Aus dem Institut für Toxikologie
der Universität Kiel

Direktor: Prof. Dr. Otmar Wassermann

# Überblick über Ergebnisse in der Amalgamforschung und Bestimmung der Quecksilberbelastung von Zahnarztpraxen anhand von Hausstaubproben

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde verfaßt
und der Hohen Medizinischen Fakultät
der Universität zu Kiel

vorgelegt von
Florian Korff
aus München
1992

# I N H A L T

I. Einleitung

II. Überblick über Ergebnisse in der Amalgamforschung

1. Grundlagen über den Werkstoff Amalgam
2. Bisherige Forschungsmethoden und Ergebnisse

III. Bestimmung der Quecksilberbelastung von Zahnarztpraxen anhand von Hausstaubproben

1. Versuchsaufbau
1.1. Quecksilbermessung im Hausstaub von Zahnarztpraxen
1.2. Auswahl der Praxen, Voraussetzungen für die Teilnahme
1.3. Versuchsaufbau und Hilfsmittel
1.4. Vorgehensweise bei der Probensammlung
1.5. Analysemodus der Laboruntersuchung

2. Ergebnisse
2.1. Fragebogenauswertung
2.2. Belastung in Abhängigkeit vom Durchschnittsalter der Praxen
2.3. Belastung in Abhängigkeit von der Anzahl der gelegten/entfernten Amalgamfüllungen
2.4. Gesamtbelastung von Zahnarztpraxen im Vergleich mit Normalwohnungen

3. Verbesserungsvorschläge und Ausblick

IV. Zusammenfassung

Literaturverzeichnis

Anhang

# I. EINLEITUNG

Die Kontroversen über das Thema Amalgam sind beinahe so alt wie das Material selbst.

Befürworter dieses Materials sprechen von den ausgezeichneten mechanischen Eigenschaften, von der leichten Verarbeitungsmöglichkeit und Handhabung, vom günstigen Preis, sowie von der angeblich nicht nachweisbaren Toxizität für Patient und Arzt.

Von Seiten der Gegner werden v.a. gesundheitliche Beeinträchtigungen der Patienten angeführt, welche durch die permanente Inkorporation entstehen können, oder, wie im Falle der Zahnärzte, durch den ständigen Umgang mit diesem zweifelsfrei toxischen Werkstoff.

Zwar werden die Studenten an verschiedenen amalgamverarbeitenden Universitäten bereits vor der toxischen Quecksilberdampfentwicklung, vor allem bei der Politur, gewarnt. Dennoch wird die Amalgamfüllung nach wie vor als die preisgünstigste Alternative zu Edelmetallfüllungen und als mechanisch stabilere Alternative zur Kunststofffüllung im Seitenzahnbereich gepriesen.

Eine Übersicht über bisherige Forschungsergebnisse zum Thema Amalgambelastung leitet die Arbeit ein.

Anschließend soll festgestellt werden, ob, wie, und in welcher Form Zahnarztpraxen mit dem Schwermetall Quecksilber belastet sind.

Zu diesem Zweck werden Hausstaubproben aus Praxen entnommen und auf ihren Quecksilbergehalt untersucht. Dadurch soll ergründet werden, ob vom Arbeitsplatz, an dem sich der Zahnarzt und sein Personal hauptsächlich aufhalten, gesundheitliche Risiken ausgehen, oder ob sich die gemessenen Werte in einem vertretbaren und gesundheitlich unbedenklichen Rahmen bewegen.

Außerdem wird die Frage untersucht, ob der gemessene Gehalt

an Quecksilber im Hausstaub in einer Beziehung zur Anzahl der in der Praxis gelegten bzw. entfernten Amalgamfüllungen steht, und welche Maßnahmen zu einer Verminderung bzw. Vermeidung von Quecksilber im Hausstaub führen können.

Dazu werden Überlegungen verschiedener Techniker und Ärzte erläutert.

## II Überblick über Ergebnisse in der Amalgamforschung

### 1. Grundlagen über den Werkstoff Amalgam

Amalgam ist bis heute das in der Bundesrepublik Deutschland, insbesondere in den alten Bundesländern am meisten verwendete Füllungsmaterial. Jährlich werden nahezu 60 Millionen Amalgamfüllungen gelegt.

Die Legierungen, welche das Quecksilber mit anderen Metallen bildet, werden mit dem Namen Amalgame bezeichnet.[1] Die heute in erster Linie verwendeten Non-Gamma 2 Amalgame enthalten die in der DIN Norm 13904 "Legierungen zum Herstellen von Amalgam" vom November 1981 festgelegten Bestandteile :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Silber | min. | 65 | % |
| Zinn | max. | 29 | % |
| Kupfer | max. | 15 | % |
| Quecksilber | max. | 3 | % |
| Zink | max. | 2 | % |
| Unedelmetalle | max. | 0.05 | % |

In derselben DIN Norm heißt es im Punkt 5.2. Toxizität : "Anmerkung: Wenn spezifische Toxizitätsprüfungen für Amalgame zur Verfügung stehen, werden sie in diese Norm eingeschlossen." Ferner enthält die DIN Norm unter Punkt 7c Vorsichtsmaßnahmen, die sich auf einen Zinkanteil von über 0,05 % beziehen, und die die erhöhte Korrosionsrate solcher Legierungen klarstellen. Die hochsilberhaltigen Amalgame bestehen im wesentlichen aus der Verbindung $Ag_3Sn$, auch Gamma(γ) Phase genannt, welche mit Quecksilber

[1] **Moeller, J., Thoms, H., Real- Enzyklopädie der gesamten Pharmazie, Handwörterbuch für Ärzte, Apotheker und Medizinalbeamte, Bd.1, Berlin,Wien, 1904, S. 512.**

folgendermaßen reagiert :

$$8Ag_3Sn(\gamma) + 33Hg \Longrightarrow 8Ag_3Hg_4(\gamma_1) + Sn_8Hg(\gamma_2) \quad (I)$$

Wie man sieht entstehen aus der Gamma Phase zwei Phasen mit den Namen $\gamma_1$ und $\gamma_2$ Das Quecksilber wird unter Erhärtung abgebaut. Ein Überschuß an unverbrauchtem $\gamma$ wird von beiden entstehenden Phasen aufgenommen.[1 2] Da die $\gamma_2$ Phase wegen ihres Gehaltes an unedlem Zinn sehr korrosionsanfällig ist, sind die sog. Non-Gamma-2-Amalgame entwickelt worden, welche beim Abbinden nur kurzzeitig eine $\gamma_2$ Phase bilden, um dann in eine härtere und durch den höheren Kupferanteil korrosionsbeständigere Eta Phase überzugehen.

$$SngHg + Ag/Cu \Longrightarrow Cu_6Sn_5 + Ag_3Hg_4 \quad (II)$$

Als Summenformel entsteht :

$$Ag_3Sn + Ag/Cu + Hg \Longrightarrow Cu_6Sn_5 + Ag_3Hg_4 \quad (III)$$

Dadurch, daß nun keine $\gamma_2$ Phase mehr auftritt, wird die Eta Phase zur unedelsten Phase der Legierung. Da sie aber kein Quecksilber enthält, ist laut Kropp "selbst im Falle einer Korrosion die Gefahr einer merkuroskopischen Expansion ausgeschaltet."[3] Die Legierung wird nun, je nach Art des

**Kropp, R., Die Non-gamma-2-Amalgame - Ein wichtiger Fortschritt zur Verbesserung des Korrosionsverhaltens von Amalgamfüllungen, Degussa Brief 45, 1979.**

**Kropp, R., Legierungspulver zur Herstellung von Dentalamalgamen. DE-PS 251 1194, zit.n. Kropp, 1979.**

**Riethe, P., Amalgamgutachten 1985, in: Institut der deutschen Zahnärzte (Hrsg.) , Amalgam Pro & Contra, Deutscher Ärzte Verlag, Köln, 1988, S.221.**

**Kropp, R., Persönliche Mitteilung an Prof. Riethe, 1984.**

folgendermaßen reagiert :

$$8Ag_3Sn(\gamma) + 33Hg \Longrightarrow 8Ag_3Hg_4(\gamma_1) + Sn_8Hg(\gamma_2) \quad (I)$$

Wie man sieht entstehen aus der Gamma Phase zwei Phasen mit den Namen $\gamma_1$ und $\gamma_2$. Das Quecksilber wird unter Erhärtung abgebaut. Ein Überschuß an unverbrauchtem $\gamma$ wird von beiden entstehenden Phasen aufgenommen.[1 2] Da die $\gamma_2$ Phase wegen ihres Gehaltes an unedlem Zinn sehr korrosionsanfällig ist, sind die sog. Non-Gamma-2-Amalgame entwickelt worden, welche beim Abbinden nur kurzzeitig eine $\gamma_2$ Phase bilden, um dann in eine härtere und durch den höheren Kupferanteil korrosionsbeständigere Eta Phase überzugehen.

$$Sn_8Hg + Ag/Cu \Longrightarrow Cu_6Sn_5 + Ag_3Hg_4 \quad (II)$$

Als Summenformel entsteht :

$$Ag_3Sn + Ag/Cu + Hg \Longrightarrow Cu_6Sn_5 + Ag_3Hg_4 \quad (III)$$

Dadurch, daß nun keine $\gamma_2$ Phase mehr auftritt, wird die Eta Phase zur unedelsten Phase der Legierung. Da sie aber kein Quecksilber enthält, ist laut Kropp "selbst im Falle einer Korrosion die Gefahr einer merkuroskopischen Expansion ausgeschaltet."[3] Die Legierung wird nun, je nach Art des

**Kropp, R., Die Non-gamma-2-Amalgame - Ein wichtiger Fortschritt zur Verbesserung des Korrosionsverhaltens von Amalgamfüllungen, Degussa Brief 45, 1979.**

**Kropp, R., Legierungspulver zur Herstellung von Dentalamalgamen. DE-PS 251 1194, zit.n. Kropp, 1979.**

**Riethe, P., Amalgamgutachten 1985, in: Institut der deutschen Zahnärzte (Hrsg.) , Amalgam Pro & Contra, Deutscher Ärzte Verlag, Köln, 1988, S.221.**

**Kropp, R., Persönliche Mitteilung an Prof. Riethe, 1984.**

Amalgams, zu gleichen Teilen mit Quecksilber vermengt und so in die Kavität eingebracht. Damit enthält der fertig angemischte Füllungsstoff ca. 53% Quecksilber.

Amalgam wird fast ausschließlich für Kavitätenformen der Klassifikation Black I,II, oder V verwendet.[1]

Ein wesentlicher Bestandteil des Amalgams ist das Quecksilber, das in folgenden Verbindungen vorliegen kann:

- elementares Quecksilber
- anorganisches Quecksilber in Dampfform
- organisches Quecksilber [2]

Elementares Quecksilber liegt als Dampf oder im Speichel gelöst vor [3] und kann daher entweder über die Nase eingeatmet (80%)[4] und zu 20 % über den Respirationstrakt direkt resorbiert,[5] oder verschluckt werden.[6] Nähere Untersuchungen über die Resorptionsgeschwindigkeit wurden bisher nicht durchgeführt, so daß über die Resorptionsquote keine genauen Angaben gemacht werden können. Fest steht allerdings, daß Quecksilber in relativ hohen Konzentrationen resorbiert wird (Schlucktest), und daß sich elementares Quecksilber wegen seiner Lipidlöslichkeit sowohl im Groß- und Kleinhirn als

**1** **Heidemann, D., in : Praxis der Zahnheilkunde, Bd. 2, Zahnerhaltung I, Urban & Schwarzenberg, 1987,.S.95ff.**

**2** **Ohnesorge, F.K., Zur Frage der Toxikologie von Quecksilber aus Amalgamfüllungen. Referat anläßlich des Symposiums "Zur Frage der Nebenwirkungen bei der Versorgung kariöser Zähne mit Amalgam", Köln 1981, S. 258.**

