschien nicht wieder.

Diese Feststellungen mahnen allgemein zur Vorsicht. Ähnliches wird immer möglich sein, wo jemand Amalgam- und Goldfüllungen nebeneinander hatte. Man kann sich dann also noch nicht ohne weiteres darauf verlassen, daß mit dem Entfernen der Amalgamfüllungen auch alles Quecksilber aus dem Munde verschwunden ist. Sicherheit hat man erst, wenn analytisch nachgewiesen ist, daß der Stuhl kein Quecksilber mehr enthält.

Wir kommen zu der wichtigen Frage nach der Verbreitung der Schädigungen durch Amalgamfüllungen. Mit Recht sagt Dieck (I, 839): „Der Schwerpunkt ist darauf zu legen, mit welcher Häufigkeit eine toxische Wirkung unter den ungezählten Millionen Fällen von Amalgamverwendung vorkommt.“

Vergegenwärtigen wir uns:

1. Eine beträchtliche Zahl Fälle ist durch Beobachtung an einigen wenigen Stellen sichergestellt. Es handelte sich hierbei durchweg um ernstere Erkrankungen, welche die Patienten zum Arzte trieben.

2. Werden schon größere Quecksilbermengen nicht selten von den Amalgamen abgegeben, so muß es mit kleineren Mengen noch viel öfter geschehen. Auf jeden Fall ernsterer Erkrankung müssen bei der weitverbreiteten Quecksilberempfindlichkeit viel mehr Fälle kommen, wo sich die Beschwerden auf die allerersten, nur nervösen und psychischen Erscheinungen der schleichenden Quecksilbervergiftung beschränken, auf Minderung des Gedächtnisses, der Arbeits- und Lebensfreude, auf gelegentliche Benommenheiten und Kopfschmerzen, die oft von den Betroffenen selbst gar nicht als „Krankheit“ empfunden, sondern als Nervosität, Überarbeitung, Altersfolgen hingenommen werden.

3. Die beobachteten Fälle entstammen, auch rein örtlich, kleinen Kreisen. Sie wurden den Beobachtern nicht irgendwie systematisch, sondern sozusagen vom Zufall zugeführt. Einer Erweiterung des Beobachtungsmaterials stand vor allem der durch eine wilde Propaganda auch in der Tagespresse geschürte Widerstand der meisten Zahnärzte entgegen, die den Patienten die Absicht, verdächtige Amalgamfüllungen entfernen zu lassen, wieder ausredeten, indem sie eine Schädigung durch Amalgam als ausgeschlossen bezeichneten. Auch die Abneigung der meisten praktischen Ärzte und Zahnärzte, ihre Erfahrungen zu Papier oder gar in Druck zu bringen, wirkte ungünstig.

Die einfachste statistische Erwägung führt zu dem Schlusse, daß im ganzen sehr viele Menschen von den Amalgamfüllungen geschädigt sein müssen, jedenfalls weit mehr als Zahnärzte von der Zubereitung der Amalgame. Sind die Verhältnisse erst einmal genauer bekannt, wird man über den Umfang des Schadens staunen, den das Quecksilber auch hier angerichtet hat. Gerade wegen der ungeheuren Verbreitung der Amalgamfüllungen sind ihm zweifellos viele Beschwerden zur Last zu legen, die jetzt als Neurose, Neurasthenie,

Migräne usw. gebucht werden. Dies gilt bestimmt auch für viele Erkrankungen des Zahnfleisches und der Mundschleimhäute. Ob die chronische Quecksilbereinwirkung nicht auch noch andere Krankheiten verursachen oder wenigstens die Empfänglichkeit dafür erhöhen kann, wird die Zukunft lehren. Sicher vergrößert sie die Empfindlichkeit gegenüber zusätzlicher Quecksilbereinwirkung. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß die Ursache der „Krankheitsbereitschaft“, die Professor Zangger nach einer privaten Mitteilung bei manchen Arbeitern quecksilberverarbeitender Betriebe beobachtete, mehr hierdurch (oder auch durch vorangegangenen Gebrauch quecksilberhaltiger Heilmittel) als durch ursprüngliche individuelle Veranlagung verursacht wird.

