

II - 9.2.5 Quecksilber im Gehirn

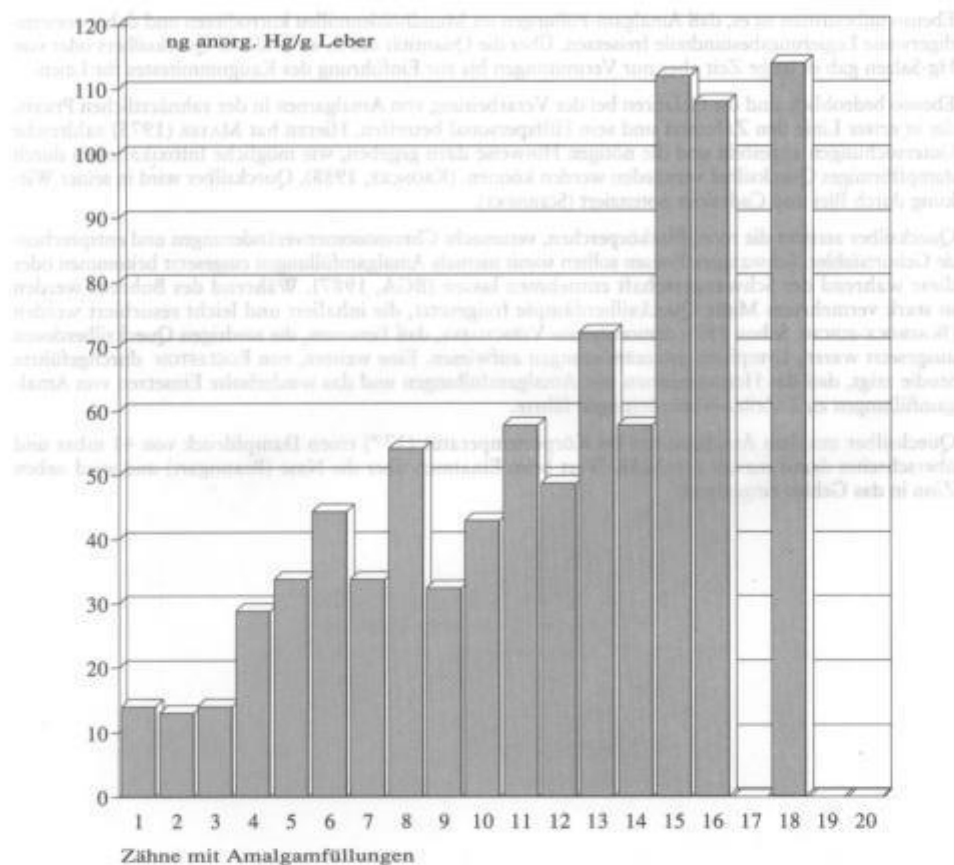


Abb.: Zähne mit Amalgamfüllung / Leber*

*Quelle: G.DRASCH

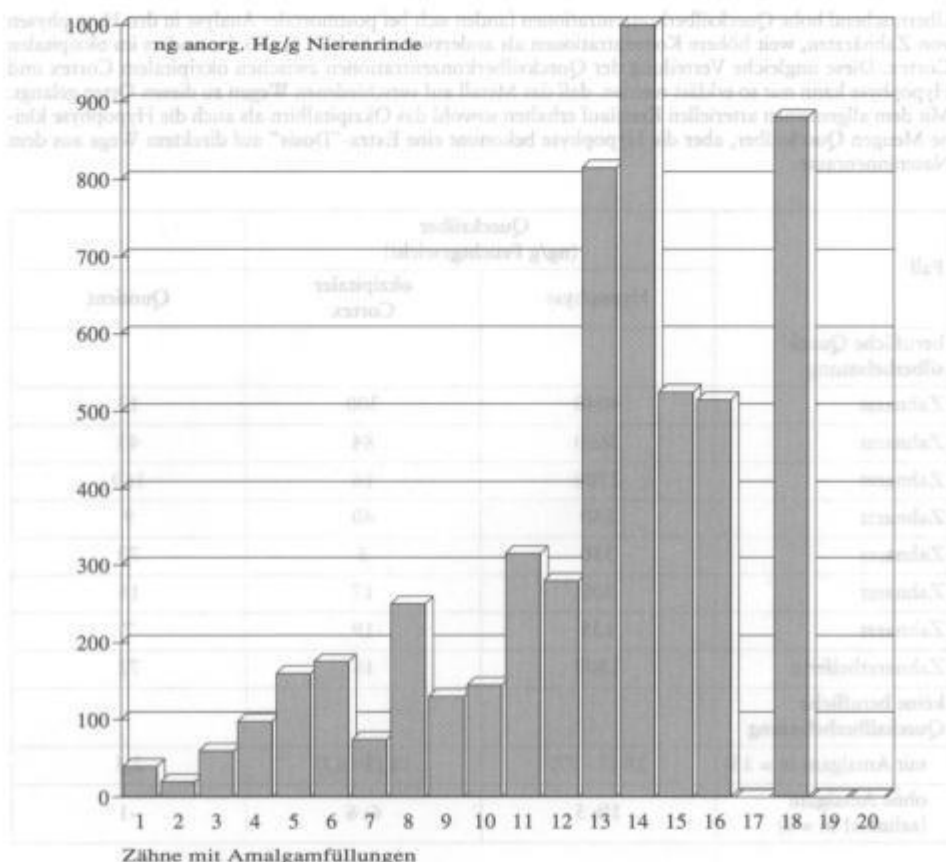


Abb.: Zähne mit Amalgamfüllung / Nierenrinde*

Zahn amalgam, das etwa 50 % Quecksilber enthält, ist nicht stabil. Vor 50 Jahren wies der deutsche Chemiker A. Stock nach, daß Zahn amalgam Quecksilber freisetzt, das eingeatmet werden und so in den Kreislauf und den Körper gelangen kann, das Gehirn eingeschlossen. Weit gefährlicher jedoch sind Quecksilberdämpfe, die sich auf den Schleimhäuten des Naseninnenraums niederschlagen, von wo das Quecksilber direkt ins Gehirn und die Hypophyse transportiert wird. Die Transportwege sind die olfaktorischen Nerven oder das klappenlose Venensystem des Schädels, wodurch eine offene Verbindung zwischen dem oronasalen Raum und dem Schädelinneren gegeben ist, die den allgemeinen arteriellen Blutkreislauf und die Leber mit ihren Entgiftungsprozessen umgeht. Der direkte Weg von der Nase ins Gehirn steht neben Metallen wie Aluminium, Cadmium und Quecksilber auch anderen Substanzen offen (zum Beispiel Mikroorganismen, Toxinen und Aminosäuren). Außerdem ist der neuronale Transportweg entlang des N. trigeminus für das Herpesvirus seit langem bekannt und Meerrettichperoxidase, die in die Zahnpulpa eingebracht wird, geht prompt auf den Hirnstamm über.

*Quelle: G.DRACH

II – 9.3

Toxizität*

Das ständige Freiwerden von Hg-Dampf aus Amalgamzahnfüllungen beim Menschen ist nach dem Kauen längere Zeit merklich erhöht. Die vorliegende Untersuchung bringt den Nachweis der Verteilung des Amalgam-Hg in den Körpergeweben erwachsener Schafe sowie von Lammföten über einen Beobachtungszeitraum. Im Zustand der Allgemeinnarkose erhielten fünf trächtige Mutterschafe am 112. Tag der Gestation zwölf okklusale Amalgamfüllungen, welche das radioaktive ^{203}Hg enthielten. Proben von Blut, Fruchtwasser, Fäzes und Harn wurden in Intervallen von 1–3 Tagen über 16 Tage hinweg gesammelt. Vom 16.