

Arbeitshygienische Untersuchungen bei der Verarbeitung von Silber-Zinn-Quecksilberlegierungen am zahnärztlichen Arbeitsplatz

Von R. Mayer, Tübingen*

Mit Hilfe einer spektralphotometrischen Meßmethode wurden Untersuchungen am zahnärztlichen Arbeitsplatz hinsichtlich der Entstehung von Quecksilber-Dämpfen bei der Verarbeitung von Amalgam durchgeführt. Es zeigt sich, daß je nach Arbeitsphase und Meßort mehr oder minder hohe Quecksilberdampf-Konzentrationen gemessen wer-

den können. Sie sind z. B. am höchsten bei hochtourigem, trockenem Bearbeiten einer Amalgamfüllung; sie verringern sich wesentlich, desto niedertouriger gearbeitet wird und je intensiver die Kühlung (Spray!) ist. Die Überwachung zahnärztlicher Arbeitsräume sowie Arbeitsplatzanalysen werden dringend angeraten.

Einleitung

Die Wechselbeziehungen zwischen Arbeit und Beruf einerseits sowie dem Menschen, seiner Gesundheit und seinen Krankheiten andererseits – also die Lehre von der Arbeitsmedizin, deren Teil die Arbeitshygiene darstellt – stehen heute mehr als jemals zuvor im Mittelpunkt unserer Leistungsgesellschaft. Berichte über Umweltschäden häufen sich. Ihnen zufolge ist z. B. die Umweltverschmutzung in großen Industriebezirken bereits so weit fortgeschritten, daß die duldbaren Belastungsgrenzen bei Stäuben, Rußen, Dämpfen und Gasen oft erreicht, manchmal auch überschritten werden. Auf dem Lebensmittelsektor lassen z. B. Untersuchungen an Fischen eine Quecksilber-Anreicherung erkennen; so wurden beim Thunfisch 0,3 bis 0,5 ppm Quecksilber, das sind auf 100 g umgerechnet 30 bis 50 mg Quecksilber, gemessen [6, 8, 28, 38].

In diesem Zusammenhang muß auch auf das Quecksilber und seine Dämpfe innerhalb zahnärztlicher Tätigkeit besonderes Augenmerk gerichtet werden.

Legierungen des Quecksilbers mit einem oder mehreren Metallen, die sog. Amalgame, zählen auf zahnärztlichem Sektor zu den wichtigsten Werkstoffen der Zahnerhaltung. Ihr Quecksilber-

gehalt und/oder die Quecksilber-Dämpfe führten bereits vor ihrer Einführung in den USA zu dem sogenannten, bis 1850 dauernden „Amalgamkrieg“; sie lösten fernerhin viele Diskussionen aus, die bis in unser Jahrzehnt hinein – nicht zuletzt in Folge einer möglichen Kumulation! – nicht verstummt sind [4, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 25 – 27, 29 – 34, 40].

Quecksilber ist das einzige bei Zimmertemperatur flüssige Metall; siedet bei 357°C und verdampft schon bei niedrigen Temperaturen reichlich! Es ist ein ausgesprochenes Atemgift.

Die Aufnahme von Hg-Dämpfen¹⁾ durch die Atmungsorgane wirkt unvergleichlich schädlicher als die Einführung der gleichen Menge durch den Magen. Wird quecksilberhaltige Luft eingeatmet, so ist die ausgeatmete Luft nahezu quecksilberfrei. Dies läßt den Schluß zu, daß es „Quecksilberspeicherorgane“ gibt.

Im Tierversuch kommt es bei Meerschweinchen nach Einatmen von Hg-Dämpfen zu Ablagerungen des Hg in Lungen und Nieren. Wird das Tier nach der Hg-Dampfapplikation wieder in die reine Luft gebracht, so sinkt der Hg-Gehalt in den Lungen und im übrigen Körper rasch, dagegen in den Nieren äußerst langsam. Untersuchungen an Hunden machen deutlich, daß Hg-Dämpfe von der Schleimhaut der Siebbeinzellen aufgenommen und über die Lymphbahnen direkt an das Zentral-Nerven-System weitergeleitet werden können [31, 32, 35, 37].

A. Stock schreibt in einem Bericht des Jahres 1939: „Offenbar verhält sich der menschliche Organismus dem Quecksilber gegenüber ähnlich. Sicher gilt dies

* Abteilung für Zahnerhaltung der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten der Universität Tübingen, Oslanderstr. 2-8.

¹⁾ Quecksilber wird fortan mit „Hg“ abgekürzt.

für das Verhalten der Nieren, die auch beim Menschen das Hg speichern, es äußerst langsam wieder ausscheiden und in ihrer Tätigkeit gestört werden. Weiter sprechen die Beobachtungen dafür, daß der erste Hauptangriffspunkt des Hg-Dampfes bei der chronischen Vergiftung in der Nase und in ihren benachbarten Organen liegt; ist bereits eine chronische Reizung gegeben, so äußert sich jede neue Hg-Einwirkung in verstärktem Maße als „Überempfindlichkeit“. Dies erklärt auch die sonst unbegreifliche Tatsache, daß unter 1γ ($= 10^{-6} \text{ g} = 1 \mu\text{g} = 1 \text{ Mikro-Gramm}$) liegende Hg-Mengen in kürzester Zeit Kopfschmerzen, Benommenheit, Gedächtnisschwäche usw. auslösen können.“