Hoffentlich läßt sich Fleischmanns Forderung, auch die „Edelamalgame durch anderes Material zu ersetzen, wenn die Industrie gleichwertiges zur Verfügung gestellt hat“, recht bald verwirklichen. Ob es „mehr im Interesse der Zahnärzte“ oder mehr im Interesse von deren Patienten geschieht, ist gleichgültig. Beide müssen den Augenblick preisen!

Unzweifelhaft bedeutet es schon einen Fortschritt, daß vorläufig das Kupferamalgam als Füllmaterial verschwindet, auch aus der Kassenpraxis, in der es vor kurzem noch die Herrschaft führte, und durch Edelamalgam ersetzt wird, natürlich unter der Voraussetzung, daß dieses nach allen Regeln der Kunst verarbeitet wird. Bei Privatpatienten sollte man, wo es irgend angeht, schon heute auf Edelamalgam als Füllmittel verzichten und statt dessen Zemente oder Gold verwenden. Wie eine Amalgamfüllung früher oder später auf den Betroffenen wirkt, läßt sich nicht voraussehen. Der geistig Tätige empfindet schon die allerersten nervösen Wirkungen der schleichenden Quecksilbervergiftung störend und drückender als der Handarbeiter, der ihnen auch durch seine stärkere körperliche Betätigung entgegenwirkt.

Die Schwierigkeiten, die bei Feststellung einer Quecksilberdampfvergiftung auftreten, erscheinen wieder, wenn zu beurteilen ist, ob im Einzelfalle Beschwerden von Amalgamfüllungen verursacht sind. Als erstes muß natürlich der Beweis erbracht werden, daß das Amalgam Quecksilber abgibt und daß sich dieses in den Ausscheidungen findet. Die Analyse des Stuhles dürfte aus den früher angeführten Gründen den Vorzug verdienen. Es ist zu beachten, daß auch Menschen, die keine Amalgamfüllungen haben und im übrigen nicht mit Quecksilber in Berührung kommen, manchmal Spuren Quecksilber (Größenordnung: hundertstel γ täglich) im Stuhl ausscheiden, das sie mit der Nahrung aufnehmen (s. Abschnitt 6). Hiervon habe ich mich mehrfach überzeugt. Zeigt der Quecksilber ausscheidende Patient die bekannten nervösen und psychischen Beschwerden, ohne daß der Arzt dafür eine andere Ursache finden kann, so ist die Entfernung der Amalgamfüllungen angebracht, um so mehr, wenn auch die kennzeichnenden ersten körperlichen Erscheinungen vorliegen: Zahnfleischbluten, Mundentzündungen, Durchfälle, chronische Katarrhe usw.

In der Regel wird es sich empfehlen, gleich alle Amalgamfüllungen zu beseitigen, mindestens sämtliche größeren und mechanisch beanspruchten. Ob die Beschwerden nur von einer Füllung unter mehreren ausgehen, dürfte sich selten entscheiden lassen; auch pflegt ja die Empfindlichkeit eines „Quecksilber-Patienten“ so groß zu sein, daß ihm Spuren Quecksilber schaden, die anderen nichts anhaben. Auf die Möglichkeit, daß auch Goldfüllungen, -kronen u. dgl., die mit Amalgam im Munde lagen, Quecksilber aufnehmen und später wieder

³⁰⁾ Die betreffende Füllung (gegossen), die ursprünglich kein Quecksilber enthalten haben konnte, hatte noch einige Zeit im Munde neben Amalgamfüllungen gelegen, ehe auch diese entfernt wurden, und wohl dabei Quecksilber aufgenommen. Gold amalgamiert sich ja außerordentlich leicht und gibt das Quecksilber dann langsam wieder ab. Merkwürdigerweise enthielten andere Goldfüllungen, die ich außer jener im Munde hatte, nur Spuren, nämlich wenige zehntel γ Quecksilber.

abgeben, wurde oben aufmerksam gemacht. Nötigenfalls sind verdächtige Goldteile³⁷⁾ zu erneuern. Dem behandelnden Arzte ist anzuraten, den Erfolg seiner Maßnahmen mit Quecksilberanalysen nachzuprüfen. Erst wenn kein Quecksilber mehr ausgeschieden wird, ist auf völlige Gesundung zu rechnen.