–140. Tag nach dem Einbringen des Amalgams (16.–41. Tag bei den Lammföten) wurden Gewebeproben auf ihre Radioaktivität analysiert und die gesamten Hg-Konzentrationen ermittelt. Die Ergebnisse zeigen, daß das Hg aus dem Dentalamalgam im mütterlichen Blut wie im Blut des Fötus sowie im Fruchtwasser binnen 2 Tagen nach dem Einbringen der Amalgamplomben auftritt. Ebenfalls innerhalb von 2 Tagen finden sich die ersten Spuren von Hg-Anlagerungen in den Ausscheidungen. In allen untersuchten Geweben wurden Hg-Anlagerungen angetroffen. Die höchsten Hg-Konzentrationen aus Amalgam beim Erwachsenen traten in der Niere und in der Leber auf, hingegen wurden die höchsten Amalgam-Hg-Konzentrationen im Fötus in der Leber und in der Hypophyse festgestellt. Die Plazenta wies im fortgeschrittenen Stadium der Gestation zunehmend höhere Hg-Konzentrationen auf, und die Amalgam-Hg-Konzentrationen in der Milch nach der Entbindung stellen für das Neugeborene eine potentielle Quelle der Hg-Exposition dar. Daraus ergibt sich, daß die Ansammlungen des Amalgam-Hgs in mütterlichen Geweben und Fötengewebe mit fortschreitender Gestation bis auf ein gleichbleibendes Niveau ansteigen und erhalten bleiben. Die Verwendung des Dentalamalgams für Zahnfüllungen bei werdenden Müttern und Kindern sollte neu überdacht werden.

Es ist gemeinhin bekannt, daß die ständige Abgabe von Hg-Dampf aus Amalgamzahnfüllungen oder sogenannten "Silberplomben" beim Menschen längere Zeit nach dem Kauvorgang bzw. nach dem Zähneputzen merklich erhöht ist. Die Gewichtsverteilung dieser Hg-Silberfüllungen zeigt typischerweise 50 % elementares Hg-Metall und der Hg-Dampf-Gehalt im Mund entspricht der Anzahl der Plomben.