A. Stock u. Mitarb. (1939) wiesen ferner nach, daß Hg-Analysen im Harn und Kot einzeln einen äußerst komplizierten Analysengang voraussetzen und zudem andererseits das gesamt aufgenommene Hg nicht voll erfaßt wird. Dies bestätigen auch E. W. Baader (1960-61) und F. Koelsch (1963). E. W. Baader warnt geradezu vor der Überschätzung der Hg-Befunde im Harn und stellt fest: „Bei schwersten Formen der Hg-Vergiftung erfährt man oft, daß das Hg retiniert wird und der Ausscheidungswert minimal ist!“

Aufgrund dieser Gegebenheiten haben wir uns die Aufgabe gestellt, Hg-Dampfmessungen auf zahnärztlichem Sektor unter weitmöglichster Elimination der aufgezeigten Fehlerquellen durchzuführen.

Eigene Untersuchungen

Methode

Zum Nachweis von Hg gibt es direkte und indirekte Analysenverfahren. Wir entschieden uns für den di-

rekten Nachweis von Hg auf spektralphotometrischem Wege, da die indirekten Verfahren die eingangs erwähnten Fehlerquellen beinhalten (Langwierige Analysengänge, Hg-Speicherorgane, das insgesamt aufgenommene Hg kann nicht voll erfaßt werden!).

Wir verwandten dazu das Beckman-Mercury-Vaporimeter, Modell K 23 (Abb. 1). Dieses Gerät arbeitet nach photometrischem Prinzip durch Absorptionsmessung bei Strahlung 253,7 nm. Der Meßbereich liegt je nach einjustierter Skala bei 0,005 bis 0,10 mg Hg/m³ Luft (obere Skala) bzw. 0,03 bis 3,0 mg Hg/m³ Luft (untere Skala). Die Meßgenauigkeit liegt auf der oberen Skala bei $\pm 0,001 \text{ mg Hg/m}^3$ Luft; auf der unteren $\pm 0,010 \text{ mg Hg/m}^3$ Luft. Die Meßgenauigkeit beträgt nach Angaben des Herstellers $\pm 10\%$.

Bemerkenswert erscheint, daß – nebst genauer Beachtung der Anweisungen für dieses Gerät – stets bei einem Meßbereichwechsel eine erneute Kalibrierung in quecksilberdampf freier Atmosphäre notwendig ist. Darüber hinaus ließen Voruntersuchungen noch einige Fehlermöglichkeiten entdecken, die unbedingt auszuschließen sind:

Fehlerquellen

Dämpfe und Zigarettenrauch:

Da das Gerät nach dem Absorptionsprinzip arbeitet, zeigt sich, daß jeder Dampf, der das Licht der Wellenlänge 253,7 nm absorbiert, einen Ausschlag des Instrumentes hervorruft. Dieses Phänomen tritt besonders bei aromatischen Kohlenwasserstoffen, Schwefeldioxyd, Stickstoffdioxyd, Ozon, Azeton und Wasserdampf (Spray!), wie auch bei Zigarettenrauch auf. Lichtreflexionen:

Lichtreflexionen bewirken gleichfalls geringe Zeigeranschläge des Instrumentes. Das Gerät sollte deshalb nicht in unmittelbarer Nähe von polierten Oberflächen stabilisiert werden.

Raumtemperatur:

Das Gerät ist eindeutig Temperaturschwankungen unterworfen. Steigt die Temperatur z. B. über $+30^\circ\text{C}$, so ergibt sich ein ansteigender Zeigerausschlag; fällt die Temperatur dagegen auf Minus-Grade, so fällt der Zeiger ebenfalls ab. Alle Versuche sollten deshalb in einem konstanten Temperaturbereich durchgeführt werden. Unsere Raumtemperatur betrug $+16$ bis $+24^\circ\text{C}$.

Lüftung/Luftzirkulation:

Korrekte Messungen sind nur in einem nicht Hg-„verseuchten“ Räume möglich. Deshalb muß nach jedem Versuch intensiv gelüftet und hernach überprüft werden, ob sich das Meßgerät auf den Nullwert einpendelt.

Luftzirkulationen jeglicher Art während der Messungen, selbst z. B. durch Atmen, Sprechen, Spray, Klimaanlage etc., müssen als ursächlich für schwankende Hg-Konzentrationen erkannt werden.

Arbeitskleidung:

Über, insbesondere grob gewirkter Arbeitskleidung, die während des Umgangs mit Amalgam getragen

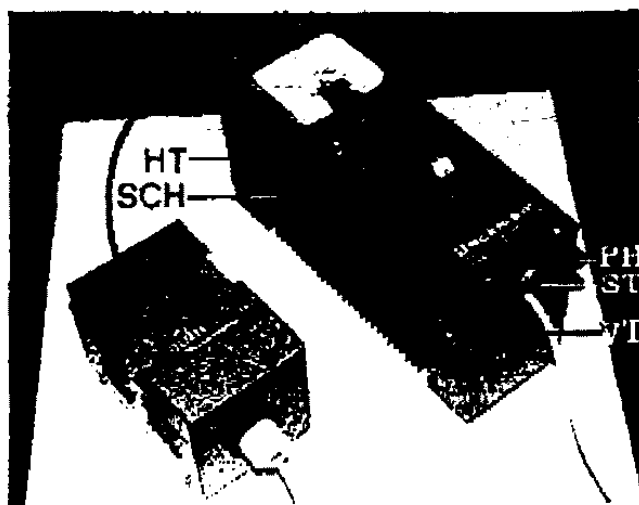


Abb. 1. Quecksilberdampfmeßgerät Beckman, Modell K 23

PH = Photozellengleichgewichtskontroll-Regler

ST = Startknopf

VT = Vorderer Geräteteil mit Quecksilberdampflampe

SCH = Schutzgitter, welches den eigentlichen Meßraum umschließt

HT = Hinterer Geräteteil mit Photozelle und UV-Filter

wird, sind Hg-Dämpfe registrierbar. Dies ist um so auffälliger, je länger die Kleidung nicht gewechselt und desto häufiger sie beim höchsttourigen Ausbohren von Amalgam getragen wurde.