**3** **Daunderer, M., persönliche Mitteilung, 1991.**

**4** **Ebenda.**

**5** **Nylander, M., Letter: Mercury in pituitary glands of dentists. Lancet Feb.8, 1986.**

**6** **Ziff, S.,Ziff, M., Infertility and Birth defects, Orlando.,Florida, 1987, S. 110.**

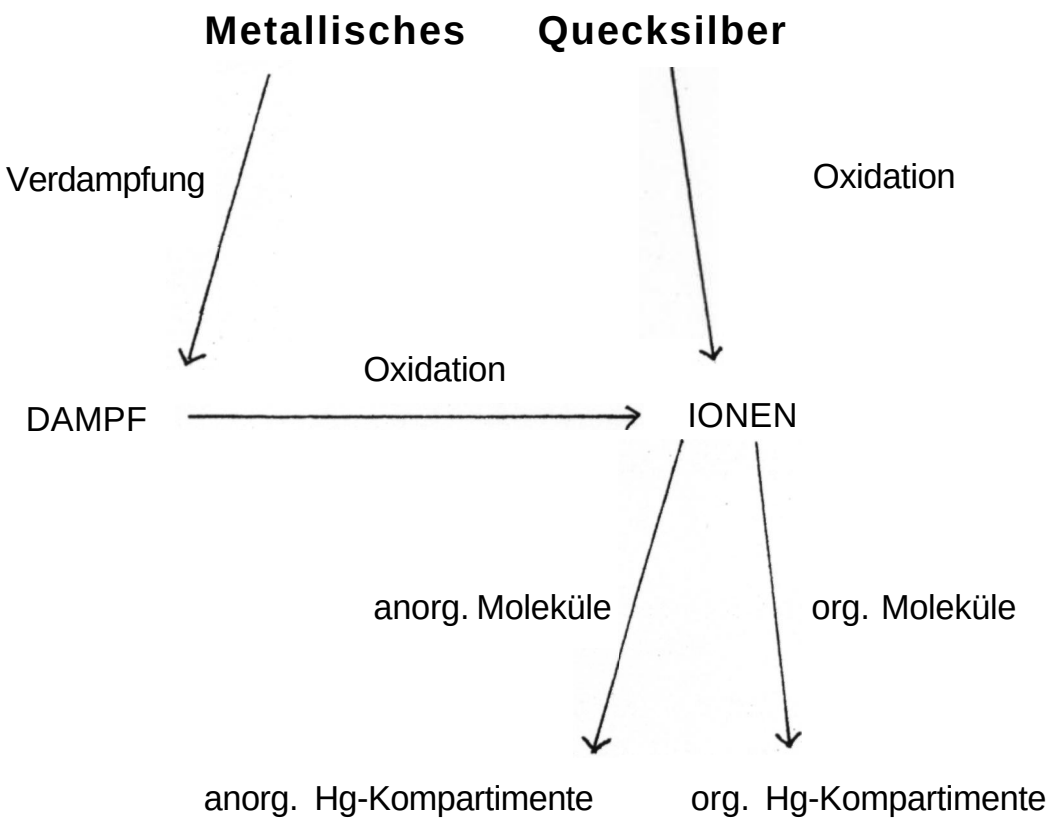
auch im Feten ablagern kann. (vgl. Plazentagängigkeit von Hg)[1] Elementares Quecksilber wird durch Magen-Darm- Bakterien methyliert und damit in die extrem leicht resorbierbare Form übergeführt.[2] Diese hat eine besonders hohe Bindungsaffinität zu Sulfhydrylgruppen und Proteinen. Auch für Quecksilberionen ist eine Resorptionsquote bislang unklar. Besonders stark angereichert werden Quecksilberionen in Leber und Niere sowie in anderen parenchymatösen Organen. Die Ionenform kann nicht im Gehirn und Fetus gebunden werden.

Quecksilber, das nicht über Kot und Urin ausgeschieden wird, kann sich in tieferen Kompartimenten wie im Klein- oder Großhirn festsetzen und hat dort eine Halbwertszeit von bis zu 18 Jahren. Auch Leber- und Nierenkompartimente sind wahrscheinlich.

Ein qualitativer und quantitativer Nachweis dieses Quecksilbers ist laut Till und Daunderer jederzeit durchführbar.

[1] **Ebenda, S. 69 ff.**

[2] **Daunderer, M., persönliche Mitteilung, 1991.**




**Hg-Transformation nach Ziff** [1]

[1] **Ziff S., Infertility and Birth defects, a.a.O.,1987, S.22.**

## 2. Bisherige Forschungsmethoden und Ergebnisse

Es ist für alle Beteiligten von größtem Interesse, daß von den in der Zahnarztpraxis verwendeten Materialien keinerlei Risiko für den Patienten sowie auch für den Zahnarzt und dessen Personal ausgeht.

Neben vielen anderen Noxen, rückt das Quecksilber als Bestandteil der Amalgame immer mehr in das Feld allgemeinen Interesses. Eine Grundlage vieler Untersuchungen über die Schwermetallbelastung von Patient und Zahnarzt, liefert die von der "Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe der Deutschen Forschungsgemeinschaft" veröffentlichte Liste von MAK Werten.

> "Der MAK Wert (Maximale Arbeitsplatz-Konzentration) ist die höchstzulässige Konzentration eines Arbeitsstoffes als Gas, Dampf oder Schwebstoff in der Luft am Arbeitsplatz, die nach dem gegenwärtigen Stand der Kenntnis auch bei wiederholter und langfristiger, in der Regel täglich 8-stündiger Exposition, jedoch bei Einhaltung einer durchschnittlichen Wochenarbeitszeit von 40 Stunden, im allgemeinen die Gesundheit der Beschäftigten nicht beeinträchtigt und diese nicht unangemessen belästigt.
>
> In der Regel wird der MAK Wert als Durchschnittswert über Zeiträume bis zu einem Arbeitstag oder einer Arbeitsschicht integriert. Bei der Aufstellung der MAK Werte sind in erster Linie die Wirkungscharakteristika der Stoffe berücksichtigt, daneben aber auch - soweit möglich - praktische Gegebenheiten der Arbeitsprozesse bzw. der durch diese bestimmten

Expositionsmuster. Maßgeblich sind dabei wissenschaftlich fundierte Kriterien des Gesundheitsschutzes, nicht die technischen und wirtschaftlichen Möglichkeiten der Realisation in der Praxis."[1]

Der MAK Wert für Quecksilberdampf beträgt in der Bundesrepublik 0,1 mg $Hg/m^3$. Dieser Wert stützt sich allerdings auf eine Tierversuchsreihe von 1959.[2]

Angesichts der allgemeinen Problematik, die in einem Tierversuch gewonnenen Daten auf den Menschen zu übertragen, sowie zahlreicher empirischer Beobachtungsergebnisse verschiedener Forscher und Ärzte, muß dieser Wert besonders kritisch betrachtet werden. Wie vorsichtig man den MAK-Wert einschätzen muß, geht aus der Tatsache hervor, daß er in den USA und den meisten anderen westlichen Industriestaaten mit lediglich 0.05 mg $Hg/m^3$ festgelegt wurde (in der Schweiz liegt er sogar bei 0.01 mg $Hg/m^3$, was einem Zehntel des deutschen Wertes entspricht).[3]

"Schließlich gilt auch bei der MAK die zeitliche Begrenzung der Exposition auf 8 Stunden pro Tag an 200 Arbeitstagen im Jahr. Es ist irreführend und unrichtig, eine am Arbeitsplatz für eine Dauer von 8 Stunden gerade noch tolerierte, maximal zulässige Konzentration eines Schadstoffes als Maßstab für eine Exposition gegenüber dieses Schadstoffes auch im

**Deutsche Forschungsgemeinschaft MAK und BAT 1985, Mitteilung XXI der Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe der DFG.**

**Vgl., Nothdurft, W., Über die maximale Arbeitsplatzkonzentration des Quecksilberdampfes. Zbl.Arbeitsmed 9, 1959, 1959, S.263.**

**Vgl., Koch, W., Weitz, M., Amalgam - Wissenschaft und Wirklichkeit, öko-Institut, Institut für angewandte Ökologie, Freiburg 1991, S. 46.**

Privatbereich während 24 Stunden auszugeben."[1] Dies gilt umso mehr, da der Wert 0,1 mg $Hg/m^3$ bei sehr vielen Untersuchungen als Grundlage und damit Beweis für die Ungefährlichkeit herangezogen wird.

Ein weiterer Grenzwert, der an dieser Stelle aufgeführt werden muß, ist der BAT Wert. Der BAT- Wert (Biologischer Arbeitsstoff-Toleranz-Wert) ist die beim Menschen höchstzulässige Quantität eines Arbeitsstoffes bzw. Arbeitsstoffmetaboliten oder die dadurch ausgelöste Abweichung eines biologischen Indikators von seiner Norm, die nach dem gegenwärtigen Stand der wissenschaftlichen Kenntnis im allgemeinen die Gesundheit der Beschäftigten auch dann nicht beeinträchtigt, wenn sie durch Einflüsse des Arbeitsplatzes regelhaft erzielt wird.

Wie auch bei den MAK-Werten wird eine Arbeitszeit von 40 Stunden wöchentlich und max. 8 Stunden pro Tag zugrunde gelegt. BAT-Werte können als Konzentrationen, Bildungs- oder Ausscheidungsraten (Menge/Zeiteinheit) definiert sein. BAT - Werte sind als Höchstwerte für gesunde Einzelpersonen konzipiert. Sie werden unter Berücksichtigung der Wirkungscharakteristika der Arbeitsstoffe und einer angemessenen Sicherheitsspanne in der Regel für Blut und/oder Harn aufgestellt.

Der BAT Wert für anorganische und metallische Quecksilberverbindungen beträgt 200 µg/1 Harn und 50 µg/1 Vollblut. Organische Quecksilberverbindungen haben einen BAT Wert von 100 µg/1 Vollblut. (Problematik des unvollständigen Übertrittes in die Blutbahn)

**Vgl., Störtebecker, P., Mercury Poisoning from Dental Amalgam - A Hazard to Human Brain, Störtebecker Foundation for Research, Stockholm, Sweden, 1985, zit. n. Koch W., Amalgam - Wissenschaft u..Wirklichkeit, 1990, S. 49.**

Im folgenden soll ein Überblick darüber gegeben werden, welche Ergebnisse von Messungen über die Quecksilberbelastung von Patient und Zahnarzt bisher durchgeführt wurden und wie diese Ergebnisse wissenschaftlich interpretiert werden.

Canzerogene Wirkung von Hg bei Ratten
Halbwertszeiten und Kompartimente
Quecksilberbelastung von Nahrungsmitteln
Messung von Hg im Harn (BAT) Stuhl und Blut
Probleme bei der Messung des Blutgehalts
nur bedingte Rückschlüsse auf tatsächlich erfolgte Resorption möglich
Hg in Kopfhaaren Fingern und Nägeln
Hg Anreicherung im Kieferknochen u. Zahnhartsubstanzen, Tumoren
Hg in Hirn und Nieren
Allergien
Fehlbildungen aufgrund von Hg-intoxikation
Plazentagängigkeit
Vergiftungssymptome
Immunsuppression
Freisetzung aus Füllungen
Entfernung von Füllungen
Messung von Hg im Speichel
Galvanisches Element
Entsorgung von Sondermüll
Messung von Quecksilberdampf in einem Raum definierter Größe
Messung von Quecksilberdampf beim Verdichten und Polieren
Hg-Dampf entwicklung in Abhängigkeit vom Dosier und Anmischmodus
Hg Dampfentwicklung in Abhängigkeit von der Lüftung
Untersuchungen an Hypophysen von Zahnärzten

- Canzerogene Wirkung von Hg bei Ratten

Drukrey und Mitarbeiter verabreichten 39 Ratten innerhalb von 14 Tagen zwei intraperitoneale Injektionen von 0,05 ml metallischen Quecksilbers. An 5 von 12 Ratten, die 22 Monate nach Versuchsbeginn noch lebten, wurden im Bauchraum polymorphe Spindelzellsarkome festgestellt. Die Tumoren wurden zwischen dem 22. und 27. Monat nach Einsetzen der Behandlung beobachtet. Da in entfernten Organen keine Neubildungen auftraten, wurden die Sarkome als das Ergebnis einer lokalen Quecksilberwirkung betrachtet. So konnten in allen Tumoren Quecksilberkügelchen makroskopisch und mikroskopisch nachgewiesen werden. Aus der Tatsache, daß die Tumorzellen Pigmentkörnchen enthielten, die offenbar Quecksilber-Proteinverbindungen darstellten, wurde geschlossen, daß ein Teil des Quecksilbers durch Gewebsflüssigkeit in Lösung gebracht wurde und dann in die Zellen gelangt ist.[1]

- Halbwertszeiten und Kompartimente

Die Halbwertszeit von Quecksilber im Blut wird beim Menschen mit 40-60 Tagen angegeben. In dieser Zeit werden 80-90% der Körperlast ausgeschieden. Die restlichen 10-20% haben längere Halbwertszeiten und repräsentieren kleine, tiefe Kompartimente in denen sich Quecksilber anreichert. Derartige tiefe Kompartimente wurden im Groß- und Kleinhirn nachgewiesen. Hier beträgt die Halbwertszeit von Quecksilber

**Vgl., Drukrey, H., Hamperl, H., Schmähl, D., Canzerogene Wirkung von metallischem Quecksilber nach intraperitonealer Gabe bei Ratten , Z.Krebsforsch.61, 1957, S 511-519.**
**Piechotta W., Witting, U., Canzerogene, mutagene und immunsystembezogene Wirkungen von Blei, Cadmium und Quecksilber, Forschungsbericht Nr.347, Bd. 1, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Unfallforschung, Dortmund 1983, S.20f.**

bis zu 18 Jahre.[1] Weitere tiefe Kompartimente in Leber und Nieren sind wegen der Bindung an Metallothionein wahrscheinlich.[2]

- Quecksilberbelastung von Nahrungsmitteln

Hierzu ist zu bemerken, daß die Quecksilberaufnahme durch die Nahrung eines der umstrittensten Themen unter Wissenschaftlern darstellt. Selbst wenn sie relativ niedrig ist, kann sie sich dennoch vor allem für den Zahnarzt und das Praxispersonal kumulierend auswirken, falls die Untersuchung über die Resorption willentlich oral inkorporierten Quecksilbers (s.u.) zutreffen.