In einer erst kürzlich durchgeführten Untersuchung an Schafen wurde anhand von Ganzkörper-Scans gezeigt, daß radioaktiver Hg-Dampf, welcher aus Dentalamalgamfüllungen freigesetzt wurde, zuerst von den Geweben der Lunge, des gastrointestinalen Bereichs und der Kiefer aufgenommen wurde. Jedoch ist das Muster der Hg-Verteilung in den Geweben über einen bestimmten Zeitraum hinweg noch unbekannt. Vordringlichstes Ziel dieser Untersuchung war es daher, die Verteilung des Amalgam-Hgs in den Körpergeweben erwachsener Schafe während eines Beobachtungszeitraumes festzustellen.

Obwohl längst bekannt war, daß Hg aus anderen Quellen als dem Dentalamalgam die Plazentaschranke passieren und dem Fötus aufgenommen werden kann, gab es keine Beweise dafür, daß der Fötus dem Einfluß des Hg aufgrund des Dentalamalgams der Mutter ausgesetzt ist. Es war daher eine weitere Aufgabe dieser Untersuchung, festzustellen, wieviel Dentalamalgam-Hg von den Fötuszellen während des letzten Schwangerschaftsdrittels angelagert wird.

Methoden**

Fünf erwachsene Mutterschafe (Dorset / Suffolk-Kreuzung) im Alter von 3–5 Jahren mit einem durchschnittlichen Körpergewicht von $68,4 \pm 7$ kg wurden gedeckt und der Tag der Deckung als Tag 0 der Trächtigkeit angenommen. Am 112. Tag der Tragzeit wurden die Mutterschafe für den Eingriff am Fötus und die Zahnbehandlung vorbereitet. Die Tiere wurden mit Halothan über einen Endotrachealtubus, welcher an einen Narkover-2-Gas Narkoseapparat angeschlossen war, narkotisiert. In die Jugularvene des Muttertieres, Femoral- und Jugularvene des Fötus sowie in die Fruchtblase wurden Tygon-Katheter gelegt, die mit 7% Tridodecylmethylammoniumchlorid (TDMAC) Heparinkomplexlösung (Polysciences, War-

*Die Verteilung des aus Amalgamzahnfüllungen freiwerdenden Quecksilbers (^{203}Hg) im Mutterorganismus und im Fötus. Am. J. Physiol. 258 (Regulatory Integrative Comp. Physiol. 27): 939–945, 1990.

**Vom: VIMY, M. J., Y. TAKAHASHI UND F. L. LORSCHER.

II – 9.3 Toxizität

ington, PA) behandelt wurden. Die Katheter wurden mit Hilfe der bereits zuvor bei Schafen verwendeten Verfahren nach außen gelegt. Diese ständigen Verweilkatheter ermöglichten regelmäßige Entnahmen von Proben während der Tragzeit. Die Mutterschafe wurden 48 Stunden nach der Operation in metabolische Käfige verlegt, um über 2 Wochen regelmäßig die Hg-Ausscheidung in Fäzes- und Harnproben untersuchen zu können. Die venösen Blutgase des Fötus wurden nach der Operation jeden zweiten Tag auf die pH-, PCO_2 - und PO_2 -Werte kontrolliert, um die Lebensfähigkeit und die Gesundheit des Fötus festzustellen (Instrumentation Laboratory System, Lexington, MA, Modell 1301 pH-Blutgas-Analysator). Alle Tiere erhielten Wasser nach Belieben und zweimal täglich frisches Heu während der Versuchsdauer.

Zum Zeitpunkt des Eingriffes am Lammfötus erhielt das Mutterschaf 12 radioaktive Okklusall-Amalgamfüllungen (drei Molare in jedem Quadranten des Maules). Die Zahnbehandlung war dieselbe wie zuvor in beschrieben und die Gesamtlegierungsmasse jeder okklusierten und polierten Füllung betrug ca. 850 mg mit einem 50 %igen Anteil an elementarem Hg. Vor dem Abmischen des Amalgams wurde das ^{203}Hg mit einer spezifischen Aktivität von 13 mCi/g (New England Nuclear, Boston, MA) 11-fach mit elementarem, nicht radioaktivem Hg abgeschwächt. Jedes Mutterschaf erhielt insgesamt ca. 7 mCi ^{203}Hg . Nach dem Legen und Okklusieren der Amalgamzahnfüllungen wurde die Mundhöhle gründlich mit Wasser gespült und mehrmals abgesaugt, um sie von Amalgampartikeln zu säubern.

