

Quecksilber gestern, heute, morgen

Mercury "revisited" (ein letztes Wiedersehen mit Quecksilber)

2. Teil: Amalgam in der Zahnheilkunde

Fritz Schweinsberg

Korrespondenzadresse: Prof. Dr. Fritz Schweinsberg, Gustav-Groß-Straße 89, 72760 Reutlingen; E-Mail: FritzSchweinsberg@t-online.de

(Übersicht: Hanson & Pleva 1991, Weiner & Nylander 1996, Berlin 2004, Brownawell et al. 2005, Bates 2006, Roberts & Charlton 2009)

Zusammenfassung

Über Nutzen und Risiko von Amalgamfüllungen in der Zahnheilkunde wurde ein jahrhundertlanger "Krieg" geführt, (der bis heute andauert). Stimuliert durch diese Kontroverse wurde sowohl die Qualität von Amalgamfüllungen als auch der Umgang damit verbessert: Vom Kupferamalgam über Silberamalgam schließlich zum korrosionsbeständigen Non-gamma-2-Phasen-Silberamalgam in Kapseln. Diese Entwicklung hat aber nicht verhindert, dass Amalgam heute in Deutschland kaum noch verwendet wird.

Gleichwohl gibt es zur gesundheitlichen Bewertung von Amalgamfüllungen aktuelle Untersuchungen. In drei umfangreichen prospektiven Langzeitstudien konnten bei Kindern mit Amalgamfüllungen im Alter zwischen 6 und 11 Jahren keine signifikanten Defizite in der kognitiven Entwicklung sowie in der Nierenfunktion nachgewiesen werden. In 11 ausgewählten epidemiologischen Studien unterschiedlicher Qualität (z.B. kleine Fallzahlen, kein interdisziplinärer Ansatz) aus den skandinavischen Ländern und aus Deutschland (1997-2010) zur Ursache einer selbst-vermuteten Amalgamkrankheit ergaben ein heterogenes Bild; eine ursächliche Beteiligung von Quecksilber an den beschriebenen vielfältigen psychosomatischen Beschwerden konnte nicht nachgewiesen werden.

Neben einer verbesserten Kariesprophylaxe ist alternatives Füllungs-material vor der Anwendung in der Zahnheilkunde auf gesundheitliche Unbedenklichkeit zu untersuchen.

Schlagwörter: Quecksilber, Kupferamalgam, Silberamalgam, *Non-Gamma-2-Phasen-Silberamalgam*, Amalgamkriege, selbst diagnostizierte Amalgamkrankheit, psychosomatische Effekte, alternatives Dentalmaterial

Amalgam-Zahnfüllungen wurden bereits in der *materia medica* im China der Tang-Dynastie (ab 600 n. Chr.) beschrieben. In einem Manuskript aus dem Jahr 1528 wurde in Tübingen ein Amalgamrezept des Ulmer Arztes Johannes Stocker entdeckt, dessen Material aus Kupfervitriol und Hg bestand (Riethe 1980). Im Gebiss der Prinzessin Anna Ursula von Braunschweig wurde eine Amalgam-

Abstract

Mercury – yesterday, today, and tomorrow

Over centuries, the risk and benefit of amalgam fillings in dentistry caused a still prevailing amalgam war. Stimulated by this conflict, the quality and use of amalgam fillings have been improved: ranging from copper amalgam to silver amalgam and finally anti-corrosive non-gamma-2-phase silver amalgam in capsules. However, despite this development, amalgam is hardly used in Germany today.

Nevertheless, results have recently been published on possible health effects of dental amalgam fillings. Three large-scale prospective long-term studies in amalgam-bearing children, aged 6 to 11 years, showed no significant deficiencies in the cognitive development as well as renal function. In 11 selected epidemiological studies of various quality (e.g., low number of participants, no multidisciplinary approach) carried out in Scandinavia and Germany (1997–2010), an attempt was made to unveil the cause of self-diagnosed amalgam illness. The results revealed many different psychosomatic complaints, however, no perceptible contribution of mercury could be found.

In addition to a more efficient caries prophylaxis, it is essential to check that alternative filling material is harmless to health prior to its use in dentistry.

Keywords: Mercury, copper amalgam, silver amalgam, non-gamma-2-phase silver amalgam, amalgam war, self-reported amalgam illness, psychosomatic effects, alternative dental materials

füllung und eine kleine Goldfüllung aus dem Ende des 16. Jahrhunderts *in situ* nachgewiesen (Czarnetzki und Ehrhardt 1990).

Generell gilt: Amalgam ist als Füllmaterial leicht, schnell und kostengünstig zu verarbeiten. Es hat ausgezeichnete Materialeigenschaften und Haltbarkeit (Mutter et al. 2005).

1 ERSTER AMALGAMKRIEG*

(Goldwater 1972, Hyson 2006)

1833 brachten die zwei polnischen Crawcour-Brüder aus Europa ein Produkt nach New York, das die beiden als "Royal Mineral Succedaneum" ankündigten, als ein preiswerter Ersatz für das richtige "Royal Mineral", nämlich Gold. Sie verkauften das Amalgam unter dem verheißungsvollen Label "Silver Fillings", bestens geeignet zur Füllung kranker Zähne. Sie verstanden es sehr gut ihr "Succedaneum" zu verkaufen, und die amerikanischen Zahnärzte – auf Gold spezialisiert – hatten ein wirtschaftliches Problem. Das Füllungsmaterial aus Amalgam wurde alsbald als gesundheitsschädlich eingestuft, und 1843 brach dann der 1. Amalgamkrieg aus. Die amerikanische Gesellschaft der Zahnärzte ließ, eingedenk mittelalterlicher religiöser Kontroversen, ihre Mitglieder ein Versprechen folgenden Wortlauts unterzeichnen: "Ich versichere hiermit, dass es meine felsenfeste Überzeugung ist, dass Amalgam keinesfalls für das Legen von Zahnplomben geeignet ist". Wer nicht unterschrieb, flog aus der Society. Auch Jonathan Taft, renommierter amerikanischer Zahnarzt in dieser Zeit, der sich bei der Beratung und Behandlung von Patienten mit Zahnerkrankungen sehr verdient gemacht hat, war ein scharfer Kritiker der Verwendung von Amalgamfüllungen (Ring 2006). Rückblickend bleibt festzustellen, dass gesundheitliche Aspekte im 1. Amalgamkrieg eher von nachgeordneter Bedeutung waren.