Schiele geht in seiner Untersuchung davon aus, daß keine "wesentliche Kumulation von Nahrungsquecksilber im Organismus" vorhanden sei und somit ein kumulierender Effekt nicht eintritt. Bei ihm wird der BAT-Wert in keinem Falle überschritten. Daunderer schreibt vom Eigenversuch des Leiters der Wiener Giftnotrufzentale, der 100g metallisches Quecksilber getrunken hat und durch genaue Messungen der Ausscheidung, eine Resorption des Quecksilbers nachweist.

| Datum | Werte Hg | |
|---|---|---|
| 13.2.1975 | 100g Hg getrunken | |
| 14.2.1975 | 1,0 | µg/1 im Urin |
| 15.2.1975 | 0,85 | µg/1 im Urin |
| 16.2.1975 | 16,8 | µg/1 im Urin |
| 17.2.1975 | 17,4 | µg/1 im Urin |
| 7.3.1975 | 45,0 | µg/1 im Urin |
| 15.4.1975 | 81,6 | µg/1 im Urin |
| 14.5.1975 | 66,0 | µg/1 im Urin |

**Selbstversuch des Leiters der Wiener Giftzentrale** [3]

[1] **Daunderer, M., persönliche Mitteilung, 1991.**

[2] **Vgl., Riethe P., Amalgamgutachten 1985, a.a.O., S.259.**

[3] **Daunderer.M.,Handbuch der Umweltgifte, eco-med.München 1990, III-3, S.8.**

Da ein Teil des Quecksilbers im Blinddarm hängen blieb, persistierten die hohen Hg-Werte lange Zeit. Die teilweise Resorption auch von metallischem Quecksilber wurde hiermit bewiesen.

- Messung von Hg im Harn (BAT) Stuhl und Blut

Schon 1964 wurde von Goldwater[1] festgestellt, daß nur ein sehr geringer Zusammenhang zwischen der Urinausscheidung von Quecksilber, und sichtbaren Vergiftungserscheinungen besteht. Magos schreibt, daß z.B. eingeatmetes Quecksilber das Blut sehr schnell verläßt und sich im Bindegewebe bzw. im interstiziellen Raum ansammelt. Blutuntersuchungen von quecksilberbelastetem Blut müßten daher sofort nach der eigentlichen Exposition durchgeführt werden, um die erhöhten Werte, die durch die Exposition (Inhalation) entstehen, genau nachweisen zu können.[2]

Um genaue Meßwerte aus Urinproben bekommen zu können, muß nach Satho 1981[3] folgendes beachtet werden ;

1. Die Probe muß sofort nach der Sammlung mit einer eisigen Ethanollösung versetzt werden
2. Diese Mischung soll bei 0 Grad C aufbewahrt werden
3. Quecksilberdampf, der in der Probe enthalten ist, muß innerhalb von 60 Minuten, wenn möglich nach 30 Minuten bestimmt werden.
4. Urin muß gefroren werden
5. Quecksilberdampf muß so schnell wie möglich bestimmt werden. (10 Minuten)

**Vgl., Goldwater, L.J., Ladd, A.C., Jacobs, B., Absorbtion and excretion of mercury in man: VII Significance of mercury in blood. Arch Environ Health.9, 1964, S.735-741.**

**Vgl., Ziff, S., Ziff, M., Infertility and birth defects, a.a.O., S. 276.**

**Ebenda, S. 277.**

Diese Vorgehensweise wurde auch von Ohnesorge 1981 bestätigt.[1] Er fand heraus, daß die Konzentration von Quecksilber in Blut und Harn nur schwach mit den verschiedenen klinischen Symptomen und ihrem Ausprägungsgrad korrelieren. Die Blut- und Harnmessung erlaubt daher nur bedingte Rückschlüsse auf das Ausmaß der tatsächlich erfolgten Resorption.

Im Stuhl werden nach Untersuchungen von Kreisler 1978 und Link 1979[2] durchschnittlich 8 µg Quecksilber/Tag ausgeschieden, wobei die Anzahl der Amalgamfüllungen der jeweiligen Probanden unbekannt blieb. Daunderer fand als Grenzwert amalgamfreier Patienten weniger als 2 µg/kg Quecksilber im Stuhl.[3] Im Spontanurin von Zahnärzten und Helferinnen liegt der Belastungswert um 50% höher als beim Kontrollkollektiv.[4]

Auch Ott untersuchte 1984 die Hg-Konzentration in Harn und Blut und konnte keinen Unterschied der Konzentration zwischen Personen mit und ohne Amalgam feststellen. Die Einzelwerte liegen auch hier unter den toxikologischen Grenzwerten (BAT-Wert).5

**Vgl., Ohnesorge, F.K., Quecksilber aus Amalgamfüllungen, a.a.O., 1981.**

**Vgl., Kreisler, M., Untersuchungen zur normalen Belastung des Menschen mit Quecksilber durch die Nahrung, Med. Diss. Erlangen, 1978, zit. n. Riethe, P., a.a.O., S.237.**

**Link, G., Untersuchungen zur Quecksilberkonzentration von Lungengewebe und Blut von Verstorbenen in verschiedenen Lebensräumen in der Bundesrepublik Deutschland, Med. Diss., Erlangen, Nürnberg, 1979, zit. n. Riethe, P., a.a.O., S.237.**

**Daunderer, M.,a.a.O.,1991.**

**Riethe, P., a.a.O., S.236.**

**Vgl., Ott, K. H. R., Loh, F., Kröncke, A., Schaller, K-H., Valentin, H., Weltle, D., Erlangen, Zur Quecksilberbelastung durch Amalgamfüllungen. Deutsche Zahnärztliche Zeitung 39, 1984, S.199.**

- Hg in Kopfhaaren Fingern und Nägeln

Zwar erreichen in einzelnen Messungen die festgestellten Ergebnisse toxische Werte[1], trotzdem bleiben die Messungen an Kopfhaaren und Fingernägeln problematisch, da sie nur einen relativ schwankungsabhängigen Mittelwert liefern. Dennoch besteht ein interessanter Zusammenhang zwischen Hg-exponierten und nicht Hg-exponierten Versuchsgruppen, wie Lenihan et al. 1973 untersuchten. Das Ergebnis ist in folgender Tabelle zusammengestellt:[2]

| | Hg-Exposition | ohne Hg-Exposition |
|---|---|---|
| Fingernägel | 68,0-16,9 ppm | 3,39 ppm |
| Kopfhaare | 9,57-9,35ppm | 4,02 ppm |

Daunderer stellte fest, daß derartige Messungen keine Auskunft über chronische Quecksilbervergiftungen geben können.[3]

- Hg Anreicherung im Kieferknochen und Zahnhartsubstanzen

Die Anreicherung von Quecksilber in einem mit einer Amalgamfüllung versehenen Zahn ist bewiesen. Sie ist von folgenden Parametern abhängig : Alter des Patienten, Durchmesser der Dentinkanälchen, Vorliegen einer Unterfüllung, Größe der Füllung, Füllung mit oder ohne Randspalt, Zustand der Zahnhartsubstanz (Karies), Vitalität des Zahnes, Zusammensetzung des Amalgams. Durch die

**Vgl., Sinclair, P.M., Turner, P.R.C., Johns, R.B., Mercury levels in dental students and faculty, measured by neutron activation analysis, J. Prosth. Dent. 43, 1980, S 581, zit. n. Riethe, P., a.a.O., S.237.**

**Vgl., Lenihan, J. M. A., Smith, H., Harvey, W., Mercury Hazards in dental-practice. British Dental Journal 135, 1973, S. 365.**

**Daunderer, M., a.a.O., 1991.**

Dentinkanälchen kann, besonders bei fehlender Unterfüllung, Quecksilber in den Alveolarknochen "diffundieren". Dort können unter Umständen größere Hg-Depots nachgewiesen werden.(bis zu 80 Mio µg/kg Hg, 70 Mio µg/kg Sn plus Ag und Cu)[1]

Auch wenn als Antagonist eines amalgamgefüllten Zahnes eine Goldgußfüllung oder Goldkrone vorhanden ist, kann man erhöhte Werte an Quecksilber in der Wurzel des amalgamgefüllten Zahnes feststellen.[2]

- Hg in Hirn und Nieren

Schiele et al. haben 1981 eine Hg-Konzentration im Nierengewebe gemessen, die im Mittel bei 187 µg/kg lag, allerdings Spitzenwerte von bis zu 1623 µg/kg besaß, ( im Gehirn zw. 0,5 µg/kg und 440 µg/kg, Median 5,1 µg/kg). Außerdem stellten sie fest, daß ein Zusammenhang zwischen der Quecksilberkonzentration im Gehirn und in den Nieren gegenüber der Anzahl der bewerteten Flächen von Amalgamfüllungen bestand. Auch fand sich eine Korrelation zwischen dem Alter und dem Quecksilbergehalt des Gehirns. Die Forschergruppe kommt zu der Erkenntnis, daß eine "abschließende toxikologische Beurteilung und Verallgemeinerung der bisherigen Ergebnisse nicht zulässig erscheint. Diese Ergebnisse sollen daher weder dramatisiert noch verharmlost werden."[3]

- Allergien

White und Brand haben eine Untersuchung durchgeführt nach der Studenten während der Ausbildung zunehmend Hypersensibilitäten gegenüber Amalgam entwickeln. Des weiteren kommen in der Zahnarztpraxis sehr viele Allergene

**Daunderer, M., a.a.O., 1991.**

**Daunderer, M., a.a.O., 1991.und Riethe, P., a.a.O., S.238.**

**Ebenda, S.238.**

vor, die in diesem Zusammenhang nicht unberücksichtigt bleiben dürfen.[1] [2]

Allergienachweise können unter anderem auch mit Hilfe der Elektroakupunktur nach Voll vorgenommen werden (Thomson, Ruf, Türk). Ein Testsatz der dentalen Werkstoffe wurde von Thomson (Hamburg) zusammengestellt.

Daunderer nennt die Allergie als eine der Leitsymptome bei einer Quecksilberintoxikation. Dagegen kommen Quecksilberkontaktallergien verhältnismäßig selten vor. Nach Herrmann 1967 können zahnärztliche Therapeutika und Werkstoffe bei vorübergehendem oder andauerndem Verbleib in der Mundhöhle zur Auslösung allergischer Reaktionen führen.

Die Auslösung von Allergien alleine durch Quecksilber wird von vielen Forschern als sehr gering eingestuft.[3]

Auch Daunderer schreibt , daß ein Allergietest relativ sinnlos sei, wenn nicht die anderen Bestandteile des Amalgams ebenfalls berücksichtigt würden. Diese sind org. Kupfer, Zink, Zinn, Silber, Eisen, Nickel und Cadmium.[4]

- Fehlbildungen aufgrund von Hg-Intoxikation

Ziff spricht in seinem Buch von Quecksilber, das aufgrund der Plazentagängigkeit auf den Feten übergehen kann. Auf diese Weise kommt es zu Veränderungen der Zellstruktur (Nucleus

**Vgl., White, R., Brandt, L., Development of mercury hypersensitivity among dental students, Journal of American Dental Ass. Journal 92, 1976.**

**Vgl., Schiele, R., Freitag, E., M., Schaller, K.-H., Schellmann, B., Weltle, D., Untersuchungen zur normalen Quecksilberkonzentration menschlicher Organe, Zbl. Bakt. Hyg., I.Abt. Orig. B. 173, S.45, 1981, zit. n. Riethe, P., a.a.O., S. 238.**

**Vgl., Herrmann, D., Allergie und Zahnheilkunde aus zahnärztlicher Sicht, Deutsche zahnärztliche Zeitung 40, 1985, S. 360.**

**Vgl., Daunderer, M., a.a.O., 1990.**

oder Zellwand) die zu Fehlbildungen des Feten führen können.