Blut-, Fruchtwasser-, Fäzes- und Harnproben wurden in Abständen von 1–3 Tagen entnommen und die entsprechende Fäzesmasse und Harnmenge während 24 Stunden eingetragen. Der in der Luft der Mundhöhle befindliche Hg-Dampf der Mutterschafe wurde mit den zuvor beschriebenen Methoden (VIMY und LORSCHIEDER, 1985a) periodisch kontrolliert. Die Tiere wurden am 16., 29., 73., 100. und 140. Tag (die Lammföten am 16., 23., 25., 34. und 41. Tag) nach der Zahnbehandlung mit pentobarbitalnatrium-gesättigtem KCl euthanisiert und es wurden Gewebeproben aus verschiedenen Organen des Muttertieres und des Fötus entnommen und gewogen. Proben aus dem gastrointestinalen Trakt wurden in isotoner Kochsalzlösung gewaschen, um die Gewebeproben vom Darminhalt zu reinigen. Plasma wurde durch Zentrifugieren gewonnen und die abgeschiedenen roten Blutkörperchen wurden mit zwei Teilen Kochsalzlösung gewaschen. Das gesamte Blutvolumen der Mutterschafe wurde auf durchschnittlich 74 ml/kg (WADE und SASSER, 1970) geschätzt. 48 Stunden nach dem Wurf wurden von der Brust jedes Muttertieres 5 ml Milch ausgepresst.

Alle Gewebe- und Flüssigkeitsproben wurden auf Radioaktivität untersucht, der gesamte Hg-Gehalt wurde wie vorher beschrieben berechnet und Berichtigungen für den isotopischen Zerfall ($t_{1/2} = 47$ Tage) und die spezifische Isotopenaktivität vorgenommen, der Verdünnungsfaktor für nichtradioaktives Hg wurde vor dem Abmischen des Amalgams hinzugefügt. Das endgültige rechnerische Ergebnis ergab die gesamte Hg-Menge aus dem Dentalamalgam je Gramm (Naßgewicht) Gewebe oder Flüssigkeit. Die Daten wurden mit den Durchschnittswerten als Funktion der Tage nach Legen des Amalgams mit der Methode der am besten-passenden-Kurve aufgezeichnet, um eine graphische Darstellung der Muster der Hg-Verteilung (Harvard Graphics version 2.1, Software Publishing, Mountain View, CA) zu erreichen.

Ergebnisse

Der durchschnittliche Hg-Dampfgehalt in der Luft der Mundhöhle der fünf Mutterschafe betrug bei diesen Versuchen $44 \mu\text{g Hg/m}^3$ (Bereich 13–98) bei 12 neuen Amalgamplomben und entspricht dem bei 10 Testpersonen unterschiedlichen Alters mit 12 Okklusall-Amalgamfüllungen nach dem Kauvorgang gemessenen durchschnittlichen Dampfgehalt von $43–45 \mu\text{g Hg/m}^3$ (VIMY und LORSCHIEDER 1985b).

Die erste Abbildung zeigt den durchschnittlichen Hg-Gehalt (ng/g) aus dem Dentalamalgam im mütterlichen und fötalen Blut und im Fruchtwasser während 16 Tagen nach Einsetzen der Amalgamplomben in den fünf Muttertieren und den Föten. Binnen 48 Stunden konnte Amalgam-Hg in allen drei Flüssigkeiten nachgewiesen werden und erreichte auch den Höchstwert. Ein erhöhter Spiegel von ca. 4 ng/g im mütterlichen Blut (Bereich 3–7) sowie im Fruchtwasser (Bereich 2–8) und von ca. 16 ng/g (Bereich 7–23) im fötalen Blut blieb während der 2-wöchigen Dauer der Probeentnahmen erhalten.

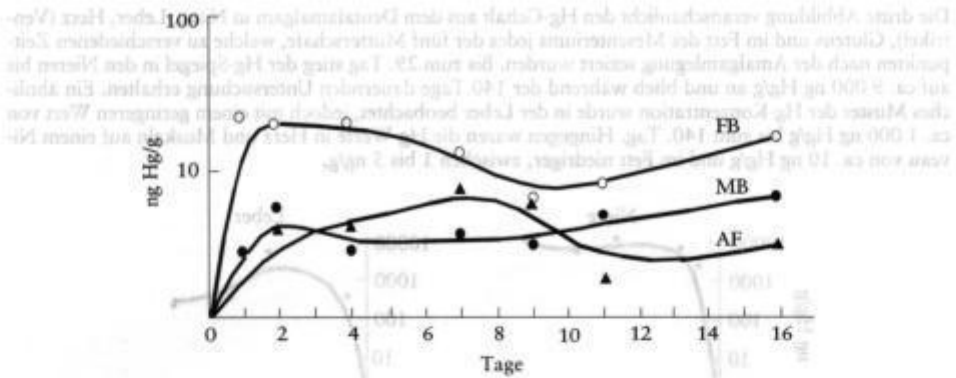


Abb.: Durchschnittliche Hg-Konzentration aus dem Dentalamalgam im mütterlichen Blut (MB), Blut des Fötus (FB), Fruchtwasser (AF) während der 16 Tage nach Legen der Amalgamplomben. Jeder Punkt stellt einen Mittelwert der 5 Tiere dar.