2 WISSENSCHAFTLICHE ENTWICKLUNG VON AMALGAM-ZAHNFÜLLUNGEN

Adolph Witzel (1899) in Deutschland und Greene Vardiman Black (Schewe 1950) in den USA (dort als Vater der modernen Zahnheilkunde bekannt) haben durch umfangreiche Experimente mit unterschiedlichen Gemischen eine wissenschaftlich orientierte Füllungstherapie mit Amalgam angestoßen. Dabei kommt Witzel aufgrund eigener Versuche zu dem Schluss: "diese (seine Ergebnisse) entziehen der vielfach gehegten Meinung, dass Hg aus bereits erhärteten Amalgamfüllungen noch verdampfen könne, gänzlich den Boden" (Witzel, p. 222, 1899). Das gilt auch noch 1964: "... Damit steht fest, dass in Dampfform vorliegendes Quecksilber bei Amalgamfüllungen im Mund nicht vorkommt ..." und "... Nachdem eine Gesundheitsschädi-

gung durch verdampfendes Quecksilber aus Amalgamfüllungen im Mund auszuschließen ist ..." (Schach 1964). Bis in die 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts wurde *Kupferamalgam* verwendet. Max von Pettenkofer berichtete 1848 in einem Vortrag vor der königlich Bayerischen Akademie der Wissenschaften über Kupferamalgam: "... dessen sich Pariser Zahnärzte zum Ausfüllen der Höhlungen cariöser Zähne ... mit großem Vortheile bedienen". Eine von ihm untersuchte Probe Kupferamalgam "bestand aus 30 Theilen Kupfer und 70 Theilen Quecksilber" (Pettenkofer 1849). Wegen der geringen chemischen Beständigkeit und der umweltschädlichen Verarbeitung (es wurde vorgemischt geliefert und musste zur Verarbeitung durch Erhitzen erweicht werden) wurde es durch Silberamalgam ("Edelamalgam") ersetzt.

Die zusammengesetzten Amalgame wurden seit dem Ende des 19. Jahrhunderts verwendet. Sie bestehen zu gleichen Teilen aus Hg und einer Feilungsmischung aus Ag, Sn und Cu; sie wurden mit Mörser und Pistill angeteigt. Vor dem Legen der Füllung wurde vom Zahnarzt ein Hg-Überschuss zwischen den Fingerspitzen herausgepresst (Witzel, p. 67, 1899). Die Silberamalgame hatten anfänglich mehr Sn und weniger Cu, dies führte zur Bildung einer instabilen Gamma-2-Phase (Sn₇₋₈Hg).

Die seit ca. 30 Jahren in der Zahnheilkunde üblichen *Non-Gamma-2-Phasen*-Silberamalgame enthalten etwas mehr Kupfer und weniger Zinn als frühere Mischungen und sind dadurch korrosionsbeständiger; die Präparation erfolgt in einer Kapsel.

3 ZWEITER AMALGAMKRIEG

Der Chemiker Alfred Stock wurde 1921 zum Direktor des berühmten Kaiser-Wilhelm-Instituts für Chemie ernannt. Der damals renommierte Toxikologe Louis Lewin diagnostizierte 1924 bei Stock Quecksilber als Ursache seines schweren Leidens. Der Verdacht fiel auf Hg-haltige Geräte im Labor, auf einen Ausfall der Entlüftungsanlage im Labor sowie auf Amalgamfüllungen. Stock publizierte 1926 über "Die Gefährlichkeit des Quecksilberdampfes und der Amalgame". Dabei beschrieb er ausführlich und umfassend die Symptome, die durch die "heimtückische Hg-Dampf-Vergiftung" (Hg-Dampf ist farb- und geschmacklos und besitzt schleichende Wirkungsweise) bei ihm ausgelöst wurden, vor allem auch den Verlust kognitiver Fähigkeiten, z.B. Erinnerungslücken, Gedächtnisschwund. Als weitere Symptome wurden erwähnt: Kopfschmerz, Schwindel, Sehstörungen, Reizbarkeit, Tremor, Fingerzittern, Salivation, Gingivitis, alles Symptome einer Hg-Dampf-Vergiftung. In der Publikation ist folgende Passage besonders hervorgehoben: "Jedenfalls ist erwiesen, dass das längere Einatmen auch außerordentlich kleiner Hg-Mengen (täglich 1 bis 10 µg) Gesundheitsstörungen hervorruft ..."

* Die Bezeichnung "Krieg" – Konflikt mit Waffen – erscheint in diesem Zusammenhang doch etwas übertrieben, da in diesem Konflikt mit Worten gefochten wurde. Die Zahl der "Kriegsopfer" ist unbekannt. Der amerikanische Bürgerkrieg forderte in dieser Zeit 650.000 Tote. Auch übertrifft die Dauer der Amalgamkriege die anderer Kriege bei Weitem.

Toxische Effekte nach Hg-Exposition am Arbeitsplatz wurden vor allem bei Chemikern, aber auch bei Zahnärzten beschrieben. Beispiele von Amalgamträgern waren aber eher selten und die quantitative Hg-Belastung wenig überzeugend dargestellt. Schmidt et al. (1926), stellten dazu fest, dass – anders als von Stock betont – bereits genügend überzeugende Berichte zur hohen Hg-Toxizität bekannt seien, z.B. durch die Behandlung der Syphilis mit Hg (Kussmaul 1861) sowie aus der Arbeitsmedizin, z.B. Spiegelherstellung (Ramazzini 1718). Die Ergebnisse des berühmten Kollegen wurden auch durch Borinski (1931) kritisch gewertet: Dieser wies darauf hin, dass von ihm durchgeführte Untersuchungen gezeigt hätten, dass auch über die Nahrung relevante Hg-Belastungen im Bereich der von Stock durch Amalgam gefundenen auftreten können. In einer weiteren Publikation stellte Stock 1934 in einer Fußnote fest, dass die älteren Hg-Bestimmungen von anderen aber auch von seiner Arbeitsgruppe "wenig Vertrauen verdienen". Dazu bemerkt Goldwater in seinem Buch "Mercury; a history of quicksilver" (1972), dass die wesentlichen Forschungsergebnisse von Stock nach 1934 publiziert wurden. Bei Goldwater steht auch, dass die amerikanische Gesellschaft der Zahnärzte zwar die Anwendung von Amalgam verboten hat, sich aber um die Gesundheit ihrer stark exponierten Mitglieder weniger Gedanken machte, da diese anscheinend mehr um Aufträge denn um ihre Gesundheit besorgt waren. Untersuchungen zur hohen Hg-Belastung von Zahnärzten und zahnärztlichem Personal wurden erst nach dem 2. Amalgamkrieg publiziert: Preussner et al. beklagen 1962, dass die Gefährdung des Zahnarztes und seiner Helfer durch Hg in älteren Untersuchungen kaum beschrieben worden sei. Weikart betont 1966, dass die chronische Hg-Vergiftung unter den Zahnärzten und deren Helfern, allerdings meist als Berufsnervosität gedeutet, weit verbreitet ist. Heute – da die Belastung an zahnärztlichen Arbeitsplätzen deutlich gesunken ist – gibt es genügend Untersuchungen dazu, z.B. Kelman 1978, Skare et al. 1990, Langworth et al. 1997, und Literaturangaben darin. Vor allem in den skandinavischen Ländern wurden wesentliche Beiträge zu diesem Thema geliefert. Immerhin haben die beiden ersten Amalgamkriege auch bewirkt, besseres Hg-haltiges Füllmaterial zu entwickeln.