Das Herausbohren des Amalgams muß mit äußerster Vorsicht geschehen, damit der Patient dabei nicht größere Quecksilbermengen in Lunge und Magen und dadurch vorübergehend verstärkte Beschwerden bekommt. Ganz wird sich dies selten vermeiden lassen. Empfehlenswert ist: Absaugen des beim Bohren entstehenden Staubes, wo eine Einrichtung hierfür vorhanden ist; dauerndes Feuchthalten von Füllung und Instrument; keinesfalls darf die Füllung so warm werden, daß Quecksilber verdampft.

6. Folgerungen und Forderungen.

Der Quecksilber- und Amalgamfrage gebührt die vollste Teilnahme aller Berufenen. Sie abtun wollen mit dem Vergleich: „So wenig Automobilunfälle den Gebrauch dieses Verkehrsmittels in Frage stellen . . .“³⁸⁾, ist ein unhaltbarer Standpunkt. Die maßgebenden Stellen müssen ihr die gleiche Aufmerksamkeit widmen wie der Bleifrage. Im Gegensatz zum Blei bedroht das Quecksilber wegen seiner Flüchtigkeit und seiner Verbreitung in den Amalgamen nicht nur gewisse Berufsarten, sondern die weitesten Kreise.

Eine der wichtigsten Forderungen ist die Herstellung eines den Amalgamen in Einfachheit der Verarbeitung, in Widerstandsfähigkeit und Haltbarkeit und auch im Preise einigermaßen gleichkommenden, ungiftigen Zahnfüllmittels. Hier winkt in jeder Hinsicht Gewinn. Mit dem Vertriebe von angeblich Quecksilber bindenden Zahnpulvermitteln³⁹⁾ ist es nicht getan. Auch das Bestreben Schoenbecks, bei der Herstellung des Füllamalgams statt vom flüssigen Quecksilber von einem quecksilberreichen festen Amalgam auszugehen, kann nur als eine vorläufige Zwischenlösung angesehen werden. Anzustreben ist wohl eine von Quecksilber und anderen schädlichen Stoffen freie Metallegierung, die sich durch eine für die Mundverhältnisse erträgliche Erwärmung vorübergehend soweit erweichen läßt, daß sie verarbeitet werden kann.

Nötig ist die Schaffung einer genügenden Zahl von Stellen, etwa an größeren Krankenhäusern, wo die für die Erkennung und Behandlung der Quecksilbervergiftung unentbehrlichen zuverlässigen Quecksilberanalysen ohne zu hohe Kosten ausgeführt werden. Die Analysen verlangen ein gewisses Einarbeiten und peinlichste Sorgfalt, können aber von zuverlässigen Chemikanten oder Chemikantinnen unter Aufsicht gemacht werden; teures Material erfordern sie nicht.

Um tieferen Einblick in Umfang und Art der Quecksilberschädigungen zu bekommen, bedarf es einer sammelnden und sichtenden Stelle, der Ärzte und Zahnärzte einschlägige Berichte zuführen müßten. Vielleicht kann hierfür die Quecksilberstelle an der Berliner Charité erhalten bleiben, nachdem sie ihren ersten Zweck, die ganze Frage zu prüfen und auf eine fachwissenschaftliche Grundlage zu stellen, erfüllt hat.

Was die erforderliche Belehrung der praktischen Ärzte und Zahnärzte anbelangt, so werden die jüngsten

Veröffentlichungen ihre Schuldigkeit tun. Doch auch an Aufklärung der Laienwelt darf es nicht fehlen. Die vielen, die leichtere vom Amalgam verursachte Beschwerden nicht als „Krankheit“ ansehen und nicht zum Arzt gehen, sondern sie als etwas Unabänderliches, durch Veranlagung, Alter oder Überarbeitung Bedingtes tragen, müssen darüber aufgeklärt werden, daß ihnen — meist auf einfache Weise — geholfen werden kann, daß sie wieder zum Genuß ihrer Leistung und ihres Daseins kommen können.