Die zweite Abbildung zeigt den durchschnittlichen Hg-Gehalt (ng/g) aus dem Dentalamalgam, der mit dem Harn und den Fäzes des Muttertieres ausgeschieden wurde über einen Zeitraum von 16 Tagen, nachdem den fünf trächtigen Mutterschafen die Amalgamfüllungen eingesetzt worden waren. Der Harnspiegel stieg steil an und erreichte nach dem 4. Tag ein gleichbleibendes Niveau. Der durchschnittliche Harnwert während dieses Zeitraumes betrug 5 ng/g (Bereich 1 – 12), was hieße, daß bei einer durchschnittlichen 24-Stunden-Harnmenge von 840 ml 10 µg Hg aus dem Amalgam täglich über die Niere ausgeschieden wurden. Indessen betrug die anfängliche Hg-Menge in den Fäzes durchschnittlich 3 800 ng/g, d. h. daß bei Berücksichtigung einer durchschnittlichen Fäzesmenge von 2 030 g/Tag ca. 7.7 mg Hg aus dem Amalgam täglich aus dem gastrointestinalen Trakt während dieses 2-wöchigen Zeitraumes ausgeschieden werden konnten. Danach ergaben Messungen der Hg-Konzentration zum Zeitpunkt der Sektion einen kontinuierlichen Rückgang und erreichten am 73. Tag nach der Amalgambehandlung Hg-Werte in den Fäzes, welche weniger als die Hälfte der anfänglichen Konzentration betrugen.

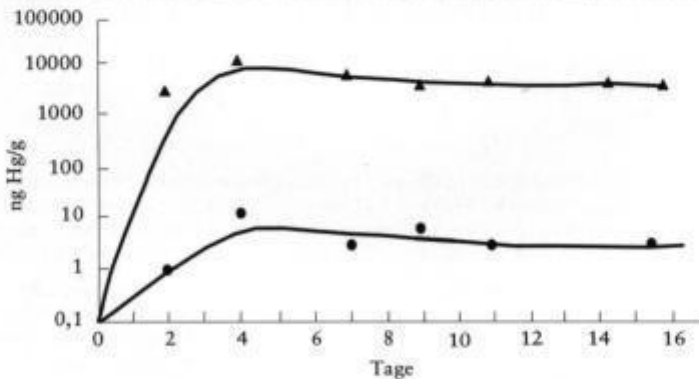


Abb.: Durchschnittliche Hg-Konzentration aus dem Dentalamalgam, welche mit dem Harn und den Fäzes der Muttertiere während der 16 Tage nach der Amalgamzahnbehandlung ausgeschieden wurde. Jeder Punkt stellt einen Mittelwert der 5 trächtigen Tiere dar.

II - 9.3 Toxizität

Die dritte Abbildung veranschaulicht den Hg-Gehalt aus dem Dentalamalgam in Niere, Leber, Herz (Ventrikel), Gluteus und im Fett des Mesenteriums jedes der fünf Mutterschafe, welche zu verschiedenen Zeitpunkten nach der Amalgamlegung seziiert wurden. Bis zum 29. Tag stieg der Hg-Spiegel in den Nieren bis auf ca. 9 000 ng Hg/g an und blieb während der 140 Tage dauernden Untersuchung erhalten. Ein ähnliches Muster der Hg-Konzentration wurde in der Leber beobachtet, jedoch mit einem geringeren Wert von ca. 1 000 ng Hg/g bis zum 140. Tag. Hingegen waren die Hg-Werte in Herz und Muskeln auf einem Niveau von ca. 10 ng Hg/g und im Fett niedriger, zwischen 1 bis 5 ng/g.