4 DRITTER AMALGAMKRIEG

In den 90-er Jahren begann der 3. Amalgamkrieg, der bis heute fortbesteht. Hansen und Pleva (1991) beklagen, dass die Diskussion um die Anwendung von Amalgam in der Zahnmedizin vor allem unter dem Mangel an Interdisziplinarität leidet. Es gibt zahlreiche Untersuchungen, die die Behauptung der Protagonisten von Amalgamen, aus den einmal gelegten Füllungen würde kein Quecksilber mehr

entweichen, wissenschaftlich widerlegen. Auch an der Universität Tübingen wurde eine Studie dazu durchgeführt mit dem Ergebnis, dass die Höhe der renalen Hg-Ausscheidung mit der Wertigkeit (Zahl und Größe der Oberfläche) der Amalgamfüllungen signifikant korreliert. Das nach dem Legen neuer Füllungen vorgeschriebene (nicht immer durchgeführte!) Polieren bewirkt eine deutliche Reduktion der Hg-Emissionen in die Mundhöhle (Herrmann & Schweinsberg 1993). Aus Amalgamfüllungen wird Quecksilberdampf kontinuierlich freigesetzt und dieser trägt nach Inhalation messbar zur Quecksilberbelastung des Organismus bei. Die entscheidende Frage ist, ob die resorbierte Menge langfristig gesundheitliche Schäden verursachen kann. Die aus Amalgamfüllungen freigesetzten Konzentrationen an Hg-Dampf können durch Bruxismus und Kaugummikauen aber auch durch Zähneputzen erheblich erhöht werden. Eine kurzzeitig hohe Hg-Belastung ergibt sich beim Legen und Entfernen von Amalgamfüllungen. Von Amalgamkritikern werden eine Vielzahl von Krankheiten aufgeführt, die vermutlich durch das Tragen von Amalgamfüllungen ausgelöst werden (► Tab. 1).

Tabelle 1: Amalgamfüllungen als vermutete Ursache folgender Krankheiten¹

- ADHD ("attention deficit hyperactivity disorder"; Zappelphilipp-Syndrom)
- Alzheimer Krankheit⁴
- Amyotrophe Lateralsklerose
- Autismus²
- Chronisches Erschöpfungssyndrom (CFS)
- Colitis ulcerosa³
- Diabetes mellitus (Typ 1)³
- Fibromyalgie
- Guillain Barré Syndrom³
- Lupus Erythematodes³
- Kawasaki Krankheit
- Morbus Crohn³
- Multiple Sklerose^{3,4}
- Parkinson Krankheit⁴

¹ Übersicht von epidemiologischen Studien dazu (Bates 2006)

² Bei 2- bis 5-Jährigen besteht kein Zusammenhang zwischen Hg-Blut (aus allen Hg-Expositionen) und Autismus (Hertz-Picciotto et al. 2010)

³ Autoimmunkrankheiten (Schiraldi & Monestier 2009)

⁴ Amalgamfüllungen können oxidativen Stress in Form reaktiver Sauerstoffspezies (ROS) auslösen (Wiggers et al. 2008, Durak et al. 2010); dieser kann prinzipiell neurodegenerative Erkrankungen sowie kardiovaskuläre Erkrankungen verursachen

Viele der vermutlich amalgamverursachten Krankheiten werden von Mutter angegeben (Mutter et al. 2005); weitere finden sich bei Dauderer (s. Toxcenter)

Die Plausibilität der Zusammenhänge ist meist durch *in vitro*- oder Tierversuche bei Anwendung hoher Hg-Konzentrationen dokumentiert

Entgegen der Meinung von Kritikern liegt die resorbierte Menge an Hg aus Amalgamfüllungen und aus Fischkonsum im Mittel in Deutschland im gleichen Bereich (Schweinsberg 1994). Dabei ist es wichtig festzuhalten, dass Hg aus Amalgamfüllungen als Hg-Dampf inhalativ aufgenommen wird, während Hg aus Fischkonsum als Methyl-Hg oral zugeführt wird, in beiden Fällen bei hoher Resorptionsrate. Die angebliche, unterschiedliche Toxizität der verschiedenen Hg-Verbindungen ist nicht relevant: inhalativ resorbierter Hg-Dampf ist ebenso gefährlich wie resorbiertes Methyl-Hg nach oraler Aufnahme.

5 NEUES ZUR VERWENDUNG VON AMALGAMFÜLLUNGEN IN DER ZAHNHEILKUNDE

Trotz zunehmender Verbesserung der Qualität von Amalgamfüllungen hat aufgrund der häufigeren positiven Hg-Befunde – bedingt durch empfindlichere Nachweismethoden, z.B. Kaldampfatomfluoreszenzspektrometrie nach vorgeschalteter Hg-Anreicherung auf einer Goldoberfläche (z.B. TEKRA, Typ 2537A) – die Kritik der Amalgamgegner an Schärfe zugelegt. Ein schiefes Bild entsteht immer wieder auch in der wissenschaftlichen Berichterstattung seriöser Publikationsorgane eingedenk des alten Grundsatzes nur schlechte Nachrichten sind gute Nachrichten. Im Internet kann jeder alles sagen, siehe z.B. "Amalgam Falschgutachten unserer Regierung". (www.toxcenter.de Amalgam). Zu den besonders kritischen Stimmen zählt auch das Hygiene-Institut der Universität Kiel (Wassermann et al., Amalgam-Gutachten, 1997).

Auch die RKI-Kommission "Methoden und Qualitätssicherung in der Umweltmedizin" hat 2007 eine Musterleitlinie zum Umgang mit Amalgam aus umweltmedizinischer Sicht erarbeitet. Darin wird zunächst auf Altbekanntes hingewiesen: Bakterien (z.B. Streptokokken) sind die Basis für die Entstehung von Karies (Zahnfäule) in der Mundhöhle (Plauebildung); sie vergären zugeführten Zucker zu Karbonsäuren, diese entkalken dann den Zahnschmelz.

Zur Bedeutung der Verhütung von Karies – wahrscheinlich herrscht bei den Experten in diesem Punkt Einigkeit, auch darüber, dass diese bereits in der frühen Kindheit besonders wichtig ist – gehören: eingeschränkter Konsum von Zucker, weniger Fertigprodukte mit zugesetzten Säuren, Fluorid im Kochsalz, außerdem regelmäßige Zahnpflege einschließlich der Verwendung von fluoridhaltiger Zahnpasta.

Auch die Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde liefert dazu seit 2004 einen Beitrag mit der Zeitschrift: Oralprophylaxe und Kinderzahnheilkunde.