Arbeitshaltung - Meßort - Arbeitsphasen

Der Meßort ist sehr entscheidend für die Meßwerte. Dieser sollte sich für eine korrekte arbeitshygienische Aussage möglichst in Atemhöhe unmittelbar neben dem zu Behandelnden befinden.

Untersuchungen bei zahnärztlichen Behandlungen zeigten, daß jeder Zahnarzt eine individuell-unterschiedliche Arbeitshaltung einnimmt. Diese hängt u. u. auch davon ab, ob am sitzenden oder liegenden Patienten und in welchem Kieferquadranten gearbeitet wird.

Diesbezügliche Messungen ergaben Abstände zwischen dem Kopf des Zahnarztes und dem Arbeitsgeschehen (=Munde des Patienten) zwischen 15 bis 40 cm. Die Kopfhaltung des zu Behandelnden war hierbei am liegenden Patienten mehr senkrecht, am sitzenden Patienten eher horizontal-lateral zum Arbeitsgeschehen.

Für unsere Untersuchungen legten wir zwei Meßpositionen fest:

Horizontale Messung = HM:

Das Meßgerät befindet sich horizontal-lateral neben dem Kopf des Patienten und entspricht damit in etwa der Behandlung am sitzenden Patienten.

Vertikale Messung = VM:

Das Meßgerät befindet sich direkt senkrecht über dem Munde des Patienten und entspricht damit in etwa der Behandlung am liegenden Patienten.

Abstand Meßgerät zum Arbeitsgeschehen: 25 cm.

An speziellen Arbeitsphasen wurden untersucht:

1. Stopfen von Amalgam.
2. Politur von Amalgam.
3. Ausbohren von Amalgam mit konventioneller Bohrmaschine.
4. Ausbohren von Amalgam mit Turbine.

Ergebnisse

Zunächst muß festgestellt werden, daß die bei jedem Zahnarzt unterschiedliche Arbeitsweise und „Luftbewegungen“ am Arbeitsplatz einen nicht unerheblichen Einfluß auf die meßbaren Hg-Dampfkonzentrationen ausüben. So führen z. B. ein mehr oder minder starker Andruck eines Fräsinstrumentes auf Amalgam oder bestimmte Handbewegungen, z. B. Reichen von Amalgam, und insbesondere das Ausatmen des Behandelten zu einem wellenförmigen Anfluten der Hg-Dämpfe. Dadurch entstehen typische Verläufe der gemessenen Hg-Konzentrationen, die wir in

den Abb. 2 und 3 dargestellt haben. Hieraus folgt aber auch zwangsläufig, sich innerhalb der einzelnen Meßreihen auf die jeweiligen, einzelnen Maximalwerte bzw. deren Mittelwerte zu beschränken. Im folgenden stehen für unsere zahlreichen Meßreihen eingangs jeweils 10 Messungen, danach nur noch die Mittelwerte repräsentativ.

1. Stopfen von Amalgam

1.1. Manuelles Stopfen

Wie bereits aus der Abbildung 2 zu ersehen ist, sind bei manuellem Stopfen von Amalgam nur plötzliche, wenige Sekunden bzw. Sekundenbruchteile dauernde Ausschläge des Anzeigensinstrumentes zu beobachten. Die dabei gemessenen Konzentrationen sind gering.

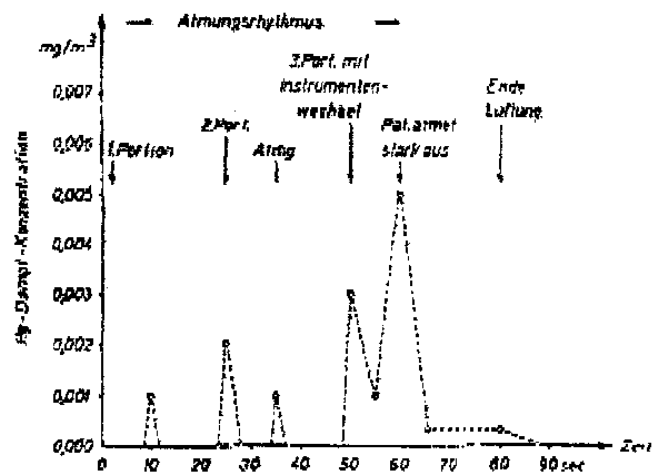


Abb. 2. Quecksilberdampfmessungen beim manuellen Stopfen von Amalgam (VM = Vertikale Messung am liegenden Patienten).