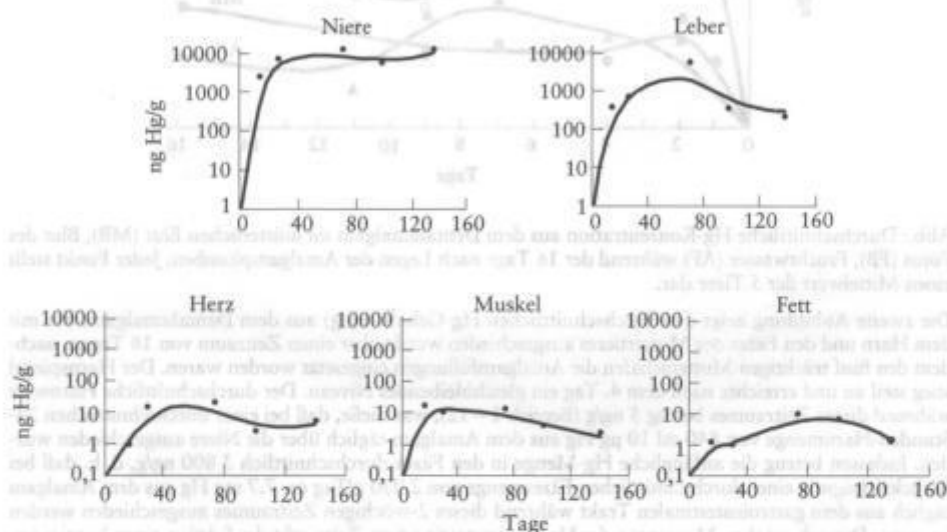
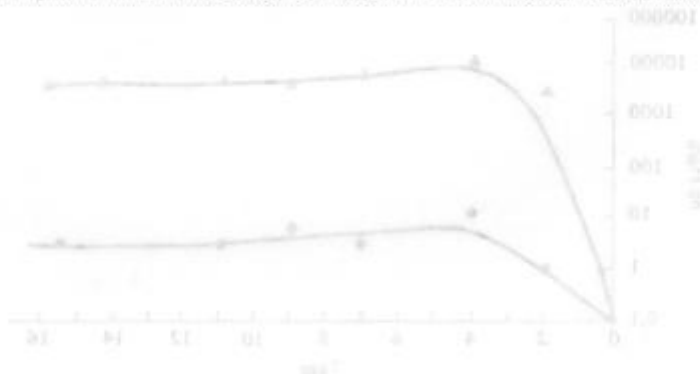


Abb.: Hg-Konzentration aus dem Dentalamalgam in Niere, Leber, Herz, Muskel und Fett der in unterschiedlichen Zeitpunkten nach Amalgamlegung autopsierten 5 erwachsenen Mutterschafe.



In der vierten Abbildung wird der Hg-Gehalt aus dem Dentalamalgam in drei Gehirnabschnitten und in den Geweben dreier endokriner Drüsen jedes der fünf Mutterschafe dargestellt, welche zu verschiedenen Zeitpunkten nach der Amalgamapplikation seziiert wurden. Großhirn, Hinterhauptslappen und Thalamus zeigten Spuren von Hg-Konzentrationen bereits nach 16 Tagen und zwischen dem 29. und 140. Tag konnten Hg-Werte zwischen 3 und 13 ng/g gemessen werden. Nach 29 Tagen wurden in der Hypophyse, Schilddrüse und Nebenniere etwas höhere Hg-Konzentrationen zwischen ca. 10 und 100 ng/g festgestellt.

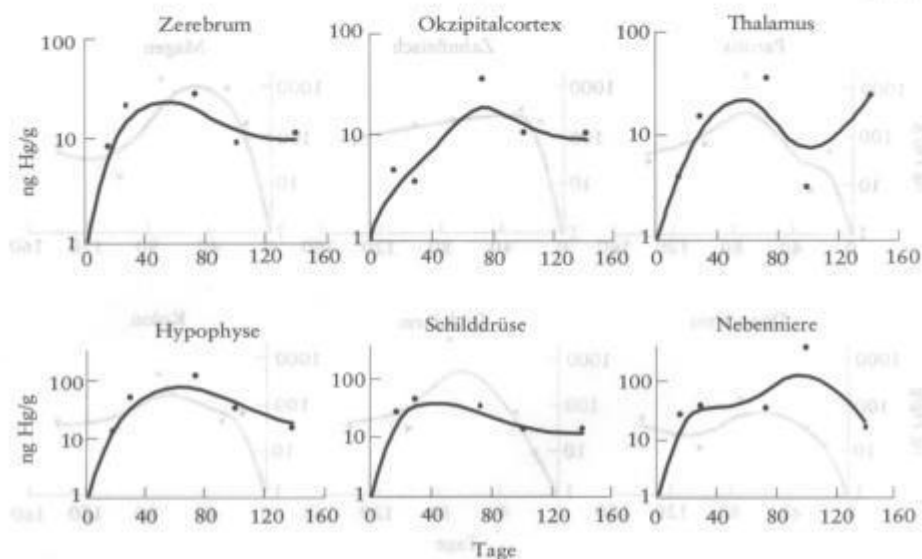
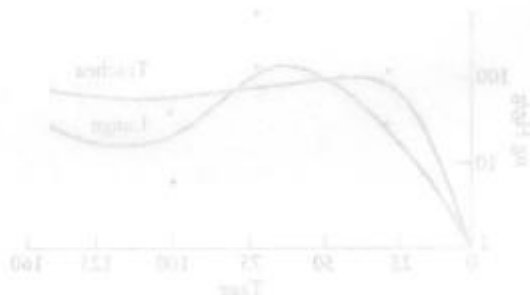


Abb.: Hg-Konzentration aus dem Dentalamalgam in Zerebrum, Okzipitalcortex, Thalamus, Hypophyse, Schilddrüse und Nebennieren für jedes der fünf zu verschiedenen Zeiten nach Applikation der Amalgamfüllungen autopsierten erwachsenen Mutterschafe.