Wenn auch die Zahnhygiene in den vergangenen Jahren deutlich verbessert wurde, ist das Füllen von Kavitäten

speziell bei Kindern in der Zahnarztpraxis noch immer oft notwendig. In der Stellungnahme der RKI-Kommission wurde darauf hingewiesen, in welchen Fällen aus Gründen des vorbeugenden Gesundheitsschutzes keine Amalgamfüllungen gelegt werden sollen (► Tab. 2).

Tabelle 2: Einschränkungen im Einsatz von Amalgamfüllungen in der Zahnmedizin

Spezielle Umstände, unter denen auf das Legen von Amalgamfüllungen verzichtet werden sollte (RKI-Kommission „Methoden und Qualitätssicherung in der Umweltmedizin“, Musterleitlinie Amalgam 2007):

- während Schwangerschaft und Stillzeit
- bei Sanierungsmaßnahmen am Milchgebiss
- bei Vorliegen anderer metallischer Restaurationen mit direktem Kontakt
- bei der Diagnose oraler lichenoider Reaktionen¹
- bei Patienten mit Niereninsuffizienz
- bei festgestellter Amalgam-Allergie (Typ IV)

¹ Autoimmunerkrankung (Pigatto & Guzzi 2010)

Zur Musterleitlinie Amalgam ist von Mitgliedern der Kommission ein Sondervotum abgegeben worden (Daschner & Mutter 2007). Dazu kann festgestellt werden: Das Grundproblem ist, dass ein wissenschaftliches Gremium außerstande ist, ein einheitliches Votum zu einer kontroversen umweltmedizinischen Problematik abzugeben. Es ist nicht davon auszugehen, dass ein von der Problematik betroffener Laie durch das Studium der hierzu abgegebenen Voten eine für ihn befriedigende Lösung finden wird. Eine Hilfestellung könnte sein, dass im Sondervotum ein nicht näher spezifizierter "wesentlich stärkerer präventiver Ansatz" gefordert ist, der sich in der Stellungnahme der Kommission unter "Möglichkeiten zur Kariesprophylaxe" findet (s.o.).

6 AKTUELLE STUDIEN ZU ENTWICKLUNGSSTÖRUNGEN BEI KINDERN DURCH AMALGAMFÜLLUNGEN

Amalgamfüllungen setzen in der Mundhöhle Hg-Dampf frei, der in die Blutbahn resorbiert wird oder/und die Blut-Hirnschranke überwindet. Die Zahl und der Zeitpunkt des Legens von Amalgamfüllungen bei Kindern (8-10 Jahre) korreliert signifikant mit der Hg-Ausscheidung im Urin. Mädchen scheiden mehr Hg aus als Knaben, die Ursache ist unklar (Woods et al. 2007).

Zu dieser Hg-Belastung im Niedrigdosisbereich war zu prüfen, ob neurologische und nephrotische Schäden dadurch ausgelöst werden. Kinder reagieren zudem besonders empfindlich auf Hg. Das gilt besonders für die kognitive Entwicklung.

Tabelle 3: Prospektive Studien zur kognitiven Entwicklung und zur Nierenfunktion von Kindern mit und ohne Amalgamfüllungen

Ort	Zeitraum	N	Alter (Jahre)	Füllungszahl	Hg-Urin ¹	Testverfahren	Literatur
Boston, Framingham	1997–2005	267/267	6-10	15 Amalgam/ Komposit	0,9/0,6 µg/g Krea.	Gesamt-IQ Albumin, NAG	Bellinger et al. 2006 ^{2,3,4}
Lissabon	1997–2005	253/254	8-10	18,7/21,3 Amalgam/ Komposit	1,8/1,9 µg/g Krea.	WASI, NLG Visuomotorik	DeRouen et al. 2006 ⁵
Shanghai	2004	198/205	7-11	1-7 Amalgam/ keine	1,6/1,4 µg/g Krea.	CBCL, EPQ, IQ NAG, Albumin	Ye et al. 2008

EPI = Eysenck Personality Questionnaire; **CBCL** = Child Behavior Checklist; **WASI** = Wechsler Abbreviated Scale of Intelligence; **NLG** = Nervenleitgeschwindigkeit; **NAG** = N-Acetyl-β-D-glucosaminidase

¹ Hg-Urin bei Kindern ist signifikant korreliert mit Zeitpunkt des Legens und Zahl der Amalgamfüllungen (Woods et al. 2007)

² Minimale vorübergehende immunotoxische Effekte (Shenker et al. 2008)

³ vorübergehende Mikroalbuminurie (Barregard et al. 2008)

⁴ CBCL: kein Hinweis auf adverse psychosoziale Effekte (Bellinger et al. 2008)

⁵ keine Hinweise auf "neurological soft signs" – NSS (Lauterbach et al. 2008)

In ► **Tab. 3** sind die Ergebnisse von drei prospektiven Studien zusammengefasst, die sich über einen längeren Zeitraum unter Einschluss mehrerer Parameter mit frühen adversen Effekten von Hg auf Kinder auseinandergesetzt haben. Die Autoren der 1. Studie räumen in einer späteren Publikation die Möglichkeit ein, dass bestimmte seltene Genotypen hoher Empfindlichkeit gegenüber Hg-Dampf nicht erkannt wurden (Bellinger et al. 2007).

Über Mängel dieser Studien wurde berichtet, z.B. Untersuchung von zu kleinen Gruppen (Rode 2006). Echeverria et al. beschreiben 2010, dass beim Vorliegen von Polymorphismen bei einem (kleinen) Teil der Exponierten durch genetische Determinanten die Suszeptibilität gegenüber Hg erhöht ist. Kritik auch deswegen, weil durch Amalgam verursachte empfindlichere Effekte nicht berücksichtigt wurden (Needleman 2006).

Zusammenfassend bleibt jedoch festzustellen, dass obige Studien hohe Qualität besitzen, und die erhaltenen Ergebnisse in der Weise beurteilt werden können, dass sachgerecht gelegte Amalgamfüllungen bei Kindern zu keiner erkennbaren gesundheitlichen Schädigung führen (Martin & Woods 2006).

7 GESUNDHEITSSTÖRUNGEN DURCH AMALGAMFÜLLUNGEN BEI ERWACHSENEN

Es gibt dazu eine Fülle von Informationen in Fachzeitschriften, in der Laienpresse und besonders im Internet – viele davon sind falsch, sind wider besseres Wissen oder auch bedingt durch Mangel an Wissen. Das gilt sowohl für die Amalgam-Befürworter als auch – Gegner! Daraus ergibt sich zwangsläufig große Unsicherheit bei den Amalgamträgern.

Die Amalgamgegner haben sich in der Dental Amalgam Mercury Syndrome support group – DAMS organisiert, siehe: www.amalgam.org.