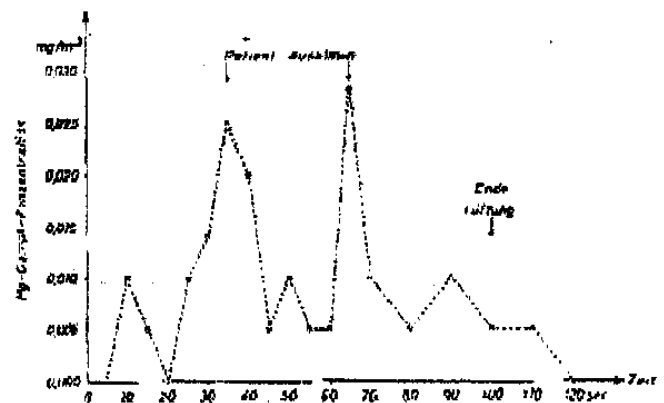


Abb. 3. Quecksilberdampfmessungen beim höchsttourigen Ausbohren von Amalgam mit Spray 280000 bis 300000 U/min (VM = Vertikale Messung am liegenden Patienten).

HG-Dampfkonzentr. der Raumluft/Arbeitsbereich

HM		VM	
Messung	mg/m ³	Messung	mg/m ³
1	0,002	1	0,005
2	0,001	2	0,005
3	0,002	3	0,006
4	0,003	4	0,010
5	0,002	5	0,005
6	0,001	6	0,008
7	0,003	7	0,004
8	0,000	8	0,006
9	0,001	9	0,004
10	0,002	10	0,010
Mittelwert	0,017		0,0063
	-0,002		=0,006

Bei HM treten diese Zeigerausschläge etwa nur ein- bis zweimal pro Minute auf. Die jeweiligen Konzentrationen liegen unter der Nachweisgrenze unserer Meßeinrichtung von 0,005 mg/m³.

Bei VM werden diese „plötzlichen Zeigerausschläge“ des Instrumentes häufiger und es ergeben sich Werte um 0,006 mg/m³. Dieses Anzeigen plötzlich auftretender Quecksilberdämpfe muß im Zusammenhang mit der Zugabe von Amalgam und der Atmung des Behandelten gesehen werden.

Mechanisches Stopfen

Bei der mechanischen Kondensation des Amalgams mittels des Cavitrons und seines Ansatzes PA-35 sind im Gegensatz zur manuellen nicht nur plötzliche, Sekunden-Bruchteile dauernde Zeigerausschläge des Meßinstrumentes registrierbar, sondern kurz nach Beginn der Kondensation treten fortlaufend, wenn auch z.T. geringste Hg-Dampfspannungen auf. Bei HM liegen die Konzentrationen ebenfalls unter der Nachweisgrenze unserer Meßeinrichtung von 0,005 mg/m³. Bei VM dagegen ergeben sich Werte bis zu 0,030 mg/m³; Mittelwert: 0,016 mg/m³.

Auch hier steht das Auftreten von Hg-Dämpfen in unmittelbarem Zusammenhang mit der Zugabe neuen Amalgams bzw. den Atmungsvorgängen aller unmittelbar Beteiligten.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß bei der manuellen Kondensation des Amalgams nur in Abhängigkeit von der Zugabe weiterer Amalgamportionen und dem Atmungs geschehen des Behandelten Hg-Dämpfe im Arbeitsbereich meß-

bar sind. Die Konzentrationen bewegen sich hierbei praktisch unter bzw. um die Nachweisgrenze des Meßsystems von 0,005 mg/m³.

Bei der *maschinellen Kondensation* des Amalgams lassen sich lediglich bei der VM Hg-Dampfkonzentrationen über der Nachweisgrenze, und zwar um 0,016 mg/m³ (Mittelwert), messen.

2. Politur der Amalgamfüllung

2.1. Vorpolitur mit Karborundumsteinchen (trocken)

Bei HM liegen während einer Vorpolitur mit Karborundumsteinchen evtl. entstehende Hg-Dämpfe unter der Nachweisgrenze unseres Meßsystems. Es ist überhaupt kein Ausschlag des Anzeigeelementes zu beobachten. Bei VM ist im Mittel der Meßwert aller Meßreihen 0,016 mg/m³.

2.2. Vorpolitur mit Finierer (trocken)

Bei HM liegen während einer trockenen Vorpolitur mit Finierer die Hg-Dämpfe knapp unter der Nachweisgrenze des Meßsystems von 0,005 mg/m³, und zwar bei 0,004 mg/m³. Bei VM ist im Mittel der Meßwert aller Meßreihen ähnlich jenem bei der Politur mit Karborundumsteinchen und liegt bei 0,017 mg/m³.

2.3. Politur mit Gummipolierer (trocken)

Das trockene Polieren einer Amalgamfüllung mit einem Gummipolierer führt stets zu Hg-Dämpfen. Die Konzentrationen sind z.T. sehr hoch und liegen bei 3,0 mg/m³ (VM). Hierbei zeigt sich eine Abhängigkeit vom Andruck des Instrumentes auf die Füllung und der jeweiligen Größe der Auflagefläche. Die Mittelwerte sind:
Bei HM: 0,029 mg/m³.
Bei VM: 1,250 mg/m³.