Es ist zu verlangen, daß nun in der Tagespresse⁴⁰⁾ mit einer Beschwichtigungspropaganda aufgehört wird, die das große Publikum „beruhigen“ soll und die dem heutigen Stande der wissenschaftlichen Erkenntnis nicht mehr entspricht. Der Zahnarzt darf Patienten, die Nichtamalgam-Füllungen wünschen oder sich Amalgamfüllungen beseitigen lassen wollen, davon nicht abzubringen suchen. Der Patient ist in solchem Falle vielleicht vernünftiger als der „Fachmann“⁴¹⁾. Auch die wissenschaftliche Berichterstattung sollte jetzt auf Stimmungsmache verzichten⁴²⁾. Wer heute noch das Kupferamalgam verteidigt⁴³⁾, schlägt dem wissenschaftlichen Fortschritt ins Gesicht.

Der Forschung harren auf dem Gebiete der Quecksilbervergiftung weiter wichtige Fragen. Um nur einige zu nennen: Beschleunigte Entquecksilberung des Organismus; Entgiftung des im Körper befindlichen Quecksilbers. Quecksilbergehalt des Blutes. Anhäufung des Quecksilbers an bestimmten Stellen im Körper (Quecksilberdepots); Zusammenhang zwischen „Mobilisation“ des Quecksilbers und Beschwerden. Alles Fragen, deren Bearbeitung durch die Verfeinerung der Quecksilberbestimmung heute wesentlich erleichtert ist. Beziehungen zwischen Quecksilbervergiftung und anderen Krankheiten. Besondere Widerstandsfähigkeit und Anfälligkeit; Einfluß früherer Schädigung durch Quecksilber. Schädlichkeit der dauernden Einwirkung flüchtiger Quecksilberverbindungen, wie des Sublimats, $HgCl_2$, das in großem Umfange zum Schutze des Holzes gegen Fäulnis („Kyanisierung“), z. B. bei der Bekämpfung des Hausschwammes⁴⁴⁾ angewendet wird. Ein Gegenstand, der Aufmerksamkeit verdient, ist auch der Quecksilbergehalt unserer Lebensmittel (Mehl, Brot), der offenbar durch die sich immer mehr ausbreitende Beizung des Saatgetreides mit quecksilberhaltigen Mitteln veranlaßt wird⁴⁵⁾. [A. 98.]

⁴⁰⁾ Auch im Rundfunk, wo man mir noch ganz kürzlich „Übertreibungen, Mißverstehen und Verdrehungen“ vorwarf (Rundfunk Breslau, 20. 2. 1928).

⁴¹⁾ Vgl. den Aufsatz „Laßt den Zahnarzt entscheiden! Vorgehen gegen Amalgam“ (Vossische Ztg. v. 2. 1. 1928), wo es heißt: „Unvernünftig wären Patienten, die dem Zahnarzt nunmehr Vorschriften über seine Plombierungen machen wollen.“

⁴²⁾ Vgl. den Schluß des Berichtes über die Schoenbeck'sche Arbeit (VIII); die im wesentlichen zu einer Verurteilung der jetzt benutzten Amalgame kommt) in der Deutschen Monatsschrift f. Zahnheilkunde 46. 163 [1928]: „Die hier vorliegende Arbeit widerlegt . . . meines Erachtens die Stock'sche Auffassung von der Giftigkeit der Amalgamfüllungen vom metallkundlichen Standpunkt aus und, da namhafte Pharmakologen ebenfalls . . . durch Amalgamfüllungen entstehende chronische Vergiftungen ablehnen, ist zu hoffen, daß über dieses Gespenst nicht mehr diskutiert wird.“

⁴³⁾ Wie W. Maagk (Zahnärztl. Mitteilungen 19, 9 [1928]).

⁴⁴⁾ Vgl. F. Moll, „Die Bedeutung des Sublimats als Holzimprägnierungsmittel“, Ztschr. angew. Chem. 40, 1139 [1927].

⁴⁵⁾ Ich bin mit der experimentellen Prüfung dieser Frage beschäftigt und werde darüber später berichten.

³⁷⁾ Die angegriffen aussehen oder in denen Quecksilber analytisch nachzuweisen ist (in einer Probe, die mit einer eingefeilten Schleifscheibe abgenommen wurde).