II-9.3 Toxizität

Die fünfte Abbildung veranschaulicht die Hg-Konzentration aus dem Dentalamalgam im oralen und gastrointestinalen Gewebe der fünf Mutterschafe, welche zu verschiedenen Zeitpunkten nach der Amalgamapplikation seziiert wurden. Die Ohrspeicheldrüse wies Hg-Werte zwischen 10 und 100 ng/g auf, während sich die im Zahnfleisch gemessenen Werte auf einem Plateau von 200–300 ng Hg/g bis zum 140. Tag bewegten. Im Magen wurden im 140-Tage-Beobachtungszeitraum Werte von bis zu 1 000 ng/g gemessen, während im Dünndarm, Dickdarm und Kolon Werte zwischen ca. 10 und 200 ng/g festgestellt wurden,

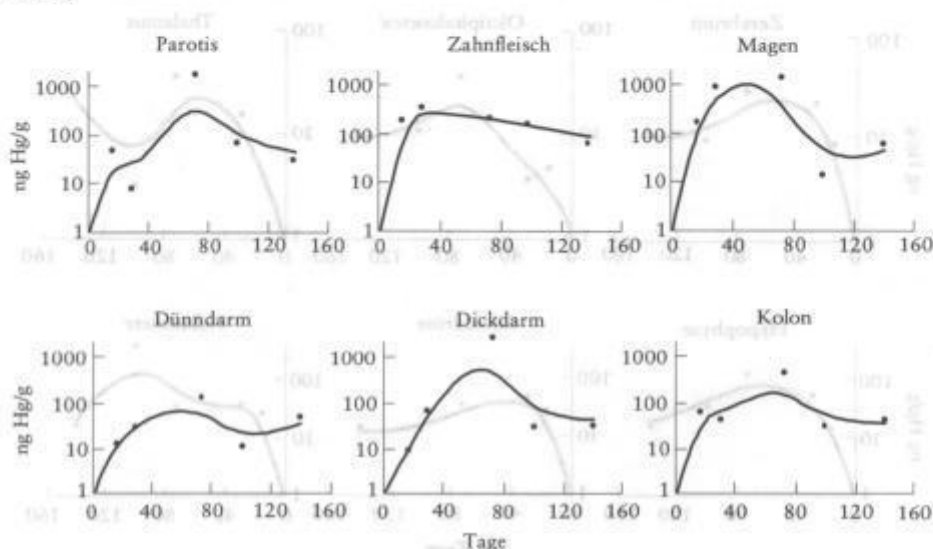


Abb.: Hg-Konzentration aus dem Dentalamalgam im oralen und gastrointestinalen Gewebe: in Parotis, Zahnfleisch, Magen, Dünndarm, Dickdarm und Kolon aller 5 erwachsenen Mutterschafe, welche jeweils zu verschiedenen Zeiten nach Legen der Amalgamplomben autopsiert wurden.

Die sechste Abbildung zeigt die Hg-Konzentration aus dem Dentalamalgam in den Atemwegen der fünf Mutterschafe, die zu verschiedenen Zeitpunkten nach der Amalgamapplikation seziiert wurden. In der Lunge schwankten die Hg-Werte zwischen 20 und 600 ng/g, in der Zilienschicht der Trachea bewegten sich die Hg-Werte zwischen 50 und 120 ng/g im gesamten 140-tägigen Beobachtungszeitraum.

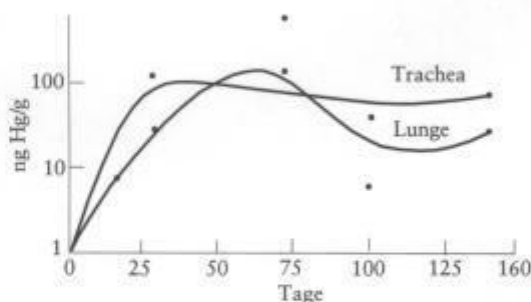


Abb.: Hg-Konzentration aus dem Dentalamalgam in Lunge und Trachea aller 5 erwachsenen Mutterschafe, welche jeweils zu verschiedenen Zeiten nach Legen der Amalgamplomben autopsiert wurden.

Die siebente Abbildung stellt die Amalgam-Hg-Werte im Vollblut der fünf Mutterschafe mit durchschnittlich 10 ng/g dar, welche während des 140-tägigen Beobachtungszeitraumes relativ konstant blieben. Ausgehend von einem durchschnittlichen Blutvolumen von 4 800 ml je Mutterschaf würde dies bedeuten, daß bis zum 29. Tag nach der Amalgambehandlung der gesamte im Blut zirkulierende Hg-Pool in jedem Zeitpunkt wenigstens 48 µg betrug. Die Galle dieser Mutterschafe enthielt im Vergleichszeitraum bei der Autopsie 3 bis 40 ng/g. In der Milch, welche innerhalb von 2 Tagen nach der Geburt, 25 – 41 Tage nach der Amalgamapplikation, gewonnen wurde, enthielt bis zu 60 ng/g Hg aus dem Dentalamalgam.