2.4. Politur mit Bürste und Schlammkreide

Bei der Politur einer Amalgamfüllung mit Bürste und wasserangereicherter Schlammkreide macht sich nicht nur der Andruck auf die Oberfläche der Füllung, sondern ganz besonders die Feuchtigkeit der Schlammkreide auf die jeweiligen Hg-Dampfkonzentrationen bemerkbar. Ist z.B. die Schlammkreide aufgebraucht, so kommt es unmittelbar danach zu einem Anstieg der Hg-Dampfkonzentrationen.

tration. Bei ständiger Zugabe von Schlammkreide registrierten wir Hg-Dampfkonzentrationen von (jeweils Mittelwerte):

HM: 0,005 mg/m³.

VM: 0,017 mg/m³.

2.5. Politur mit dem Schlagpolierer (trocken)

Bei Politurmaßnahmen mit dem Schlagpolierer zeigen sich sowohl bei HM als auch bei VM keine Ausschläge des Anzeiginstrumentes.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß gerade im Hinblick auf entstehende Hg-Dämpfe bei Politurmaßnahmen eine deutliche Abhängigkeit von der Größe und der Beschaffenheit der Füllungs Oberfläche sowie der Politurdauer, dem Andruck des Instrumentes und der Feuchtigkeitzufuhr besteht. So erzeugt trockenes, breitflächiges Polieren mit dem Gummipolierer vermehrt Hg-Dämpfe. Bei einem stärkeren Andruck des Gummis werden bei VM Konzentrationen bis zu 3,0 mg/m³ gemessen!

Druckloses Polieren mit Karborundumsteinchen und Finierern oder feuchtes Polieren mit Bürste und Schlammkreide ergibt weit geringere Werte; die Konzentrationen liegen bei VM um 0,017 mg/m³.

Beim Anpolieren einer bereits geglätteten Füllungs Oberfläche mit einem Schlagpolierer sind keine Werte mit unserer Meßeinrichtung registrierbar.

3. Ausbohren mit konventioneller Bohrmaschine (ca. 5000 U/min; Rosenbohrer Größe 10)

3.1. Mit Wasserberieselung

Beim Entfernen einer Amalgamfüllung mit niedertouriger Umdrehungszahl und unter Wasserberieselung lassen sich weder bei HM noch bei VM Hg-Dämpfe mit unserer Meßeinrichtung nachweisen.

3.2. Ausbohren ohne Wasserberieselung

Wird eine Amalgamfüllung niedertourig und trocken entfernt, so treten Hg-Dämpfe auf. Die jeweiligen Konzentrationen stehen in unmittelbarem Zusammenhang mit der Dauer des Vorgangs und dem Atmungsgeschehen im Arbeitsbereich.

Bei HM liegen die Hg-Dampfkonzentrationen knapp unter der Nachweisgrenze unseres Meßsystems, und zwar bei 0,004 mg/m³ (Mittelwert). Bei VM ist im Mittel der Höchstwert aller Meßreihen 0,024 mg/m³.

4. Ausbohren mit der Turbine

(ca. 280000 bis 300000 U/min; Fissurenbohrer Größe 5 ohne Querschub)

4.1. Ausbohren mit Spray

Beim höchsttourigen Entfernen einer Amalgamfüllung mit Spray entstehen stets Hg-Dämpfe. Die innerhalb der einzelnen Untersuchungsreihen gemessenen Konzentrationen sind unterschiedlich hoch. Ein Maximalwert von 0,100 mg/m³ läßt sich nur durch einen länger dauernden Ausbohrvorgang erklären, wobei zugleich aller Wahrscheinlichkeit nach nicht immer eine intensive Spraykühlung der Bohrstelle gegeben war. Als Mittelwerte ergeben sich:

Bei HM: 0,027 mg/m³.

Bei VM: 0,060 mg/m³.

4.2. Ausbohren ohne Spray

Beim höchsttourigen Entfernen einer Amalgamfüllung ohne Spray erweist sich sofort nach Fräsbeginn die „Upper“-Skala unseres Meßsystems nicht mehr für ausreichend und es muß auf die „Lower“-Skala kalibriert werden.

Bei HM ergeben sich bereits 5 Sekunden nach Fräsbeginn relativ hohe Werte, die im Mittel bei 1,26 mg/m³ liegen. Bei VM mußten wir stets nach einer ca. 50 Sekunden dauernden Fräszeit feststellen, daß auch der neue Meßbereich unseres Meßsystems bis 3,0 mg/m³ nicht mehr ausreicht und überschritten wird.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß bei niedertourigem (5000 U/min) Ausbohren von Amalgamfüllungen mit Wasserberieselung keine Hg-Dämpfe mit unserer Meßeinrichtung registriert werden können.

Wird eine Amalgamfüllung ohne Wasserberieselung entfernt, so entstehen praktisch nur bei VM Quecksilberdampfkonzentrationen, die über die untere Nachweisgrenze unseres Meßsystems von 0,005 mg/m³ hinausgehen und im Mittel bei 0,024 mg/m³ liegen.

Bei *höchsttourigem* Entfernen (ca. 280000 bis 300000 U/min) von Amalgamfüllungen entstehen stets Hg-Dämpfe. Die maximalen Konzentrationen der einzelnen Meßreihen weisen eine starke Abhängigkeit von der Spraykühlung und der Dauer des Ausbohrens auf.

Beim Vorgehen *mit* Spray liegen je nach Meßort die Konzentrationen bei 0,027 mg/m³ (HM) bzw. 0,060 mg/m³ (VM).