Aktueller Fallbericht: Es besteht der Verdacht, dass die Beschwerden einer 37-Jährigen mit Symptomen wie Gewichtsschwankungen, Müdigkeit, Erinnerungslücken, Unruhe, Schwäche durch Amalgamfüllungen verursacht werden. Diagnose und Therapie erfolgen durch einen "Wellnessarzt" mit nicht validierter Hg-Ausleitung (DMPS) und anschließender Bestimmung von Hg-Urin; eine Beurteilung des Befundes ist nicht möglich, da es dazu keinen Grenzwert gibt (Vearrier & Greenberg 2010).

Fallbericht einer Patientin mit Fibromyalgie, chronischer Erschöpfung sowie stammbetonter Adipositas: Die Autoren berichten dazu: 1999 Analyse von Hg-Serum: 1,9 µg/l; 2004 Entfernen der Amalgamfüllungen (wie viele?): kein therapeutischer Effekt erkennbar; 2004 nach Mobilisationstest (DMPS) unauffällige Hg-Ausscheidungswerte. In der Diskussion und im Literaturverzeichnis behandeln trotzdem 26 der 42 Zitate die Gefährlichkeit von Hg oder Amalgam. Fazit der Autoren: vollständige Heilung durch Xenobiotikausleitung! (Mutter et al. 2007).

Es folgen ausgewählte Studien in chronologischer Reihenfolge über Probanden mit selbst diagnostizierter Amalgamkrankheit (SDA) – die am häufigsten angegebenen Symptome sind in ► **Tab. 4** zusammengefasst – und Kontrollen, z.B. gesunde Amalgamträger (GA). Die meisten davon wurden in Skandinavien durchgeführt, wo die Anwendung von Amalgam in der Zahnheilkunde kritisch bewertet wird!

- In Schweden wurde eine Gruppe von 50 SDA-Patienten mit gleichaltrigen GA verglichen; die Hg-Werte in Blut und Urin beider Gruppen lagen im gleichen Bereich. In der ersten Gruppe wurde bei 70% ein psychia-

Tabelle 4: Häufig angegebene unspezifische psychosomatische Effekte selbst diagnostizierter Amalgamkrankheit

- Abgeschlagenheit
- Ängstlichkeit
- Antriebsschwäche
- Appetitlosigkeit
- Aufmerksamkeitsdefizit
- Benommenheit
- Bewegungsstörung
- Erschöpfung
- Gedächtnisstörung
- Gewichtsschwankungen
- Hautausschlag (Dermatitis)
- Kopfschmerz
- Konzentrationsstörung
- Kraftlosigkeit
- Müdigkeit
- Muskelschmerz
- Muskelschwäche
- Nervosität
- Reizbarkeit
- Schlafstörung
- (allgemeine) Schwäche
- Schwindel
- (innere) Unruhe

trisches Leiden mit Schwäche, Unruhe und Depression diagnostiziert, in der Kontrollgruppe waren es 14%. Fazit: Hg ist wahrscheinlich nicht die Ursache der Beschwerden der SDA-Patienten (Bratel et al. 1997).

- In einer Studie in Dänemark wurden 50 SDA-Patienten entweder mit einem Chelatbildner (DMSA) oder mit Placebo behandelt. In beiden Gruppen kam es zu einer Verbesserung der von den Patienten angegebenen Symptome (Grandjean 1997).
- In Norwegen wurde eine Gruppe von 99 SDA-Patienten einer "Kontrollgruppe" gegenübergestellt, bestehend aus chronisch Kranken (n = 93), Patienten einer medizinischen Praxis (n = 99) und Patienten einer Zahnarztpraxis (n = 80).
Fazit: Die SDA-Gruppe ist heterogen, mit vielen Symptomen einer psychischen Störung; es besteht eine auffallende Ähnlichkeit mit dem Multiple-Chemical-Sensitivity Syndrom (MCS) (Malt et al. 1997).
- Im Rahmen der obigen norwegischen Studie wurde 7 Jahre nach Entfernen der Amalgamfüllungen bei 76 SDA-Patienten beobachtet, dass die bestehenden Symptome trotz des Placeboeffekts ähnlich wie die in der Gruppe der chronisch Kranken waren. Fazit: kein Beleg für die Hypothese, dass die Symptome der SDA-Patienten durch Amalgam verursacht werden (Nerdrum et al. 2004).
- 1993 wurde in Stockholm, Schweden eine Amalgam-Klinik eingerichtet. Ca. 400 SDA-Patienten (2/3 weibl.;

1/3 männl.; mittl. Alter 46 Jahre) wurden von einem Zahnarzt, Allgemeinarzt und Psychologen untersucht. Die häufigsten Symptome (>2/3 der Patienten) waren diffuse Schmerzen, allgemeine Schwäche, extreme Müdigkeit, Schwindel. Es bestand keine Korrelation zwischen der Zahl der Amalgamfüllungen und der beobachteten psychosomatischen Parameter (Langworth et al. 2002).

- In 2 Studien in Deutschland (Zimmer et al. 2002, Heidelberg, Gottwald et al. 2001, Giessen) wurden Amalgamträger (ca. 9 Füllungen) mit (SDA) bzw. ohne gesundheitliche Probleme in Gruppen mit jeweils 40 Personen im durchschnittlichen Alter zwischen 30 und 40 Jahren untersucht. Die Hg-Konzentrationen im Urin aller Probanden lagen im gleichen Bereich (1-2 µg/g Krea.). Die Teilnehmer wurden nach Symptomen befragt, es wurden zahnärztliche, allgemein gesundheitliche, toxikologische und psychologische Untersuchungen durchgeführt. Fazit: Aus den ermittelten Daten beider Studien wurde geschlossen, dass Hg-Exposition nicht direkt die beschriebenen Symptome der Amalgamsensitiven verursacht hat. Dagegen wurde eine Tendenz zu somatoformer Störung in den SDA-Gruppen festgestellt.
- Umfangreiches Material (25 Studien, meist von Zahnärzten durchgeführt, mit 5.821 Patienten mit SDA) wurde in Schweden zusammengestellt. Die Ergebnisse der einzelnen Beiträge nach dem Entfernen der Amalgamfüllungen waren heterogen. Übereinstimmendes Ergebnis war jedoch, dass über 2/3 der untersuchten Patienten sich nach dem Entfernen der Füllungen besser oder viel besser fühlte (Hanson 2004).
- Eine Studie in Norwegen bestehend aus 342 Teilnehmern mit SDA zeigten vor allem neuropsychologische Störungen sowie solche im Bewegungsapparat. Verglichen mit 342 gesunden Amalgamträgern ergaben sich keine signifikanten Unterschiede in der altersbedingten Abnahme der kognitiven Leistung (Sundström et al. 2010).
- Aus der norwegischen Mutter-und-Kind-Kohorten-Studie (MoBa) wurde abgeleitet, dass die Zahl der Amalgamfüllungen von Schwangeren besonders hoch ist bei niedriger Schulbildung, bei Raucherinnen, sowie bei hohem BMI. Diese Faktoren könnten unabhängig oder kombiniert gesundheitliche Effekte bei Amalgamträgern beeinflussen (Lygre et al. 2010).
- Studie am Zentrum für naturheilkundliche Forschung, TU München, finanzielle Unterstützung durch den Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft aus Degussa-Geldern (German Amalgam Trial, GAT) mit 75 SDA-Patienten, mittleres Alter 43 Jahre, mind. 10 Symptome, ausgewählt aus 1.200 befragten Amalgamträgern. Entfernung der Amalgamfüllungen bei 52 SDA-Patienten