Auch die Blut-Hirn Schranke wird durch Quecksilber durchdrungen.[1]

Tumoren: In einem Blasencarcinom eines Patienten, der 10 Jahre ein zahnloses Gebiß hatte, wurden 253 000 µg /kg Quecksilber neben Zinn und Kupfer aus Amalgam gemessen. Ähnliches ist vom Hirnstamm, Mamma-Ca und anderen Tumoren bekannt.[2]

- Vergiftungssymptome

Die Vergiftungssymptome, die mit einer Hg-Intoxikation einhergehen, können laut Daunderer wie folgt benannt werden (Leitsymptome):

Allergie
Antriebslosigkeit
Kopfschmerzen
Schwindel
Infektanfälligkeit

Neben den Leitsymptome gibt es noch eine Reihe von Begleitsymptomen.

Laborchemisch findet man einen erhöhten Cholesterinanteil, erniedrigtes Serumeisen, sowie erhöhtes IgG, IgM und MCV.

- Immunsupression

Nach intraperitonealer Gabe von metallischem Quecksilber entwickelten sich Spindelzellsarkome im Bauchraum. In Mutagenesestudien konnte v.a. für organische Hg-Verbindungen eine akut verändernde Wirkung nachgewiesen werden. Immunologische Studien zeigten, daß die Beeinträchtigung des B-Lymphozytensystems ein bedeutender

**Vgl., Ziff, S., Ziff, M., a.a.O., 1987.**

**Daunderer, M., a.a.O., 1991.**

Faktor bei der quecksilberinduzierten Immunsuppression ist. Eine Schwächung des Immunsystems durch Absenken der T-Lymphozyten durch Quecksilber wurde durch Eggleston nachgewiesen.[1]

- Freisetzung aus Füllungen und Messung von Hg im Speichel

Über die Freisetzung von Quecksilber aus Amalgamfüllungen ist sich die Wissenschaft nur in folgenden Fakten einig :

1. **Der Quecksilberdampfgehalt in der ausgeatmeten Luft von Patienten mit Amalgamfüllungen ist ca. um den Faktor 4 höher als bei Patienten ohne Amalgamfüllungen.**[2]
2. **Quecksilberdampf wird durch Kauen, z.B. von Kaugummi aus den Füllungen freigesetzt und beispielsweise ins Gehirn eingelagert.**
3. **Mit der Anzahl, der Größe und der Oberfläche der Füllungen nimmt die Menge des freigesetzten Quecksilbers zu.**

Mayer und Diehl stellten 1976 fest, daß "besonders die frisch gelegte Amalgamfüllung relativ viel Quecksilber abgibt. Am ersten Tage sind dies über 50% der gemessenen Gesamtquecksilbermenge, am dritten Tage bereits über 80% und am siebenten über 95% der gemessenen Gesamtquecksilbermenge..."[3]

Dieses Quecksilber wird eingeatmet, verschluckt und wie die

[1] **Vgl., Eggleston, D. W., Effect of dental amalgam and nickel alloys on T-lymphocytes, Preliminary report J Prosth. Dent. 51-57, 1984, S.617.**

[2] **Riethe, P., a.a.O., S.238.**

[3] **Mayer, R., Diehl, W., Abgabe von Quecksilber aus Amalgamfüllungen in den Speichel, Deutsche zahnärztliche Zeitung 31, 1976, S. 857.**

Untersuchungen zur Resorption zeigen, wahrscheinlich zu einem bestimmten Anteil resorbiert. Anschließend ist eine Ablagerung in tiefen Kompartimenten nicht auszuschließen.

Die Quecksilberabgabe bei allen Füllungen erhöht sich bei täglichem Zähneputzen.

Laut Kropp errechnet sich bei einer sehr großen Füllungsoberfläche bei guter Mundhygiene eine tägliche Hg-Belastung von bis zu 3,4 µg/d. Kropp schließt daraus, daß der Grenzwert der WHO, der bei 43 µg/d liegt, selbst bei einer zusätzlichen Hg-Aufnahme aus der Nahrung von ca. 3 µg/d noch deutlich unterschritten wird.[1]

Dagegen stehen die Untersuchungen von Abraham der sagt, daß nach dreiminütigem Kaugummikauen die Quecksilberkonzentration bei Amalgamfüllungsträgern "signifikant" ansteigt, während bei Personen ohne Amalgamrestauration die Hg-Konzentration keine Änderung erkennen läßt.[2]

Auch Ott et al. 1984 konstatieren, daß nach 10-minütigem Kaugummikauen Quecksilberwerte von bis zu 193 µg/l Speichel (Median 13 µg/l) registriert werden.

- Entfernung von Füllungen

Wie beim Polieren von Amalgamfüllungen entsteht auch beim Entfernen eine große Menge an toxischem Quecksilberdampf. Besonders gefördert wird die Dampfentstehung durch die Verwendung von Turbinen bei unzureichender Absaugung.

Daher schlägt Ott bereits 1984 vor, die Füllungsentfernung möglichst niedertourig vorzunehmen (s.u.)

**Vgl., Riethe, P., a.a.O., S.238 ff.**

**Abraham, J.E., Svare, C.W., Frank, C.W., The effect of dental amalgam restorations on blood mercury levels. J Dent.Res. 63(1), 1984, S.71ff.**

Bei der Entfernung von Füllungen entsteht ein Hg-Dampf, der sich um einen Mittelwert von 0,85 mg/m$^3$ bewegt. Dieser Wert liegt etwa achtmal höher als der zulässige MAK-Wert. Ein Kofferdam reduziert die Hg- Aufnahme im Körper um das Vierfache (DMPS-Test).[1]

- Galvanisches Element, Mundstrom,

Ein galvanisches Element in der Mundhöhle entsteht immer dann, wenn verschiedene Legierungen bzw. Amalgame im Mund vorhanden sind. In Abhängigkeit vom pH-Wert des Speichels entstehen unterschiedliche Potentiale. Die Spannung kann mit Hilfe geeigneter Meßverfahren direkt zwischen einer Füllung und einem Bezugspunkt gemessen werden.

Aufgrund von Mundstrom und Mundspannungsmessungen kann der Korrosionsnachweis geführt werden. Besonders korrosionsanfällig sind Versorgungen, die entweder als Antagonisten oder als metallisch leitende Verbindung zum Nachbarzahn Kontakte zwischen Gold- und Amalgamfüllungen aufweisen. Durch diesen Stromweg fließt die Summe der Kurzschlußströme beider galvanischen Elemente. Diese Kurzschlußströme können für Sekundenbruchteile 100 uA überschreiten, um nach wenigen Sekunden wieder abzufallen.[2] "Bemerkenswert sind die Dauerströme zwischen zwei Amalgamfüllungen , also zwischen zwei Füllungen aus der gleichen Metallsorte. Diese Ströme sind nur wenig kleiner als die Ströme zwischen verschiedenartigen Metallen."[3] Spannungen, Feldstärken und die Wirkung von Strömen können z.B. in Schleimhautveränderungen an der Zunge neben den Metallen sichtbar werden.

**Daunderer, M., a.a.O., 1991.**

**Riethe, P., a.a.O., S.243.**

**Lukas, D., Elektrische Strommessungen und Erkrankungen der menschlichen Mundschleimhaut, Deutsche Zahnärztl. Z. 36, 1976, S.144ff.**

Aufgrund der elektrochemischen Verhältnisse im Mund kann Quecksilber, das sich aus Amalgamfüllungen löst, auch in der Zahnwurzel[1] und im Alveolarknochen[2] nachgewiesen werden.

Korrosion und Vergiftung korrelieren nicht miteinander.

- Entsorgung von Sondermüll

Nach den Bestimmungen vom 1.1.1989 muß jede Zahnarztpraxis mit einem Amalgamabscheider ausgerüstet sein, der eine sichere Verwahrung der Quecksilberrückstände unter Wasser gewährleisten soll und eine Rückhaltung von über 95% aus dem Abwasser sicherstellen muß.

Auf diese Weise soll verhindert werden, daß Quecksilber in größeren Mengen in die Kanalisation gelangt. Diese quecksilberhaltigen Rückstände werden anschließend als Sondermüll entsorgt. Es gibt bereits Firmen, die sich auf die Entsorgung von Praxen spezialisiert haben. (Amalgam darf nicht per Post versandt werden).

An dieser Stelle muß sich jeder Wissenschaftler, der Amalgam befürwortet, fragen lassen, zu welchem Zeitpunkt das Amalgam zum Sondermüll wird ; vor der "Implantation" in den Körper oder erst nach der Entfernung.

- Messung von Quecksilberdampf in einem Raum definierter Größe

Unter dem Gesichtspunkt der Quecksilberdampfbelastung ergeben sich folgende Forderungen:

1. Raummindestvolumen 50 $m^3$
2. glatter, fugenloser Fußboden mit hochgezogener Randleiste
3. kein Parkett oder Teppichboden

**Vgl., Till, T., Schubert, K., Bericht über Spurenanalysen an menschlichen Zähnen, Zahnärztliche Welt 86, 1977, S.66ff.**

**Vgl., Till, T., Maly, K., Quecksilber in Zahnwurzeln und Kieferknochen, Zahnärztliche Welt 87, 1978, S.288ff.**

4. es müssen Fenster in ausreichender Zahl vorhanden sein um den Raum regelmäßig zu belüften
5. bei vollklimatisierten Räumen, Rückführung der Luft in den Raum über einen wirksamen Quecksilberfilter leiten oder besser beständig Frischluft zuführen
6. einwandfreie Reinigung des Raumes muß gewährleistet sein
7. sorgfältige Aufnahme von verschüttetem Quecksilber durch Jodkohle, Zinnfolie, Schwefelblüte, Mercurisorb.

Würden alle diese Maßnahmen eingehalten werden, wäre ein großer Schritt in Richtung Quecksilberdampfvermeidung getan.[1]

Kropp hat 1964 in einem hermetisch abgeschlossenen Zimmer mit ca 50 $m^3$ Rauminhalt eine Schale mit 300 g Quecksilber aufgestellt. Die freie Oberfläche betrug 57 $cm^2$. Drei Stunden später hatte sich ein Grenzwert von 0,04 $mg/m^3$ eingestellt, der nicht mehr überschritten wurde. Damit lag er noch im Rahmen des MAK-Wertes, der wie erwähnt 0,1 $mg/m^3$ beträgt.[2] Allerdings muß hierbei auch beachtet werden, daß sowohl der Zahnarzt als auch das Personal neben dem Quecksilberdampf in der Praxis (v.a. Politur, Entfernung von Füllungen, Hg am Boden) auch noch Nahrungsquecksilber aufnehmen.

- Messung von Quecksilberdampf beim Verdichten und Polieren

Bei der Politur von Amalgamfüllungen werden sehr hohe Konzentrationen an Quecksilberdampf frei. Die zulässigen MAK-Werte werden dabei nahezu immer überschritten. Einer der niedrigsten gemessenen Werte war 0,27 $mg/m^3$. Der Wert

**Riethe, P., a.a.O., S.234.**

**Kropp, R., Untersuchungen über den Quecksilberdampfgehalt in der Luft zahnärztlicher Praxen, Zahnärztliche Mitteilungen 54, 1964, S.1110.**

von 0,27 mg/m³ entstand beim Vorgehen mit dem Schlagpolierer. Das nasse Polieren mit Bürste und Schlemmkreide hatte einen Mittelwert von 0,34 mg/m³ (MAK 0,1 mg/m³). Die Spitzenwerte werden erreicht wenn zum Polieren Gummis mit starkem Andruck verwendet werden. Dabei entstehen Hg-Dampfkonzentrationen über die Nachweisgrenze der Apparatur (10-facher MAK-Wert).[1] Genau wie das Polieren verursacht auch das Verdichten von Amalgamfüllungen relativ hohe Werte, v.a. wenn dazu ein Ultraschallverdichter verwendet wird. Es ist daher von der Verwendung von Ultraschallverdichtern abzuraten.

- Hg-Dampfentwicklung in Abhängigkeit vom Dosier- und Anmischmodus

Um eine Hg-Dampfentwicklung zu vermeiden, müßte unbedingt ein Kapselsystem verwendet werden. Auch das Verschütten von flüssigem Quecksilber wird dadurch verhindert. Gesetzlich ist ein Kapselsystem noch nicht vorgeschrieben. Es werden Flaschen mit 500 ml flüssigem Quecksilber verkauft. Verschüttungen verursachen einen erheblichen Quecksilberdampf.