Bei der Entfernung einer Amalgamfüllung *ohne* Spray ergeben sich wesentlich höhere Werte, die bei HM im Mittel um 1,26 mg/m³ liegen und bei VM nach einem einige Sekunden dauernden Frösvorgang bereits über den Meßbereich unseres Meßsystems von 3,0 mg/m³ hinausgehen. Die sehr hohen Werte sind bedingt durch das trockene Vorgehen, den Andruck des Instrumentes (zunehmende Reibungswärme) und das Ausatmen „angestauter Hg-Dämpfe“ seitens des Behandelten.

Diskussion

Diese Untersuchungen auf spektrophotometrischem Wege zeigen eindeutig, daß bei den verschiedensten Phasen der Amalgam-Verarbeitung Hg-Dämpfe entstehen können.

Hierbei zeigt sich — speziell auch in den Voruntersuchungen — eine besonders auffällige Abhängigkeit der gemessenen Hg-Dampfkonzentrationen von folgenden Faktoren:

Raumgröße, Ausstattung (fugenloser Fußboden), Belüftungsverhältnisse, Meßpunkt, wobei nicht nur der Abstand (cm-Angabe erforderlich!), sondern auch der Standort des Meßgerätes zum Arbeitsgeschehen entscheidenden Einfluß auf die Meßwerte haben.

Arbeitsposition und -weise des Zahnarztes; z. B. Arbeitshaltung am liegenden oder sitzenden Patienten; oder Andruck eines Instrumentes bei der Amalgamverarbeitung; Wasserzufuhr u. a. m. ... Luftbewegungen im Arbeitsbereich; besonders von jenen, die durch Ausatmen quecksilberdampfangericherter Luft (!) von seiten des Patienten während dessen Amalgamfüllungsvorsorgung hervorgerufen werden.

Im einzelnen kann festgestellt werden:

Beim *manuellen Stopfen* einer Amalgamfüllung lassen sich praktisch keine Hg-Dämpfe nachwei-

sen. Geringe, kurzzeitige Ausschläge des Meßinstrumentenzeigers bei vertikaler Messung bis maximal 0,006 mg/m³ (Mittelwert) werden einerseits auf die Atmung des Behandelten und die dabei stattfindende Ausatmung „angestauter Hg-Dämpfe“ zurückgeführt, andererseits bewirkt bereits das Einbringen einer (größeren) Amalgamportion einen geringen kurzzeitigen Ausschlag des Meßinstrumentenzeigers.

Bei der *maschinellen* Kondensation einer Amalgamfüllung mit dem Ultraschall-Gerät und dem Spezial-Ansatz TA-35 werden die Quecksilberdampfregistrierungen häufiger, insbesondere dann, wenn die Kondensation längere Zeit in Anspruch nimmt und nicht völlig drucklos und intermittierend durchgeführt wird. Die Erwärmung des Cavitron-Ansatzstückes und das dadurch freiwerdende, an die Oberfläche tretende Hg verursachen den Hg-Dampfanstieg. Die gemessenen Werte sind jedoch bei sachgemäßem Vorgehen gering und übersteigen auch bei vertikaler Messung den Mittelwert von 0,016 mg/m³ nicht. Verfährt man in praxi gegen die Anweisung, Wasser reichlich zu- und über einen Schlauch abzuleiten, so erwärmt sich das Cavitron-Ansatzstück erheblich. Gleichzeitig tritt eine Erhöhung der Hg-Dampfspannung auf.

Die *Politur* einer Amalgamfüllung bedarf vielfach einer Vorpolitur mit Karborundumsteinchen und Finierern.

Bei *trockenem* Vorgehen und mäßigem Andruck konnten hierbei Hg-Dampfkonzentrationen um 0,017 mg/m³ (VM; Mittelwert) festgestellt werden, ganz im Gegensatz zum gleichen Vorgehen mit Gummipolierern. Wird mit diesen ohne jegliche Feuchtigkeitszufuhr poliert, so steigen bei vertikaler Messung die Konzentrationen über 0,1 mg/m³. Dieser Wert wird um so schneller erreicht und überschritten, desto intensiver der Andruck des Polierinstrumentes auf die Füllungs Oberfläche ist. Maximal werden Hg-Dampfkonzentrationen bis zu 3,0 mg/m³ registriert.

Politurmaßnahmen *mit „Wasser“*, z. B. Hochglanzpolitur mit Bürste und Schlammkreide, lassen nur für Sekundenbruchteile geringste Hg-Dampfkonzentrationen erkennen (Mittelwerte: HM 0,005 mg/m³; VM: 0,017 mg/m³).

Diese Konzentrationsanstiege hängen unmittelbar mit dem Aufbrauch – in unserem Falle – der Schlammkreide zusammen.

Beim *Ausbohren der Amalgamfüllung* hängt das Entstehen von Hg-Dämpfen von mehreren Faktoren ab. Wird Amalgam *niedertourig* (5000 U/min) mit *Wasser-Kühlung* entfernt, so sind keine Hg-Dämpfe registrierbar. Erfolgt derselbe Vorgang *ohne Wasserzufuhr*, so werden bei vertikaler Messung Hg-Dampfkonzentrationen von 0,024 mg/m³ (Mittelwert) gemessen. Bei horizontal-lateraler Messung liegen die Werte knapp unter der Nachweisgrenze unseres Meßsystems von 0,005 mg/m³.