³⁸⁾ Dieck I, 839.

³⁹⁾ Vgl. das vernichtende Urteil von Dieck (I, 846).

Literatur:

- I. W. Dieck, „Über den Stand der Frage: Quecksilber-intoxikation durch Amalgamfüllungen“, Deutsche Monatsschrift f. Zahnheilkunde 45, 833 [1927].
- II. P. Fleischmann, „Zur Frage der Gefährlichkeit kleinster Quecksilbermengen“, Dtsch. Medizin. Wchschr. 1928, Nr. 8.
- III. P. Fleischmann, „Über den Stand der Frage der Gefährlichkeit der Amalgamfüllungen“, Dtsch. Zahn-ärztl. Wchschr. 1928, 141.
- IV. H. Fühner, „Chronische Quecksilbervergiftung und Amalgamgefahr“, Klin. Wchschr. 6, 1545 [1927].
- V. B. W. Nordlander, „Selenium sulfide — a new detector for mercury vapor“, Ind. engin. Chem. 19, 518 u. 522 [1927].
- VI. P. Schmidt, „Der gegenwärtige Stand der experimentellen und klinischen Forschung über die Ursachen der Bleiwirkung“, Zentralblatt Gewerbehygiene Unfallverhütt. 14, 180 [1927].
- VII. P. Schmidt, „Neue Studien auf dem Gebiete der Diagnostik der Bleivergiftung“, Ber. d. Kais. Dtsch. Akademie d. Naturforscher zu Halle, Band III, S. 57.
- VIII. F. Schoenbeck, „Zahnärztliche Metallkunde“, Fortschritte d. Zahnheilkunde 3, 903 [1927].

- IX. F. Schoenbeck, „Zur Amalgamfrage“, Deutsche Zahn-ärztl. Wchschr. 1928, 151.
- X. A. Stock, „Die Gefährlichkeit des Quecksilberdampfes“, Ztschr. angew. Chem. 39, 461 [1926].
- XI. A. Stock, „Die Gefährlichkeit des Quecksilberdampfes und der Amalgame“, Medizin. Klinik 22, 1209 u. 1250 [1926]; Ztschr. angew. Chem. 39, 984 [1926].
- XII. A. Stock u. R. Heller, „Die Bestimmung kleiner Quecksilbermengen“, Ztschr. angew. Chem. 39, 466 [1926].
- XIII. A. Stock u. E. Pohland, „Die Bestimmung sehr kleiner Quecksilbermengen“, Ztschr. angew. Chem. 39, 791 [1926].
- XIV. Wannenmacher, „Ein Beitrag zur Amalgamfrage“, Dtsch. Zahnärztl. Wchschr. 1928, 152.

Ich wäre sehr dankbar, wenn mir Leser des vorstehenden Aufsatzes, die an sich oder anderen Beobachtungen zur Frage der Schädlichkeit der Amalgam-Zahnfüllungen (nicht auch des Quecksilberdampfes; hierüber liegt mehr als genügend Material vor) gemacht haben, darüber in aller Kürze berichteten (Prof. Dr. Stock, Karlsruhe i. B., Englerstr. 9; Postkarte, Telegrammstil) und so zur Ermittlung des Umfangs der Schädigungen beitragen. Auch Mitteilungen über Fälle, in denen trotz langen Tragens vieler und großer Amalgamfüllungen in vorgerücktem Alter keinerlei Einbuße an Frische, Gedächtnis und Wohlbefinden zu verspüren ist, sind von Wert.

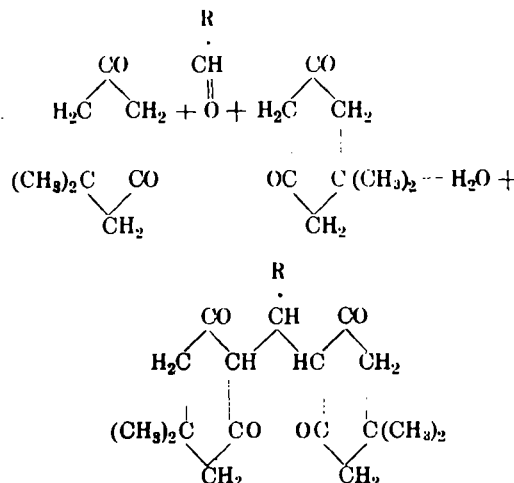
Assimilationsprobleme.