- Hg Dampfentwicklung in Abhängigkeit von der Lüftung

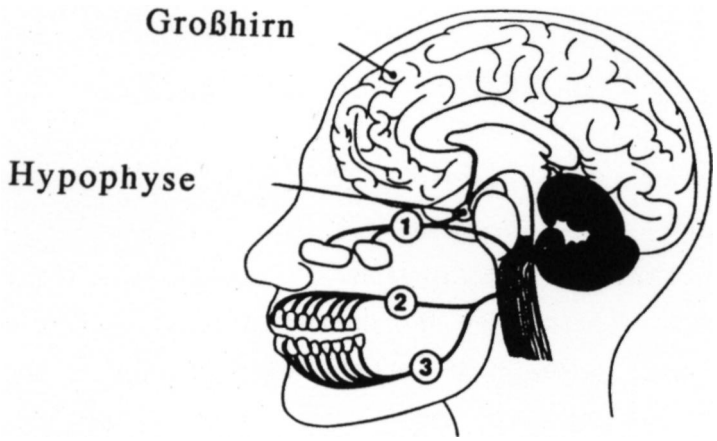
Regelmäßige und ausreichende Lüftung der Behandlungsräume bringt große Vorteile bei der Entfernung von Hg-Dampf. (Ott 1984). Auch diese Tatsache wird in der vorliegenden Arbeit an späterer Stelle diskutiert.

- Untersuchungen an Hypophysen von Zahnärzten

Nylander fand in den Hypophysen von Zahnärzten erstaunlich hohe Quecksilberwerte im Vergleich zum Okzipitallappen. Die

**Mayer, R., Arbeitshygienische Untersuchungen bei der Verarbeitung von Silber-Zinn-Quecksilberlegierungen in der Mundhöhle, Deutsche Zahnärztliche Zeitung 30, S.250, 1975.**

Kontrollpersonen mit keiner berufsbedingten Exposition hatten sowohl in den Okzipitallappen als auch in der Hypophyse wesentlich niedrigere Quecksilberkonzentrationen.




Direkte Verbindungen des Nasen- Rachenraumes zum Gehirn

1 Olfaktorische Nerven des Nasenraumes
2 Oberkiefernerven
3 Unterkiefernerven

Nylander und Störtebecker schließen daraus, daß sich Quecksilberdämpfe (die, wie die anderen Untersuchungen zeigen, in z.T. sehr hohen Konzentrationen auftreten) auf den Schleimhäuten des Nasenrachenraumes niederschlagen, von wo sie direkt ins Gehirn und die Hypophyse gelangen.[1]

**Nylander, M., Letter : Mercury in pituitary glands of dentists. Lancet, Feb.8, 1986.**

**Ziff, S., Ziff, M.,a.a.O., S.43 f.**

**Stôrtebecker, P., Mercury Poisoning from Dental Amalgam - A Hazard to Human Brain, Stôrtebecker Foundation for Research, Stockholm, Sweden, 1985.**

**Stôrtebecker, P., Mercury Poisoning from Dental Amalgam through a direct nose-brain transport, Lancet 1989, Bd.l, S. 1207.**

# III Bestimmung der Quecksilberbelastung von Zahnarztpraxen anhand von Hausstaubproben

## 1. Versuchsaufbau

### 1.1. Hg-Messung im Hausstaub von Zahnarztpraxen

Wie die von mir aufgeführten Beispiele zeigen, gibt es sehr viele Ansätze, die Belastung des Patienten durch die Amalgamversorgung zu bestimmen und ihn auf diese Weise vor eventuellen Schädigungen zu bewahren.

Vom Schutz des Zahnarztes und seines Personals wird dagegen wenig gesprochen. Im Vorfeld dieser Arbeit wurde daher überlegt, die Belastung von Zahnarztpraxen mit einem einfachen Versuchsaufbau festzustellen. Dabei sollte eine Vorgehensweise gefunden werden, die es erlaubt, mit geringem technischem Aufwand aussagekräftiges Proben- und Untersuchungsmaterial zu gewinnen. Die Auswahl von Hausstaub als Probenmaterial stützt sich auf folgende Überlegungen :

1. Nahezu alle Praxisräume werden am Ende eines Arbeitstages vom Personal gereinigt. Dies gilt insbesondere für die Fußböden. Damit entstehen in etwa gleiche Voraussetzungen für die Probensammlung, vorausgesetzt die Probe wird nicht an einem Montag entnommen, wo sich bereits der Staub des Wochenendes gesammelt hat.
2. Bei fugenfreien Böden (PVC) dürfte somit kein quecksilberhaltiger Staub mehr auf dem Fußboden vorhanden sein, wenn die Reinigung nach den vorschriftsmäßigen Hygienebestimmungen durchgeführt wurde.
3. Die Probensammlung kann sehr leicht standardisiert werden, (siehe Vorgehensweise bei der Probensammlung 1.4.)
4. Durch Verwendung jeweils neuer Wechselfilter ist eine große Genauigkeit der Meßergebnisse zu erwarten.

Ferner soll sich mit der Hausstaubmessung zeigen, ob und in welcher Weise der Zahnarzt selbst für die Entstehung quecksilberhaltigen Hausstaubes verantwortlich ist, oder ob eine Beziehung zwischen dem Meßergebnis und der Anzahl der gelegten bzw. entfernten Amalgamfüllungen herstellbar ist.
Ziel der Untersuchung ist es, Richtlinien zur Vermeidung übermäßiger Quecksilberbelastung von Praxen zu erarbeiten oder bereits bestehende zu bestätigen bzw. zu widerrufen. Außerdem soll festgestellt werden ob sich die Hausstaubmessung dazu eignet, einen generalisierten Überblick der Gesamtbelastung einer Praxis zu bekommen. Wäre dies der Fall, könnte jeder Zahnarzt mit Hilfe der ermittelten Durchschnittsbelastung die Belastung seiner eigenen Praxis einschätzen und ggf. erforderliche Maßnahmen zur Hg-Reduktion und damit zum Schutz seiner Gesundheit einleiten.

## 1.2. Auswahl der Praxen, Voraussetzungen für die Teilnahme

Die Auswahl der dreißig Praxen, aus welchen Proben entnommen wurden, erfolgte rein willkürlich und zufällig. Es wird lediglich darauf geachtet, daß auch Praxen untersucht werden, die bereits mit einem Amalgamabscheider ausgerüstet sind. Wie der Auswertung der Fragebögen in Punkt 3.4 zu entnehmen ist, handelt es sich dabei um sieben Praxen.
Eine Voraussetzung für die Teilnahme an den Messungen besteht somit nicht.

Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang allerdings, daß vier der angesprochenen Praxiseigentümer nicht bereit waren, eine Hausstaubprobe aus ihrer Praxis entnehmen zu lassen. Dies geschah, obwohl allen ausdrücklich erklärt wurde, daß für sie keinerlei Zeitverlust oder Kosten entstehen würden.

Bei einer Gesamtzahl von dreißig Praxen ist dies ein relativ hoher Prozentsatz. Auch "personalpolitische" Überlegungen mögen für eine Verweigerung der Untersuchung mit ausschlaggebend gewesen sein.

Allen Praxisinhabern wurde außerdem äußerste Diskretion über die Herkunft der Meßwerte zugesichert, was ebenfalls einigen die Erlaubnis zur Probenentnahme erleichterte.

## 1.3. Versuchsaufbau und Hilfsmittel

Zur Probensammlung bedarf es folgender Hilfsmittel :

- Akkubetriebener Handstaubsauger
- Wechselfilter für den Staubsauger
- saubere (sterile) Plastikröhrchen
- Einmalhandschuhe

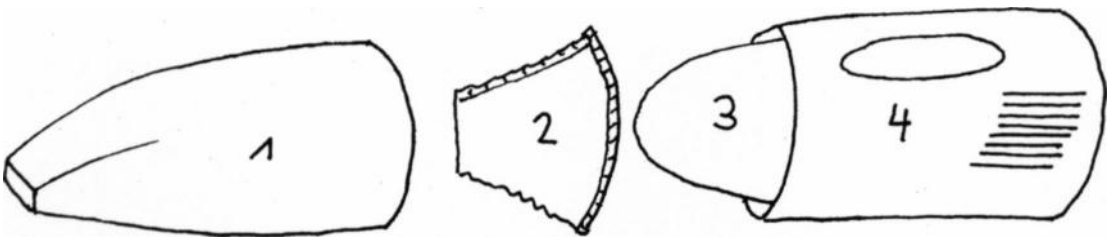



Abb 1.:

Nr. 1 stellt den Einsaugstutzen und die Frontkappe des Saugers dar.
Dieses Teil muß wie Teil 3 und 4 nach jeder Probenentnahme intensiv gereinigt werden.
Teil 1 wird dabei zunächst mit Wasser gespühlt, und anschließend mit Einwegtüchern feucht ausgewischt.
Teil 3, der Stofffilter des Staubsaugers, wird nach jedem Einsatz mit Hilfe eines zweiten Staubsaugers gereinigt. Ein Kontakt zu quecksilberbelastetem Staub wird durch den Filter Nr. 2 ausgeschlossen, der bei jeder Probe ausgetauscht wird.
Teil 4, das Gehäuse, das den Motor und den Haltegriff

beherbergt, wird ebenfalls feucht gewischt.

Mit Hilfe dieser Vorrichtung und der in Punkt 1.5. beschriebenen Methode wird ein negativer Leerwert erzielt.

## 1.4. Vorgehensweise bei Probensammlung

Die Probenentnahme, sofern mit dem Staubsauger durchgeführt, erfolgt stets in derselben, standardisierten Art und Weise.

Sämtliche Proben stammen jeweils aus dem Hauptbehandlungsraum der entsprechenden Praxis. Die Proben wurden möglichst am Ende eines Arbeitstages entnommen und entsprechen damit der Hausstaubbelastung eines Tages (Bei Praxen, die täglich gereinigt werden).

Die eigentliche Probenentnahme mit dem Staubsauger erfolgt zunächst entlang der äußeren Begrenzung des Raumes. Von der Eingangstüre ausgehend wird wieder bis zurück zur Türe gesaugt. (entlang der Bodenleisten, Wände und Einbauschränke).

Anschließend wird einmal am Übergang Boden Behandlungseinheit gesaugt. Besonders die Schlauchwendeln der verschiedenen Absaugschläuche der Einheit, die in vielen Praxen enorme Staubfänger darstellen, werden mitberücksichtigt.

Mit Hilfe der Einweghandschuhe wird nun der Staubsauger vorsichtig geöffnet, der Filter (2) entnommen und in ein steriles Kunststoffröhrchen verpackt.

Die ausschließlich mit einer Nummer versehenen Röhrchen werden nun zur Analyse ins Labor eingeschickt, wo deren Gehalt an Quecksilber nach der unter Punkt 1.5. beschriebenen Methode bestimmt wird.

Bei einigen zusätzlichen Proben wurde nicht nur gesaugt, sondern der gesamte Praxisboden gekehrt. Wie sich später zeigte, enthalten diese Proben signifikant höhere Werte an Quecksilber als die "gesaugten" Proben, da sich die Giftpartikel beim Staubsaugen vom Staub lösen und in die Luft gewirbelt werden. Toxikologen warnen daher stets vor der Anwendung von Staubsaugern z.B. bei zerbrochenen Fieberthermometern.

## 1.5. Analysemodus der Laboruntersuchung

Die einmaligen Eigenschaften von Quecksilber, das als einziges Material bereits bei Zimmertemperatur atomar vorkommt und einen beträchtlichen Dampfdruck aufweist, haben dazu geführt, daß sich viele Arbeitskreise schon früh um die Bestimmung dieses Elements bemüht haben. Dazu kommt die relativ schlechte Empfindlichkeit dieses Elements bei einer Messung in der Flamme und die immer stärker zunehmende Notwendigkeit seiner Bestimmung in sehr geringen Spurenkonzentrationen. Da Quecksilber bei 20°C einen Dampfdruck von 0,0016 mbar besitzt, entsprechend einer Konzentration von etwa 14 $mg/m^3$ Luft, besteht die Möglichkeit seiner direkten Bestimmung mit ASS (Atomabsorptionsspektrometrie) ohne eine eigentliche Atomisierungseinrichtung. Das Element muß lediglich aus seinen Verbindungen zum Metall reduziert und in den Dampfraum überführt werden.[1]

Quecksilberdampf wird bei dieser Methode direkt gemessen. Da dies bei der Quecksilberbestimmung ausgehend vom Hausstaub nicht möglich ist, wird zur Bestimmung des Hg-Gehalts im Staub die sog. Atomabsorptionsspektrometrie (Hydridtechnik) angewandt. Dabei werden zunächst 50-100 mg der Probe in ein Reagenzglas gegeben und mit 2 ml Salpetersäure (Merck, Suprapur) bei 60°C aufgeschlossen. Anschließend wird im Meßkolben auf 10 ml mit aqua dest. aufgefüllt.