Beim *höchsttourigen* Entfernen von Amalgamfüllungen treten nahezu ununterbrochen Hg-Dämpfe auf. Die Hg-Dampfkonzentrationen bewegen sich von 0,027 mg/m³ (mit Spray) bis über die oberste Nachweisgrenze unseres Meßsystems von 3,0 mg/m³ (ohne Spray). Dies ist zweifellos auf die hohe Umdrehungszahl und die dadurch – insbesondere beim trockenen Vorgehen! – entstehende Reibungswärme zurückzuführen. Darüber hinaus dürfte beim Ausbohren die Stärke des Instrumentenandrucks, die Kühlung der unmittelbaren Bohr- und Frässtelle oder auch ein abgelenkter Spraystrahl, z. B. durch falsche Suktork-Handhabung, und der Zerstäubungseffekt eine wichtige Rolle spielen. Gerade bei der Zerstäubung der Amalgam- bzw. Hg-Teilchen vergrößert sich deren absolute Oberfläche und bewirkt somit eine erhöhte Quecksilberdampfabgabe.

Diese Untersuchungen lassen klar erkennen, daß eine maschinelle Bearbeitung von Amalgam stets unter reichlicher Wasserzufuhr und Kühlung sowie möglichst niedertourig durchgeführt werden sollte.

Wichtig erscheint uns noch der Hinweis, daß diese Messungen an unterschiedlich alten Amalgamfüllungen durchgeführt wurden. Es zeigte sich hierbei kein auffälliger oder gar entscheidender Einfluß auf die jeweiligen Hg-Dampfkonzentrationen.

Vergleichen wir diese im unmittelbaren Arbeitsbereich gemessenen Hg-Dampfkonzentrationen mit jenen, die z. B. R. Kropp (1963/64), W. Ketterl und L. Lampecht (1964), F. W. Böcker und R. Marskors (1965), G. Knolle (1969) und wir früher

in der Raum-Luft zahnärztlicher Arbeitsräume registriert haben (1963), so ist übereinstimmend festzustellen:

1. Bei der Amalgamverarbeitung in zahnärztlichen Praxisräumen ist die Entstehung von Hg-Dämpfen gegeben.
2. Die jeweilige Hg-Dampfkonzentration wird von der Handhabung unterschiedlichster Arbeitsphasen wesentlich beeinflusst.
3. Die Hg-Dampfkonzentrationen sind im unmittelbaren Arbeitsbereich stets höher als im umgebenden Räume.
4. Die Beschaffenheit der Arbeitsräume und die Wahl der jeweiligen Hilfsmittel zur Amalgamverarbeitung spielen eine wichtige Rolle.

Die Konsequenz aus diesen Untersuchungen für den Zahnarzt und sein Personal wäre – insbesondere hinsichtlich der eingangs erwähnten Kumulationsmöglichkeit – sich grundsätzlich zu bemühen, alle nur erdenklichen Quecksilberdampf-„Quellen“ zu erkennen, anzugehen und wenn möglich auszuschalten.

Als wichtigste prophylaktische Maßnahme zur Gesunderhaltung des Zahnarztes und seines Personals müßte die stetige Überwachung seiner Arbeitsräume gefordert werden. Dabei ist daran zu denken, daß die Hg-Dampfkonzentrationen im unmittelbaren Arbeitsbereich stets höher sind als im umgebenden Räume (Messungen in Atemhöhe und in unmittelbarer Nähe des Beschäftigten!). Messungen an Ruhezügen ohne Lüftung können außerdem weitere, wichtige Aufschlüsse geben [5, 21].

Summary

By means of a spectro-photometric measuring method, tests are made regarding the development of Hg vapors at the dental working place when processing amalgam. Depending on the step in amalgam processing and the location, more or less high Hg vapors concentrations were measured. They are highest with high-speed, dry preparation of amalgam fillings, they decrease considerably with lower speed and more intensive cooling (spray!).

Résumé

En employant une méthode de mesure spectro-photométrique, on a pratiqué des examens de lieux de travail de dentistes pour détecter l'apparition de vapeurs de mercure lors de la préparation de l'amalgame.

Schriften:

1. Baader, E. W.: Quecksilbervergiftung in Baader: Handbuch der gesamten Arbeitsmedizin, Aufl. Bd. 1/1 S. 165, Urban & Schwarzenberg, Berlin-München-Wien 1961.
2. Baader, E. W.: Berufskrankheiten. Urban & Schwarzenberg, München-Berlin 1960.
3. Böcker, F.W., und Marxkors, R.: Untersuchungen über den Quecksilberdampfgehalt in der Luft bei der Verarbeitung von Amalgamen. Dtsch. Zahnärztl. 19, 127 (1965).
4. Borinski, P., und Fischer, F.: Die Gefährdung des Zahnarztes durch Quecksilber. Zahnärztl. Rdsch. 17, 1861 (1972).
5. Castagnola, L., und Wirtz, J.: Die Quecksilberverdampfung bei der Verarbeitung von Silberamalgamen. Gesundheits. Wiss. Zeitdr. 63, 722 (1973).
6. Celeste, A. G., und Shane, C. G.: Mercury in Fish. FDA-Papers, S. 27 (1970).
7. Diesch, B.: Chronische Quecksilbervergiftung in der zahnärztlichen Praxis. Zahnärztl. Prax. 15, 49 (1964).
8. Eyer, H.: Umweltschäden und Gesundheit. Ärztl. Prax. 25, 651 (1973).
9. Fleischmann, F.: Zur Frage der Gefährlichkeit kleinster Quecksilbermengen. Klin. Wschr. 7, 186-188 (1928).
10. Harndt, E.: Ergebnisse klinischer Untersuchungen zur Lösung der Amalgam-Quecksilber-Frage. Dtsch. Zahnärztl. Wschr. 27, 564 (1930).
11. Harris, Ch. A.: The principles and practice of dental surgery; Philad. 1848. zit. n. Riethe, P. [24].
12. Herbst, A.: Renale Quecksilberausscheidung bei Zahnärzten und deren Hilfspersonal. Dtsch. Stomat. 13, 887 (1963).
13. Jørgensen, K. D., und Okuda, R.: Mercury leakage of amalgam capsules. Acta odont. scand. 29, 461 (1971).
14. Ketterl, W., und Lamprecht, K.: Zum Problem des Quecksilber-Dampf-Gehaltes in zahnärztlichen Räumen. Dtsch. Zahnärztl. Z. 19, 1104 (1954).
15. Knolle, G.: Gewerbehygienische Probleme bei der Amalgamverarbeitung in der zahnärztlichen Praxis. Düsseldorf 1969.
16. Koelsch, F.: Lehrbuch der Arbeitsmedizin Bd. I. Deke, Stuttgart 1967.
17. Kröncke, A., Gülzow, H.-J., und Mayer, R.: Gesundheitsgefährdung durch Quecksilber in der zahnärztlichen Praxis? Dtsch. Zahnärztl. 17, 643 (1963).
18. Krupp, R.: Untersuchungen über den Quecksilberdampfgehalt in der Luft zahnärztlicher Praxen. Zahnärztl. Mitt. 53, 849 (1963).
19. Krupp, R.: Untersuchungen über den Quecksilberdampfgehalt in der Luft zahnärztlicher Praxen. Zahnärztl. Mitt. 54, 1110 (1964).
20. Kühl, W.: Die Quecksilberabgabe von Amalgamfüllungen. Dtsch. Zahnärztl. Z. 21, 496 (1966).
21. Meyer, R.: Gesundheitliche Gefahren durch Quecksilberdämpfe. In K. Eichner: Zahnärztliche Werkstoffkunde, A. Hühlig, Heidelberg 1974.
22. Nissen, M., von, und Seibert, W.: Der Quecksilberdampfgehalt in der Luft zahnärztlicher Praxisräume unter besonderer Berücksichtigung der Ultraschall-Kondensation von Amalgam. Dtsch. Stomatol. 19, 787 (1969).
23. Reumann, S., Kießling, H. P., und Baur, G.: Chronisch schleichende Quecksilbervergiftung in der zahnärztlichen Praxis. Arch. Toxikol. 20, 12 (1963).
24. Riethe, P.: Die Quintessenz der Amalgamfüllung. „Die Quintessenz“ Berlin 1971.
25. Schönbaum, P.: Versuche über die Quecksilberabgabe von Amalgamfüllungen. Österr. Z. Stomatol. 27, 241 (1927).
26. Schönbaum, P.: Versuche über die Quecksilberabgabe von Amalgamfüllungen. Österr. Z. Stomatol. 23, 193 (1927).
27. Schönbaum, P.: Zur Frage der Intoxikation durch Amalgamfüllungen. Österr. Z. Stomatol. 27, 33 (1929).
28. Scobbie, R.: Flameless atomic absorptions determination of mercury concentration in fish. Marit. Technol. Springvale, Australia 1971.
29. Stock, A.: Die Gefährlichkeit des Quecksilbers und der Amalgame. Z. angew. Chem. 39, 900 (1926).
30. Stock, A.: Die Gefährlichkeit des Quecksilbers und der Amalgam-Zahnfüllungen. Z. angew. Chem. 41, 663 (1928).
31. Stock, A.: Der Quecksilbergehalt der menschlichen Ausscheidungen und des menschlichen Blutes. Angew. Chem. 47, 641 (1934).
32. Stock, A., und Cucuel, F.: Aufnahme und Verteilung des Quecksilbers im Organismus. Angew. Chem. 47, 801 (1934).
33. Stock, A.: Die chronische Quecksilber- und Amalgamvergiftung. Zahnärztl. Rdsch. 48, 371 u. 403 (1925).
34. Stock, A.: Die Gefährlichkeit des Quecksilberdampfes. Angew. Chem. 39, 461 (1927).
35. Stock, A., Lux, H., Cucuel, F., und Küflic, H.: Zur mikrometrischen Bestimmung kleinster Quecksilbermengen. Angew. Chem. 46, 62 (1933).
36. Stock, A., und Cucuel, F.: Die Bestimmung des Quecksilbergehaltes der Luft. Ber. dtsh. chem. Ges. 67, 122 (1934).
37. Stock, A., und Neuenchwander-Lammer, N.: Die mikroanalytische Bestimmung des Quecksilbers. Ber. dtsh. chem. Ges. 71, 550 (1938).
38. Wirth, W., Hecht, G., und Glöckner, Ch.: Toxikologie-Fibel 7. Aufl. Thieme, Stuttgart 1971.
39. Würzel, A.: Das Füllen der Zähne mit Amalgam. Berliner Verlagsanstalt 1899.

Anschrift des Verfassers: Prof. Dr. R. Mayer,
74 Tübingen, Ostlanderstr. 2-8