ten, davon bei 25 zusätzlich Durchführung einer biologischen Detoxifikation (+ Vitamine B6, C, E, + Mineralstoffe Se, Zn und Knoblauch), keine Entfernung bei 23 Amalgamträgern, aber Durchführung eines Gesundheitsförderungsprogrammes (Hg-Werte unverändert). Nach dem Entfernen der Amalgamfüllungen Abnahme der Hg-Urin Werte. Ergebnis: nach bis zu 18 Monaten in allen Gruppen klinisch relevante Verbesserungen (Melchart et al. 2008, Weidenhammer et al. 2010).

Anmerkungen zu den Studien

- Experimentelle Schwächen
 - meist kleine Fallzahlen (< 50)
 - wenig longitudinale Studien
 - selten (ausreichende) interdisziplinäre Bearbeitung (Zahnmedizin – Medizin – Psychologie – Soziologie – Statistik – Naturwissenschaften: Biochemie, Spurenanalytik, Physik)
- Schlussfolgerungen
 - wenig Hinweise auf ursächliche gesundheitsschädigende Wirkung von Hg aus Amalgamfüllungen (viele Studien dazu!)
 - in den Studien wird keine Dosis-Wirkung-Beziehung nachgewiesen
 - Patienten mit selbst diagnostizierter Amalgamkrankheit (SDA) sind eine heterogene Gruppe mit verschiedenen Ursachen für die Beschwerden und vielen unspezifischen Symptomen
 - es gibt kein spezifisches Zahn-Amalgam-Problem!
 - weitere Risikofaktoren: ungesunde Ernährung, Suchtmittel
 - neue Bezeichnung für SDA: "Idiopathic Environmental Intolerance" (IEI); es kommt bei niederschwelliger Exposition bei IEI-Patienten zu einer selektiven Aufmerksamkeitslenkung auf chemische Auslösereize und damit assoziierte körperliche Beschwerden (Nischk 2003, Witthöft et al. 2009, De Luca et al. 2010)

8 BLICK IN DIE ZUKUNFT

Hg ist ein natürlicher Bestandteil unserer Erde und verbindet sich gern mit anderen Elementen. Es hat bei Mensch und Tier keine bekannte Funktion. Hg ist in der Umwelt des Menschen ubiquitär, deshalb kommt es zu einer unvermeidbaren Hintergrundbelastung. Die wesentlich verbesserte Empfindlichkeit im Nachweisverfahren darf nicht dazu missbraucht werden, toxikologisch nicht relevante Grenzwerte für Hg im Körper möglichst nahe Null zu fordern (Hightower, p. 8, 2009).

Die Verwendung von Hg in der Medizin hat stark abgenommen. Das gilt auch für Amalgamfüllungen in der Zahn-

medizin. Es gehört heute zum Lehrbuchwissen, dass Amalgamfüllungen eine messbare Hg-Belastung des Organismus verursachen, die unter Umständen – Bruxismus, Kaukummikauen – deutlich ansteigen kann.

"Hg-Pulver" und Hg zum Anmischen von Füllungen werden in Deutschland eigentlich gar nicht mehr, wenn überhaupt dann nur noch in Kapseln verwendet (Buhr, persönliche Mitteilung). Interessant ist auch, dass z.B. in der Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde in Tübingen nur noch selten Amalgamträger vorsprechen mit dem Wunsch ihre Füllungen entfernen zu lassen.

Trotz bestehender Bemühungen ist die Kariesprophylaxe immer noch unbefriedigend, das gilt besonders für Kinder. Die Suche nach geeigneten Alternativen zur Füllung von Kavitäten ist deshalb notwendig. Staehle (1998) wies darauf hin, dass Alternativmaterialien generell kein geringeres Risiko an Nebenwirkungen haben. Während eine große Zahl valider Untersuchungen zur toxikologischen Beurteilung von Hg aus Amalgamfüllungen vorliegt, ist die Kenntnis über mögliche adverse Effekte von Ersatzprodukten eher bescheiden. In Schweden wurde zur Risikoabschätzung von Dentalmaterialien eine multidisziplinäre Studie durchgeführt. Es wurde empfohlen, an Dentalmaterial bezüglich der Toxizität gleiche Anforderungen zu stellen wie bei der Zulassung von Medikamenten (Tillberg et al. 2008).

Das als Füllmaterial von Kompositen häufig, besonders bei Kindern, verwendete Bisphenol A hat endokrin wirkende Eigenschaften, es ist ein "Umwelthormon" (Fleisch et al. 2010). Vom in der Zahnmedizin häufig verwendeten Poly-methylmethacrylat (PMMA) wird zytotoxische Wirkung beschrieben (Ahmed et al. 2010).

Es kann heute davon ausgegangen werden, dass Amalgamfüllungen in der Zahnheilkunde in Deutschland kaum noch gelegt werden. Deshalb kommt es aus dieser Quelle nicht mehr zu einer Hg-Belastung.

Für die Zukunft stellt sich die Frage, welche noch bestehenden Hg-Emissionen ein Gesundheitsrisiko darstellen können.

Dazu gehören:

- Altlasten (z.B. Hg aus stillgelegten Chlor-Alkali-Betrieben; desaktivierte Hg-Katalysatoren in der chemischen Industrie; Hg im Meer)
- Hg-Unfälle (z.B. in Schulen)
- Entsorgung defekter, Hg-haltiger Energiesparlampen
- Verwendung Hg-haltiger Konservierungsmittel in Impfstoffen (Thiomersal)
- Abbau Hg-haltiger Ölsande (z.B. Kanada, Provinz Alberta)
- Hg-Schwund aus der Atmosphäre der Arktis ("atmospheric mercury depletion events")

- Goldgewinnung über Amalgamierung in großen Gebieten in Asien, Afrika, Lateinamerika mit Millionen direkt und hoch Hg-Exponierter
- Bildung von Methyl-Hg aus anorganischem Hg in Gewässern, dadurch Kontamination von Meeresfrüchten

Diese Auflistung zeigt, dass Hg weltweit umverteilt wurde. Die Möglichkeit einer Hg-Exposition ist dadurch nicht geringer geworden. Der Anteil einer Hg-Belastung durch die Medizin ist jedoch heute verschwindend gering.

In den letzten Jahren sind internationale und interdisziplinäre Maßnahmen zur Verringerung gesundheitsschädlicher Hg-Emissionen eingeleitet worden. Die Beurteilung der Effektivität der bisher durchgeführten Maßnahmen ist von globalem Interesse.