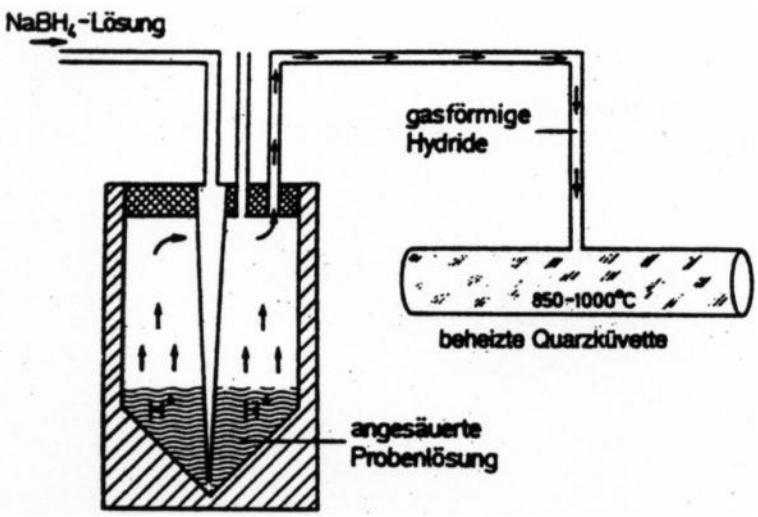
Als Grundlage dienen folgende Analysebedingungen:

| | |
|---|---|
| Gerät: | Perkin Elmer 3030 |
| Wellenlänge: | 253.6 nm |
| Spaltbreite: | 2.0 |

**Welz, B, Atomabsorptionsspektrometrie, Verlag Chemie, Weinheim 1983, S.77.**

| | |
|---|---|
| Lichtquelle: | Hohlkathodenlampe |
| Zelltemperatur | 120 Grad Celsius |
| Amalgamzusatz | |
| Reduktionslösung: | 3% ige $NaBH_4$ ( i n 1.5% iger NaOH-Lsg.)[1] |

Die Versuchsanordnung sieht stark schematisiert wie folgt aus:



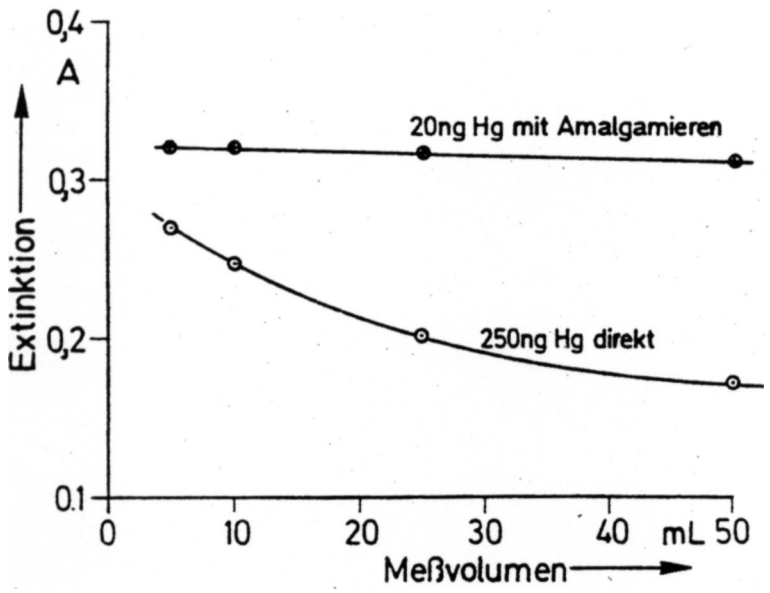

**Hydridsystem zum Erzeugen und Atomisieren gasförmiger Hydride**[2]

Die Hydridtechnik ist ein Absolutverfahren, d.h. die in Peakhöhe oder auch die in Peakfläche gemessenen Signale sind proportional zu der absoluten Menge an dem interessierenden Element und nicht dessen Konzentration in der Lösung. Quecksilber wird mit diesem Verfahren immer als

1 **Informationsblatt Labor Schiwara, Bremen.**

2 **Welz, B, a.a.O.,Abb. 45, S. 73.**

anorganisches Quecksilber gemessen. In der sauren Meßlösung liegt $Hg^{2+}$ vor, das durch Natriumborhydrid zu metallischem Quecksilber reduziert wird. Der metallische Hg-Dampf wird durch den Wasserstoffstrom in die Meßküvette transportiert. Durch Verwendung des Amalgamzusatzes erfolgt eine Empfindlichkeitssteigerung durch Aufkonzentration. (s. Tabelle)




**Empfindlichkeissteigerung der Quecksilberbestimmung durch Amalgamieren. Die Amalgam-Technik bewirkt eine Anreicherung des Quecksilbers und macht die Bestimmung zudem vom Meßvolumen unabhängig.**[1]

Die Nachweisgrenze dieses Verfahrens liegt dabei noch unter 0,1 ng absolut.

1 **Welz, B, a.a.O.,Abb. 50, S. 82.**

Durch geeignete Aufschluß- bzw. Trennverfahren ist es möglich, organisches Quecksilber abzutrennen und anschließend mit derselben Meßmethode als anorganisches Quecksilber zu quantifizieren.

Die chemische Formel für die Gesamtreaktion lautet :

$$Hg^{2+} + 3BH_4^- + 9H_2O + H^+ \longrightarrow Hg\uparrow + 3B(OH)_3 + 11H_2O$$

## 2. Ergebnisse

Die Probensammlung erfolgt für alle Hausstaubproben aus Zahnarztpraxen im Zeitraum zwischen dem 1.2.1991 und dem 18.6.1991.

Als Einzelergebnisse werden vom Labor folgende 30 Werte in µg/kg festgestellt :

| Ungeordnet | | Geordnet | Umgerechnet | |
|---|---|---|---|---|
| 20118 | | 1350 | 1350 | |
| 9300000 | * | 1800 | 1800 | |
| 1800 | | 2450 | 2450 | |
| 678200 | * | 2695 | 2695 | |
| 16000000 | * | 2856 | 2856 | |
| 1105000 | * | 3820 | 3820 | |
| 18000000 | * | 4240 | 4240 | |
| 16100000 | * | 4290 | 4290 | |
| 347000 | | 4875 | 4875 | |
| 1105000 | * | 10960 | 5426 | |
| 1350 | | 16400 | 8840 | * |
| 4290 | | 17370 | 10960 | |
| 16400 | | 20118 | 16400 | |
| 2856 | | 27540 | 16880 | * |
| 47101 | | 47101 | 17370 | |
| 468062 | | 58950 | 20118 | |
| 3518000 | * | 88430 | 27540 | |
| 2450 | | 119640 | 28144 | * |
| 27540 | | 130000 | 47101 | |
| 3820 | | 347000 | 56360 | * |
| 58950 | | 468062 | 58950 | |

| | | |
|---|---|---|
| 119640 | 678200 * | 74400 * |
| 17370 | 1105000 * | 88430 |
| 88430 | 2110000 * | 119640 |
| 4240 | 3518000 * | 128000 * |
| 130000 | 7045000 * | 128800 * |
| 10960 | 9300000 * | 130000 |
| 2695 | 16000000 * | 144000 * |
| 7045000 * | 16100000 * | 347000 |
| 4875 | 18000000 * | 468062 |

Bei den mit einem * versehenen Proben handelt es sich um Ergebnisse, welche aus gekehrtem und nicht gesaugtem Hausstaub hervorgehen. Insgesamt 9 der 30 Proben wurden gekehrt.

## 2.1. Fragebogenauswertung

Jeder Zahnarzt, der an der Messung des Quecksilbergehalts im Hausstaub seiner Praxis mitgewirkt hat, erhielt einem Fragebogen über besondere Daten seiner Praxis. Dieser Fragebogen ist im Anhang der Arbeit abgedruckt.

Von den 30 ausgegebenen Fragebögen wurden 27 beantwortet. Aus den Angaben dieser Bögen errechnen sich die Durchschnittswerte der beteiligten Praxen.

Die ermittelte "Durchschnittspraxis" besteht seit 10,5 Jahren, besitzt 2,3 Behandlungsstühle und im Hauptbehandlungsraum eine Größe von 18,6 $m^3$.

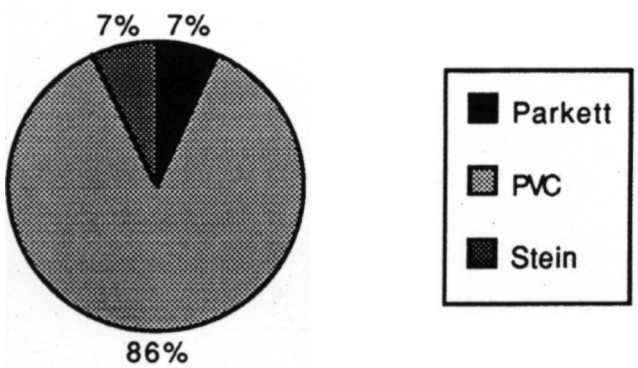
In 30 % der Praxen ist bereits ein Amalgamabscheider eingebaut.

Insgesamt werden pro Tag 5,9 Amalgamfüllungen gelegt und 8,9 entfernt.

Zur Belüftung der Praxisräume dienen 6,4 Fenster mit vornehmlich südlicher Ausrichtung.

In der Praxis, die von 23,3 Patienten pro Tag besucht wird, arbeiten incl. Reinigungspersonal 4,7 Personen.

**Bodenbeläqe der Praxen**

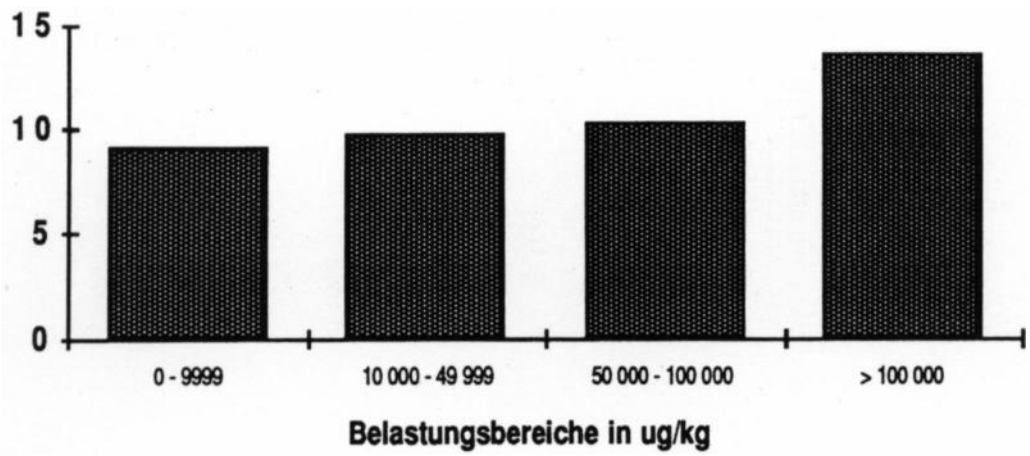



Der Bodenbelag im Behandlungsraum besteht in 86 % der Fälle aus PVC und in jeweils 7 % aus Parkett bzw. Stein. Die Fußbodenreinigung erfolgt täglich und feucht. Bei der geringen Anzahl der Praxen mit Parkett- bzw. Steinböden, ist keine Aussage über besonders starke oder besonders schwache Belastung möglich. Allerdings ist generell von einem Parkettboden im Behandlungsraum abzuraten.

## 2.2. Belastung in Abhängigkeit vom Durchschnittsalter der Praxen

Einen nicht unwesentlichen Aspekt stellt die Belastung der Praxen in Abhängigkeit ihres Alters dar. Dieser Zusammenhang wird mit Hilfe der nachfolgenden Grafik illustriert :

**Belastung in Abhängigkeit vom Durchschnittsalter der Praxen**



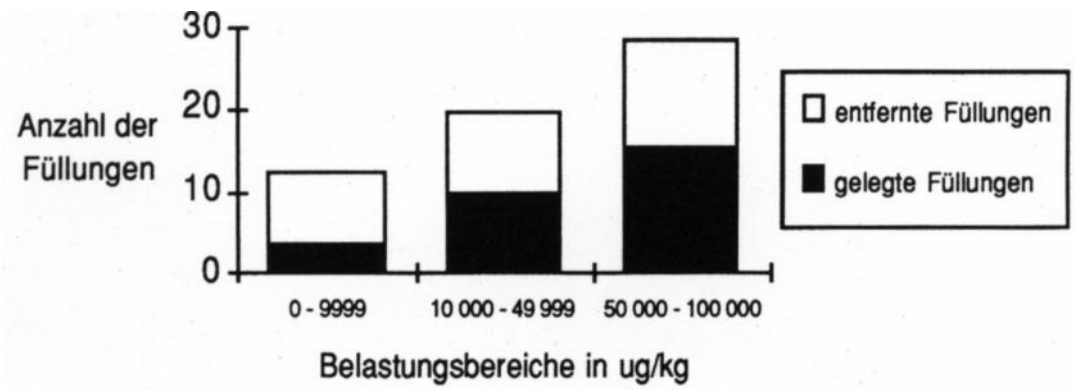

Es zeigt sich, daß die Höhe der Belastung mit dem Durchschnittsalter (Abszisse) der Praxis zunimmt.