Von Dr. PAUL MAYER,

Wissenschaftlichem Mitglied des Kaiser Wilhelm-Instituts für Biochemie in Berlin-Dahlem.

(Eingeg. 24. Mai 1928.)

Im letzten Viertel des 18. Jahrhunderts zeigten Ingen-Houze, Priestley und Senebier, daß alles organische Material der Erde durch die Assimilation der atmosphärischen Kohlensäure von den Pflanzen geschaffen wird. Von diesen Grundlagen der Erkenntnis führt die fortlaufende Kette der Forschungen eines Saussure, Boussingault, Timiriasew bis zu den Arbeiten Willstätters (1); mit immer größerer Genauigkeit konnte Klarheit über den fundamentalen biochemischen Prozeß erworben werden, der sich unter Vermittelung des Chlorophylls abspielt und der darauf hinausläuft, daß Kohlensäuregas zerlegt und dabei das gleiche Volumen Sauerstoff entwickelt wird. Das Verhältnis zwischen freiwerdendem Sauerstoff und zersetzter Kohlensäure, der Assimilationsquotient $O_2 : CO_2$, ist = 1. Die Kohle C wird von den Vegetabilien als Kohlenhydrat $C_x(H_2O)_y$ aufgenommen. Zugunsten der alten Hypothese von Boussingault-Baeyer (2), daß im Assimilationsprozeß als einfachstes Hydrat des Kohlenstoffes die Verbindung $C(H_2O)$ auftritt und als Formaldehyd die Zwischenstufe bilde, sind viele indirekte Beweise vorgebracht. Unmittelbare Beiträge zur Frage der intermediären Entstehung von Formaldehyd sind erst kürzlich durch Versuche geliefert, in denen bei Anwendung der Abfangverfahren (3) Formaldehyd erhalten wurde. Die Methoden, mit denen Neuberg und seine Mitarbeiter bei zahlreichen Abbauprozessen in tierischen und pflanzlichen Zellen Acetaldehyd als wichtiges Durchgangsglied des Stoffwechsels festgelegt hatten, wurden auf die Probleme der Synthese übertragen. Damit erzielten Kurono, Klein und Werner während der Assimilation der Kohlensäure unter verschiedenen Bedingungen eine Ansammlung von Formaldehyd. Benutzt wurde das sogenannte Dimedon-Verfahren von Neuberg und Reinfurth. Bei diesem ermöglicht zugefügtes Di-methyl-cyclohexandion die Bindung intermediär auftretender Aldehyde, gemäß dem Schema:



Damit erscheint unser Wissen von der Chemie der Kohlenstoff-assimilation zu einem bestimmten Abschluß gediehen.

Für die Erhaltung des Lebens ist ebenso unerläßlich die Assimilation des Stickstoffs, der den Pflanzen in Form von Nitraten oder Ammoniumsalzen dargeboten wird. Eine Fülle eingehender Untersuchungen, die vor 70 Jahren Boussingault inauguriert hat, lehren, daß durch den Prozeß der Nitrifikation Ammoniakverbindungen in Nitrate bzw. Nitrite übergeführt und umgekehrt Stickstoff-Sauerstoff-Verbindungen durch Denitrifikation — im allgemeinen Sinne — ammoniiert werden. Schon allein die Tatsache, daß nach Düngung mit Nitrat die Pflanze nur solche organischen Stickstoffsubstanzen beherbergt, die Derivate des Ammoniaks sind, bezeugt den Ablauf umfangreicher Reduktionsprozesse. Es war nicht geglückt, in das Wesen dieser Reduktionsvorgänge einen vertieften Einblick zu erlangen. Bekannt war lediglich die biochemische Umwandlung von Nitrat in Nitrit und in Ammoniak. Rein chemische Erfahrungen führen zu der Folgerung, daß zwischen Nitrit und Ammoniak mindestens eine physio-