9 LITERATUR

- Ahmed RH, Aref MI, Hassan RM, Mohammed NR (2010): Cytotoxic effects of composite resin and amalgam filling materials on human labial and buccal epithelium. *Nature Science* 8: 48-53
- Barregard L, Trachtenberg F, McKinlay S (2008): Renal effects of dental amalgam in children: The New England children's amalgam trial. *Environ Health Perspect* 116: 394-399
- Bates MN (2006): Mercury amalgam dental fillings: An epidemiologic assessment. *Int J Hyg Environ Health* 209: 309-316
- Bellinger DC, Trachtenberg F, Barregard L, Tavares M, Cernichiari E, Daniel D, McKinlay S (2006): Neuropsychological and renal effects of dental amalgam in children. *J Am Med Assoc* 295: 1775-1783
- Bellinger DC, Trachtenberg F, Daniel D, Zhang A, Tavares MA, McKinlay S (2007): A dose-effect analysis of children's exposure to dental amalgam and neuropsychological function. *J Am Dent Assoc* 138: 1210-1216
- Bellinger DC, Trachtenberg F, Zhang A, Tavares M, Daniel D, McKinlay S (2008): Dental amalgam and psychosocial status: The New England children's amalgam trial. *J Dent Res* 87: 470-474
- Berlin M (2004): Mercury in dental amalgams: a risk analysis. *Seychelles Med Dent J, Special Issue* 7: 154-158
- Black GV (1908): *Operative Dentistry, Volume 2: The Technical Procedures in Filling Teeth*. Medico-Dental Publishing Company, Chicago
- Borinski P (1931): Das Vorkommen kleinster in Harn und Faeces. Diagnostische Bewertung und Ursache. *Klin Wochenschr* 4: 149-150
- Bratel J, Haraldson T, Ottoson J-O (1997): Potential side effects of dental amalgam restorations. *Eur J Oral Sci* 105: 244-250
- Brownawell AM, Berent S, Brent RL, Bruckner JV, Doull J, Gershwin EM, Hood RD, Matanoski GM, Rubin R, Weiss B, Karol MH (2005): The potential adverse effects of dental amalgam. *Toxicol Rev* 24: 1-10
- Czarnetzki A, Ehrhardt S (1990): Re-dating the Chinese Amalgam-filling of teeth in Europe. *Int J Anthropol* 5: 325-332
- Daschner F, Mutter J (2007): Sondervotum zu "Amalgam: Stellungnahme aus umweltmedizinischer Sicht". *Bundesgesundheitsbl – Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz* 50: 1432-1433
- De Luca C, Scordo G, Cesareo E, Raskovic D, Genovesi G, Korkina L (2010): Idiopathic environmental intolerance (IEI): From molecular epidemiology to molecular medicine. *Indian J Exp Biol* 48: 625-635
- Durak D, Kalender S, Uzun FG, Demir F, Kalender Y (2010): Mercury-chloride oxidative stress in human erythrocytes and the effect of vitamins C and E *in vitro*. *African J Biotech* 9: 488-495
- Echeverria D, Woods JS, Heyer NJ, Martin MD, Rohlmann DS, Farin FM, Li T (2010): The association between serotonin transporter gene promoter polymorphism (5-HTTPR) and elemental mercury exposure on mood and behavior in humans. *J Toxicol Environ Health A* 73: 1003-1020
- Fleisch AF, Sheffield PE, Chinn C, Edelstein BL, Landrigan PJ (2010): Bisphenol A and related compounds in dental materials. *Pediatrics* 126: 760-768
- Goldwater LJ (1972): *Mercury: a history of quicksilver*. York Press, Baltimore
- Gottwald B, Traencker I, Kupfer J, Ganss C, Eis D, Schill W-B, Gieler U (2001): "Amalgam disease" – poisoning, allergy, or psychic disorder? *Int J Environ Health* 204: 223-229
- Grandjean P, Guldager B, Larsen IB, Jorgensen P, Holmstrup P (1997): Placebo response in environmental disease: chelation therapy with symptoms attributed to amalgam fillings. *J Occup Environ Med* 39: 707-714
- Hanson M, Pleva J (1991): The dental amalgam issue. *Experientia* 47: 9-21
- Hanson M (2004): Effects of amalgam removal on health. *Tandvårds-skadeförbundet, Tf; Swedish Association of Dental Mercury Patients*, pp. 1-20
- Herrmann M, Schweinsberg F (1993): Biomonitoring zur Beurteilung einer Quecksilberbelastung aus Amalgamfüllungen. *Zbl Hyg Umweltmed* 194: 271-291
- Hertz-Picciotto I, Green PG, Delwiche L, Hansen R, Walker C, Pessah IN (2010): Blood Mercury Concentrations in CHARGE Study Children with and without Autism. *Environ Health Perspect* 115: 118: 161-166
- Hightower JM (2009): *Diagnosis: Mercury – money, politics, and poison*. Island Press
- Hyson JM (2006): Amalgam: Its history and perils. *J Calif Dent Assoc* 34: 215-229
- Kelman GR (1978): Urinary mercury excretion in dental personnel. *Br J Ind Med* 35: 262-265
- Kommission "Methoden und Qualitätssicherung in der Umweltmedizin" (2007): *Amalgam – Stellungnahme aus umweltmedizinischer Sicht*. *Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz* 50: 1304-1307
- Kussmaul A (1861): *Untersuchungen über den constitutionellen Mercurialismus*. Stahel'sche Buch- und Kunsthandlung, Würzburg
- Langworth S, Björkman L, Elinder CG, Järup L, Salvin P (2002): Multidisciplinary examination of patients with illness attributed to dental fillings. *J Oral Rehabil* 29: 705-713
- Langworth S, Sällsten G, L. Barregård L, Cynkier I, Lind M-L, Söderman E (1997): Exposure to mercury vapor and impact on health in the dental profession in Sweden. *J Dent Res* 76: 1397-1404
- Lauterbach M, Martins IP, Castro-Caldas A, Bernardo M, Luis H, Amaral H, Leitão J, Martin MD, Townes B, Rosenbaum G, Woods JS, DeRouen T (2008): Neurological outcomes in children with and without amalgam-related mercury exposure. *J Am Dent Assoc* 139: 138-145
- Lygre GB, Björkman M, Haug K, Skjærven R, Helland V (2010): Exposure to dental amalgam restorations in pregnant women. *Community Dent Oral Epidemiol* 38: 460-469
- Malt UF, Nerdrum P, Oppedal B, Gundersen R, Holte M, Löne J (1997): Physical and mental problems attributed to dental amalgam fillings: A descriptive study of 99 self referred patients compared with 272 controls. *Psychosom Med* 59: 32-41
- Martin MD, Woods JS (2006): The safety of dental amalgam in children. *Expert Opin Drug Saf* 5: 773-781
- Melchart D, Vogt S, Köhler W, Streng A, Weidenhammer W, Kremers L, Hickel R, Feldenhauer N, Zilker T, Wühr E, Halbach S (2008): Treatment of health complaints attributed to amalgam. *J Dent Res* 87: 349-353
- Mutter J, Naumann J, Walach H, Daschner F (2005): *Amalgam: Eine Risiko-*