Zu beachten dabei ist allerdings, daß der hier gezeigte Effekt die allgemeine Belastung der Praxis nur überlagert.

## 2.3. Belastung In Abhängigkeit von der Anzahl der gelegten/entfernten Amalgamfüllungen

In den Fragebögen wird u.a. auch gefragt wieviele Amalgamfüllungen der jeweilige Zahnarzt im Durchschnitt pro Tag legt bzw. entfernt. Dabei zeigt sich, daß sowohl die Anzahl der gelegten als auch die der entfernten Füllungen in einen klaren Verhältnis zur Gesamtbelastung der Praxis liegt.

**Hausstaubkonzentration in Abhängigkeit von der Anzahl der Füllungen**




Dieser Zusammenhang läßt sich allerdings nur in den Bereichen bis 100 000 ug/kg beobachten. Der nach der Umrechnung mit dem zuvor ermittelten Umrechnungsfaktor über diesem Bereich liegende Prozentsatz an Zahnarztpraxen hat eine Belastung erreicht, die nicht mehr direkt mit der Füllungsanzahl zusammenhängt. Allgemein kann man behaupten, daß eine Belastung von über 100 000 µg/kg auf unzureichende Verarbeitungsmethoden des Zahnarztes zurückzuführen ist.

## 2.4. Gesamtbelastung von Zahnarztpraxen im Vergleich zu Normalwohnungen

Betrachtet man die Ergebnisse unter 2.0. in aufsteigender Form geordnet, fällt auf, daß sämtliche Praxen, in welchen gekehrt wurde, sehr viel höhere Werte aufweisen. Um eine Beziehung zwischen den gesaugten und den gekehrten Werten herstellen zu können, wird jeweils der Mittelwert errechnet. Dabei ergibt sich folgendes Bild:

$$\Sigma_S = 1\,379\,944 \text{ ug/kg} \qquad n = 21$$

$$D_S = 65\,712 \text{ ug/kg} \quad \text{wobei } D_S = \Sigma_S : n$$

$$\Sigma_K = 73\,856\,250 \text{ ug/kg} \qquad n = 9$$

$$D_K = 8\,206\,250 \text{ ug/kg} \quad \text{wobei } D_K = \Sigma_K : n$$

Aus diesen Werten ergibt sich :

$$D_K = F * D_S \quad \text{bzw.} \quad F = D_K / D_S$$

und somit für den Umrechnungsfaktor

$$\underline{F = 125}$$

wobei

| | | |
|---|---|---|
| $\Sigma_S$ | = | Summe der gesaugten Ergebnisse |
| $D_S$ | = | Durchschnittswert der gesaugten Ergebnisse |
| $\Sigma_K$ | = | Summe der gekehrten Werte |
| $D_K$ | = | Durchschnittswert der gekehrten Werte |
| $F$ | = | Umrechnungsfaktor |
| $n$ | = | Anzahl der Proben |

Dieser Umrechnungsfaktor 125 (+- 20) hat sich bei Testmessungen in Praxen in welchen sowohl gekehrt als auch gesaugt wurde bestätigt. Man kann also davon ausgehen, daß jeder gesaugte Wert in der Realität etwa um diesen Faktor höher liegt. Als Begründung für diesen Umstand ist das Passieren der Quecksilberfeinstpartikel durch den Saugerfilter zu nennen, (siehe 1.4)

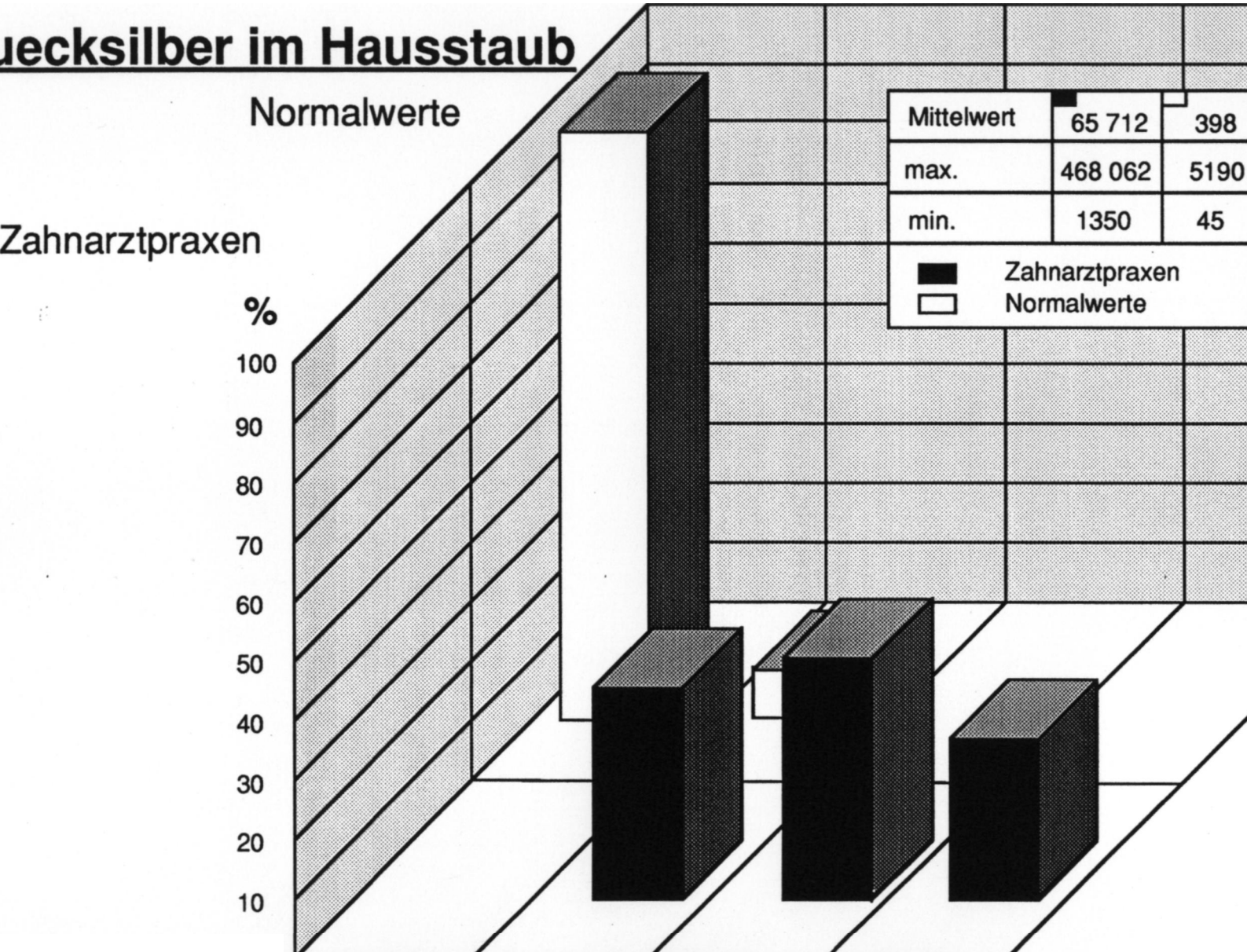
**Der Maximalwert der untersuchten Praxen liegt bei 611 Mio. µg/kg. Quecksilber.**

Der Wert geht allerdings nicht in die Durchschnittsberechnung ein, da er jeglichen Rahmen sprengen würde.

Um Vergleichswerte mit den ebenfalls gesaugten Normalwerten herstellen zu können, werden alle gekehrten Werte durch den ermittelten Umrechnungsfaktor dividiert. (Spalte Umgerechnet).Dies soll jedoch nicht darüber hinwegtäuschen, daß die tatsächlichen Werte eben um diesen Faktor höher liegen.

Hierbei ergibt sich ein Diagramm, welches die Ergebnisse der Hausstaubuntersuchung von Zahnartztpraxen im Vergleich zu Normalwohnungen illustriert. Dabei wurde die unterschiedliche Sammelmethodik (gesaugt/gekehrt) bereits mit dem oben berechneten Faktor berücksichtigt :

# uecksilber im Hausstaub




| Bereich ug / kg | 0-1000 | | 1000-9999 | | 10000-99999 | | <100000 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| n | 0 | 14 | 11 | 1 | 12 | 0 | 7 | 0 |
| Anteil in % | 0 | 93,33 | 36,67 | 6,66 | 40 | 0 | 23,33 | 0 |
| | ■ Z | □ N | ■ Z | □ N | ■ Z | □ N | ■ Z | □ N |

Die Vergleichswerte aus Normalwohnungen stammen z.T. aus Messungen die das Labor Schiwara, Bremen im Auftrag verschiedener Betroffener und Ärzte durchgeführt hat.

Der höchste Wert (5190 µg/kg) stammt aus der Wohnung eines Zahnmediziners.

Hierbei zeigt sich, daß bei unzureichender Dekontamination Quecksilber auch durch Schuhe und Kleidung verschleppt wird. Dies gilt sowohl für das Personal als auch für die Patienten, die eine Zahnarztpraxis besuchen.

Der ersten Spalte der Graphik kann man entnehmen, daß 93,33 % der Normal Wohnungen unter einem Hg-Wert von 1000 µg/kg bleiben, während sämtliche Zahnarztpraxen über diesem Wert liegen. Die restlichen 6,66 % der Normalwerte befinden sich bei einem Spitzenwert von 5190 µg/kg im Bereich unter 10000 µg/kg. Der Durchschnittswert des Normalwohnungen beträgt 398 µg/kg.

Bei den Zahnarztpraxen ist der niedrigste Wert 1350 µg/kg. Allerdings ist die Streuung der Werte sehr groß, so daß sich Ergebnisse in allen Bereichen der Tabelle wiederfinden. Der Durchschittswert bei Zahnarztpraxen liegt bei dieser Gesamttabelle bei 65 712 ug/kg.

## 3. Verbesserungsvorschläge und Ausblick

Wie die Ergebnisse dieser Untersuchung zeigen, ist es notwendig, nach einem wirksamen Schutz des Zahnarztes und seines Personals vor einer Intoxikation durch Quecksilber zu suchen.

Die naheliegenste Variante wäre selbsverständlich, die Verarbeitung von Hg-haltigen Materialien solange auszusetzen, bis deren Unschädlichkeit bewiesen ist, d.h. bis die aufgetretenen Vergiftungsfälle unter keinen Umständen mehr mit dem Gebrauch von Quecksilber in Verbindung gebracht werden können. Da dies aus wirtschaftlichen Gründen - und nur aus diesen - nicht realistisch ist, steht die Zahnärzteschaft nun vor folgenden Problemen :

1. Wie lassen sich die durch Verarbeitungsmängel hervorgerufenen Hg-Belastungen reduzieren, die in erster Linie beim Anmischen von Amalgam und beim Entfernen von Füllungen entstehen.
2. Wie kann vermieden werden, daß auf dem Fußboden liegende Hg-Moleküle wieder in die Gasphase übergehen.
3. Sollten einheitliche Richtlinien bezüglich der Beschaffenheit des Praxisbodens angestrebt werden.
4. Müssen Höchstwerte für den Hg- Gehalt im Hausstaub aufgestellt werden.
5. Wie kann der Hg-Dampf sinnvoll reduziert werden

Bereits 1984 stellten Ott et al. eine Liste von Maßnahmen vor, die zu einer entscheidenden Verminderung der Belastung von Praxisräumen führen könnten, wenn sie beachtet würden:

Aufklärung über die Vorschriften und Überprüfung des sorgsamen Umgangs mit Quecksilber und Amalgam (Zahnärzte, zahnärztliches Personal und Studenten)

- Überprüfung der Arbeitsplatzkonzentration der Fußböden,
Mischgeräte und Kapseln
- ggf. Überprüfung der Blut und Urinwerte des Praxis-personals
- beim Entfernen von Amalgamfüllungen mitteltourig und naß (mit Schutzbrille) arbeiten,
- möglichst non-Gamma-2 Legierungen verwenden
- Abfälle verschlossen und unter Wasser aufbewahren
- Praxisräume oftmals lüften
- im Falle des Verschüttens sofort einsammeln (Zinnfolie)
- Abwasserbelastung reduzieren[1]

1988 wird dieser Forderungskatalog durch Städtler ergänzt :

- absolute Sauberkeit bei Dosier- und Mischgeräten
- Füllungs- und Hg-reste in verschließbare wassergefüllte Gefäße geben
- maximale Dampfabsaugung bei der gesamten Amalgambearbeitung
- keine Turbinenverwendung
- Hg- Vorratsflaschen nicht im Behandlungsraum (Wirz 1985) aufbewahren.
- keine Verwendung von Ultraschallkondensierern
- Vewendung von Kofferdamm zum Schutz des Patienten

Noch darüberhinaus gehende Forderungen, z.B. die Anbringung von Gitterrostböden unter welchen sich Wasser befindet, werden bereits von Fachleuten verschiedener medizintechnisch tätiger Firmen diskutiert.