- bewertung unter Berücksichtigung der neuen Literatur bis 2005. *Gesundheitswesen* 67: 204-216
- Mutter J, Naumann J, Guethlin C (2007): Xenobiotenausleitung bei einer Patientin mit Fibromyalgie, chronischer Erschöpfung und stamm-betonter Adipositas. *Forsch Komplementärmed* 17: 39-44
- Needleman HL (2006): Mercury in dental amalgam – a neurotoxic risk? *J Am Med Assoc* 295: 1835-1836
- Nerdrum P, Malt UF, Høglend P, Oppedal B, Gundersen R, Holte M, Löne J (2004): A 7-year prospective quasi-experimental study of the effects of removing dental amalgam in 76 self-referred patients compared with 146 controls. *J Psychosom Res* 57: 103-111
- Nischk D (2003): Selektive Aufmerksamkeitslenkung bei einer Risikogruppe für Idiopathic Environmental Intolerance. Dissertation Universität Münster
- Pettenkofer M von (1849): Über Kupfer-Amalgam. *Justus Liebigs Ann Chem* 70: 344-348
- Pigatto PD, Guzzi G (2010): Linking mercury amalgam to autoimmunity. *Trends Immunol* 31: 48-49
- Preussner S, Klöcking H-P, Bast G (1963): Chronisch schleichende Quecksilbervergiftung in der zahnärztlichen Praxis. *Arch Tox* 20: 12-20
- Ramazzini B (1718): Untersuchungen von denen Krankheiten der Künstler und Handwerker, MG Weidmann, Leipzig
- Riethe P (1980): Geschichtliche Entwicklung der Amalgame. *Dt Zahnärztl Z* 35: 443-449
- Ring ME (2006): Jonathan Taft – Dentistry's great forgotten hero. *J Cal Dent Assoc* 34: 45-51
- Roberts HW, Charlton DG (2009): The release of mercury from amalgam restorations and its health effects. *Operative Dent* 34-5: 605-614
- Rode D (2006): Are mercury amalgam fillings safe for children? An evaluation of recent research results. *Altern Ther Health Med* 12: 16-17
- Schach H (1964): Toxikologische Probleme zur Amalgamfrage. In: Schug-Kösters M, Ketterl W, Ring A, Schach H, Toepfer H (Hrsg): Karies und Füllungsmethoden. *Werk-Verlag Dr. Edmund Banaschewski München-Gräfelting*
- Schewe EF (1950): *GV Black – The man of the centuries*. Washington University Dental Journal
- Schiraldi M, Monestier M (2009): How can a chemical element elicit complex immunopathology? Lessons from mercury-induced autoimmunity. *Trends Immunol* 30: 502-509
- Schmidt A, Pinkzs G, Reihlen H, Gradenwitz F (1926): Zur Frage der Gefährlichkeit des Quecksilberdampfes. *Angew Chem* 39: 786-790
- Schweinsberg F (1994): Risk estimation of mercury intake from different sources. *Toxicol Lett* 72: 345-351
- Shenker BJ, Maserejian NN, Zhang A, McKinlay S (2008): Immune function effects of dental amalgam in children. *J Am Dent Assoc* 139: 1496-1505
- Skare I, Eng L, Berqstrom T, Engqvist A, Weiner JA (1990): Mercury exposure of different origins among dentists and dental nurses. *Scand J Work Environ Health* 16: 340-347
- Staehele HJ (1998): Gesundheitsschäden durch Amalgam? *Med Klin* 93: 99-106
- Stock A (1926): Die Gefährlichkeit des Quecksilberdampfes und der Amalgame. *Z Angew Chem* 39: 984-989
- Stock A, Cucuel F (1934): Die Verbreitung des Quecksilbers. *Die Naturwissenschaften* 22/24: 390-393
- Sundström A, Bergdahl J, Nyberg L, Bergdahl M, Nilsson L-G (2010): Cognitive status in persons with amalgam-related complaints. *J Dent Res* 89: 1236-1240
- Tillberg A, Järholm B, Berglund A (2008): Risk with dental material. *Dent Mater* 24: 940-943
- Vearrier D, Greenberg MI (2010): Care of patients who are worried about mercury poisoning from dental fillings. *J Am Board Fam Med* 23: 797-798
- Wassermann O, Weitz M, Alsen-Hinrichs C, Mai S (1997): Kieler Amalgam-Gutachten.
- Weidenkammer W, Bornschein S, Zilker T, Eyer F, Melchert D, Hausteiner C (2010): Predictors of treatment outcomes after removal of amalgam fillings: associations between subjective symptoms, psychometric variables and mercury levels. *Community Dent Oral Epidemiol* 37: 1-10
- Weikart P (1966): *Werkstoffkunde für Zahnärzte*. Carl Hanser Verlag München, S. 200
- Weiner JA, Nylander M (1996): Chapter 30: Aspects on health risks of mercury from dental amalgams. In: Chang LW (ed): *Toxicology of Metals*. Lewis Publishers, pp. 469-486
- Wiggers GA, Peçanha FM, Briones AM, Pérez-Girón JV, Miguel M, Vassallo DV, Cachofeiro V, Alonso MJ, Salas M (2008): Low mercury concentrations cause oxidative stress and endothelial dysfunction in conductance and resistance arteries. *Amer J Physiol Heart Circ Physiol* 295: H1033-H1043
- Witthöft M, Rist F, Bailer J (2009): Abnormalities in cognitive-emotional information processing in idiopathic environmental intolerance and somatoform disorders. *J Behav Ther Exp Psychiat* 40: 70-84
- Witzel A (1899): *Das Füllen der Zähne durch Amalgam*. Berlinische Verlagsanstalt
- Woods J, Martin MD, Leroux BG, DeRouen T, Leitão J, Bernardo MF, Luis HS, Simmonds PL, Kushleika JV, Huang Y (2007): The contribution of dental amalgam to urinary mercury excretion in children. *Environ Health Perspect* 115: 1527-1531
- Ye X, Qian H, Xu P, Zhu L, Longnecker MP, Fu H (2009): Nephrotoxicity, neurotoxicity, and mercury exposure among children with and without dental amalgam fillings. *Int J Hyg Environ Health* 212: 378-386
- Zimmer H, Ludwig H, Bader M, Bailer J, Eickholz P, Staehele HJ, Triebig G (2002): Determination of mercury in blood, urine and saliva for the biological monitoring of an exposure from amalgam fillings in a group with self reported adverse health effects. *Int J Environ Health* 205: 205-211