Diese Maßnahme würde sowohl den Forderungen nach einer Aufbewahrung der Amalgamabfälle unter Wasser Rechnung

**Vorschläge von Ott, Bayerischer Zahnärztetag 1984.**

tragen, als auch hohe Quecksilberwerte im Hausstaub verhindern, wie sie in dieser Arbeit nachgewiesen wurden.

Des weiteren sollte gewährleistet sein, daß Hg-Dämpfe, die wie beschrieben die MAK Werte z.B. beim Polieren deutlich überschreiten können, nicht durch den Respirationstrakt des Zahnarztes, Helfers oder Patienten inkorporiert werden können. (Vgl. Hg-Belastung der Hypophysen)

Dies könnte einmal durch das Tragen einer Halbmaske, oder durch einen starken Abzug geschehen (selbstverständlich mit einem Hg-Filter versehen), der ständig die Luft über dem Behandlungsplatz erneuert. Für die Halbmaske wird ein mit einem roten Ring gekennzeichneter Filter (speziell für Hg-Dampf) verwendet, welcher nach DIN 3181 dem Typ "Hg1- P1 DIN 3181" oder "Hg2 - P1 DIN 3181" entspricht. Im Merkblatt des Bayerischen Landesinstituts für Arbeitsschutz "Persönliche Schutzausrüstung Teil 2: Atemschutz" des Bayerischen Staatsministeriums für Arbeit und Sozialordnung heißt es u.a.: "Gasfilter sind einzusetzen, wenn schädliche Gase oder Dämpfe mit erheblich höheren Konzentrationen als den MAK-Werten auftreten."

Da dies wie beschrieben beim Polieren und Entfernen von Amalgam durchaus der Fall sein kann, bzw. nicht mit 100%iger Sicherheit zu verhindern ist, ist das Tragen einer Halbmaske eigentlich schon zum gegenwärtigen Zeitpunkt vorgeschrieben. Es stellt sich somit immer wieder die Frage, weshalb Schutzeinrichtungen, die in chemischen Labors zwingend vorgeschrieben sind, nicht auch ihre Berechtigung beim "Chemie verarbeitenden" Zahnarzt haben sollen. Daß dies nicht der Fall ist, ist äußerst inkonsequent, nachdem meßbare Beweise für die Quecksilberdampfentwicklung vorliegen.

Würden andererseits alle nötigen Schutzvorkehrungen eingehalten, so wäre die vielgelobte "Wirtschaftlichkeit" des Werkstoffes sehr stark in Frage gestellt.

Angesichts der unbestreitbaren Tatsachen (z.B. massive MAK-Wert Überschreitungen beim Polieren) sollten die Zahnärzte erkennen, daß der Kampf um eine wirtschaftliche Versorgung der Bevölkerung auf Kosten ihrer Gesundheit ausgetragen wird. Nach einem eventuellen Verbot von Amalgam werden es wiederum die Zahnärzte sein, die die öffentliche Kritik auf sich nehmen müssen.

## IV Zusammenfassung

Die Bestimmung von Quecksilber im Hausstaub ist eine einfache, kostengünstige und aussagekräftige Methode, die Quecksilberbelastung einer Zahnarztpraxis festzustellen.

Dabei ist es jedem Zahnarzt möglich, selbst mit gekehrtem Hausstaub die spezifische Belastung seiner Praxis zu ermitteln und ggf. Maßnahmen zu deren Reduzierung zu treffen. Der Faktor 125 (+-20) hat sich in Testmessungen im Verhältnis zwischen gekehrtem und gesaugtem Hausstaub bestätigt.

Es zeigt sich, daß Praxen mit Parkettböden durchschnittlich höhere Quecksilberwerte besitzen als Praxen mit PVC Bodenbelag.

Auch zwischen dem Alter der Praxen und der jeweiligen Belastung besteht ein direkter Zusammenhang.

Festzuhalten bleibt außerdem, daß der Quecksilbergehalt des Hausstaubes in Zahnarztpraxen selbst bei günstiger Betrachtungsweise (nach Umrechnung der Werte für gekehrten Staub) mindestens um den Faktor 150 höher liegt als in Normalwohnungen, welche als unbelastet angesehen werden.

Als Durchschnittswert für Normalwohnungen wurde 398 µg/kg festgestellt. Bei Zahnarztpraxen beträgt der Wert 65712 µg/kg.

Die gemessenen Belastungswerte der Praxen stehen direkt im Verhältnis mit der Anzahl der in der Praxis gelegten bzw. entfernten Amalgamfüllungen. Dies gilt soweit sich die Belastung in einem Bereich unter 100 000 µg/kg befindet. Belastungswerte, die über dieser Grenze liegen und bei etwa 20% der Praxen auftreten, sind auf unsachgemäße Verarbeitungsmethoden zurückzuführen.

## Literaturverzeichnis


Abraham, J.E., Svare, C.W., Frank, C.W., The effect of dental amalgam restorations on blood mercury levels. J Dent.Res. 63(1), 1984,.S.71 ff.

Daunderer, M., Handbuch der Umweltgifte, eco-med, München 1990,
III-3.

Daunderer, M., persönliche Mitteilung, 1991.

Deutsche Forschungsgemeinschaft MAK und BAT 1985, Mitteilung XXI der Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe der DFG.

Drukrey, H., Hamperl, H., Schmähl, D., Canzerogene Wirkung von metallischem Quecksilber nach intraperitonealer Gabe bei Ratten Z.Krebsforsch.61, 1957, S 511-519.

Eggleston, D. W., Effect of dental amalgam and nickel alloys on T-lymphocytes, Preliminary report J Prosth. Dent. 51-57,1984,. S. 617.

Gay, D.D., Cox, R.D., Reinhardt, J.W., Letter: Chewing releases mercury from fillings, Lancet 1, 1979, S. 985-986.

Goldwater, L.J., Ladd, A.C., Jacobs, B., Absorbtion and excretion of mercury in man: VII Significance of mercury in blood. Arch Environ Health.9, 1964,. S.735-741.

Goldwater, L.J., A history of Quecksilver, York Press, Baltimore, 1972.

Heidemann, D., in : Praxis der Zahnheilkunde, Bd. 2, Zahnerhaltung I, Urban & Schwarzenberg, 1987.

Herrmann, D., Allergie und Zahnheilkunde aus zahnärztlicher Sicht, Deutsche zahnärztliche Zeitung 40, 1985, S. 360.

Kessel, R., Bencze, K., Hamm, M., Sonnabend, E., Untersuchungen über die Quecksilberkonzentrationen in der Raumluft, im Blut und im Urin bei zahnärztlicher Tätigkeit in Klinik und freier Praxis, Deutsche zahnärztliche Zeitung 35,1980, S. 457.

Kreisler, M., Untersuchungen zur normalen Belastung des Menschen mit Quecksilber durch die Nahrung, Med. Diss. Erlangen, 1978.

Koch, W., Weitz, M., Amalgam - Wissenschaft und Wirklichkeit, öko-Institut, Institut für angewandte Ökologie, Freiburg 1991.

Kropp, R., Untersuchungen über den Quecksilberdampfgehalt in der Luft zahnärztlicher Praxen, Zahnärztliche Mitteilungen 54,1964, S. 1110.

Kropp, R., Die Non-gamma-2-Amalgame - Ein wichtiger Fortschritt zur Verbesserung des Korrosionsverhaltens von Amalgamfüllungen. Degussa Brief 45, 1979.

Kropp, R., Legierungspulver zur Herstellung von Dentalamalgamen. DE-PS 251 1194, zit.n. Kropp, 1979.

Kropp, R., Persönliche Mitteilung an Prof. Riethe, 1984.

Lenihan, J. M. A., Smith, H., Harvey, W., Mercury Hazards in dental-practice. British Dental Journal 135, 1973, S. 365.

Link, G., Untersuchungen zur Quecksilberkonzentration von

Lungengewebe und Blut von Verstorbenen in verschiedenen Lebensräumen in der Bundesrepublik Deutschland, Med. Diss., Erlangen, Nürnberg, 1979.

Lukas, D., Elektrische Strommessungen und Erkrankungen der menschlichen Mundschleimhaut, Deutsche Zahnärztl. Z. 36, 1976, S.144ff.

Magos, L., Mercury-blood interaction and mercury uptake by the brain after vapor exposure, 1967.

Magos, L., Uptake of mercury by the brain, Br. J Ind Med. 25, 1968.

Magos, L., Selective atomic-absorption determination of inorganic mercury and methylmercury in undigested biological samples. Analyst 96, 1971, S.847-853.

Mayer, R., Arbeitshygienische Untersuchungen bei der Verarbeitung von Silber-Zinn-Quecksilberlegierungen in der Mundhöhle, Deutsche Zahnärztliche Zeitung 30, 1975, S.250.

Mayer, R., Diehl, W., Abgabe von Quecksilber aus Amalgamfüllungen in den Speichel, Deutsche zahnärztliche Zeitung 31, 1976,.S. 857.

Moeller, J., Thorns, H., Real- Enzyklopädie der gesamten Pharmazie, Handwörterbuch für Ärzte, Apotheker und Medizinalbeamte, Bd. 1, Berlin, Wien, 1904, S.512.

Nothdurft, W„ Über die maximale Arbeitsplatzkonzentration des Quecksilberdampfes.Zbl.Arbeitsmed 9, 1959, S.263.

Nylander, M., Letter: Mercury in pituitary glands of dentists. Lancet Feb.8, 1986.

Ohnesorge, F.K., Zur Frage der Toxikologie von Quecksilber aus Amalgamfüllungen. Referat anläßlich des Symposiums "Zur Frage der Nebenwirkungen bei der Versorgung kariöser Zähne mit Amalgam", Köln 1981.

Ott, K. H. R., Die klinische Bedeutung des Quecksilbers - Theorie und Wirklichkeit, Zahnärztl. Welt, 1984.

Ott, K. H. R., Loh, F., Kröncke, A., Schaller, K-H., Valentin, H., Weltle, D., Erlangen, Zur Quecksilberbelastung durch Amalgamfüllungen. Deutsche Zahnärztliche Zeitung 39, 1984, S.199.

Piechotta W., Witting, U., Canzerogene, mutagene und immunsystembezogene Wirkungen von Blei, Cadmium und Quecksilber, Forschungsbericht Nr.347, Bd.l, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Unfallforschung, Dortmund 1983, S.20f.

Riethe, P., Amalgamgutachten 1985, in: Institut der deutschen Zahnärzte (Hrsg.) , Amalgam Pro & Contra, Deutscher Ärzte Verlag, Köln, 1988.

Satoh, H., Hursh, J.B., Clarkson, T.W., Selective determination of elemental mercury in blood and urine exposed to mercury vapor in vitro. J.Appl Toxicol. 1(3), 1981, S.177-181.

Schiele, R., Freitag, E., M., Schaller, K.-H., Schellmann, B., Weltle, D., Untersuchungen zur normalen Quecksilberkonzentration menschlicher Organe, Zbl. Bakt. Hyg., I.Abt. Orig. B. 173, S.45, 1981.

Sinclair, P.M., Turner, P.R.C., Johns, R.B., Mercury levels in dental students and faculty, measured by neutron activation analysis, J. Prosth. Dent. 43, 1980, S 581.

Störtebecker, P., Mercury Poisoning from Dental Amalgam - A Hazard to Human Brain, Störtebecker Foundation for Research, Stockholm, Sweden, 1985.

Störtebecker, P., Mercury Poisoning from Dental Amalgam through a direct nose-brain transport, Lancet 1989, Bd.I, S. 1207.

Till, T., Schubert, K., Bericht über Spurenanalysen an menschlichen Zähnen, Zahnärztliche Welt 86, 1977, S.66ff.

Till, T., Maly, K., Quecksilber in Zahnwurzeln und Kieferknochen, Zahnärztliche Welt 87, 1978, S.288ff.

Welz, B., Atomabsorptionsspektrometrie, Verlag Chemie, Weinheim 1983.

White, R., Brandt, L., development of mercury hypersensitivity among dental students. Journal American Dental Ass. Journal 92, 1976.

Ziff, S., Ziff, M., Infertility and Birth defects, Orlando, Florida,1987.