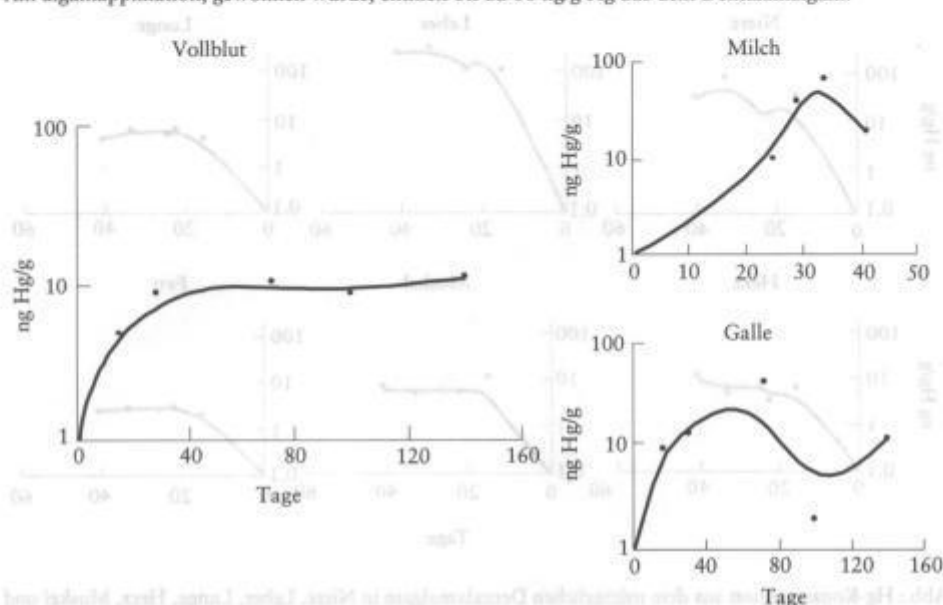


Abb.: Hg-Konzentration aus dem Dentalamalgam im Blut, in der Milch und in der Galle aller 5 erwachsenen Mutterschafe, welche jeweils zu verschiedenen Zeiten nach Einbringen der Amalgamfüllungen autopsiert wurden.

II-9.3 Toxizität

Die achte Abbildung veranschaulicht die Amalgam-Hg-Konzentration in Niere, Leber, Lunge, Herz, Gluteus sowie im Fett des Mesenteriums von drei bis fünf Lammföten, welche nach der Amalgamapplikation über 16–41 Tage im Uterus der Hg-Exposition aus dem mütterlichen Dentalamalgam ausgesetzt waren. Die Niere der Föten wies Hg-Werte von 10–14 ng/g auf, hingegen wurden in der Leber größere Mengen zwischen 100–130 ng Hg/g festgestellt. Lunge, Herz und Muskel enthielten weniger als 10 ng Hg/g und die Konzentration im Fett war mit 1–2 ng Hg/g am geringsten.

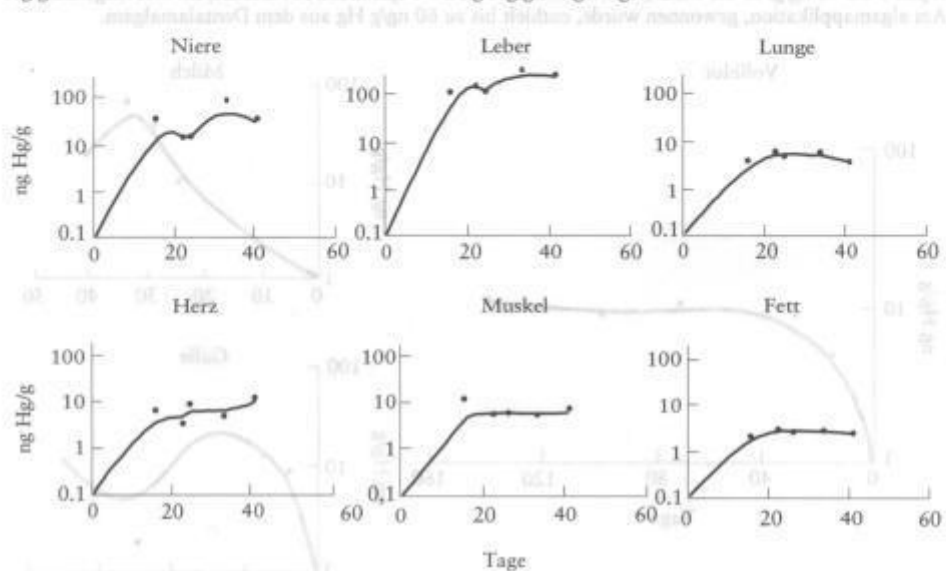


Abb.: Hg-Konzentration aus dem mütterlichen Dentalamalgam in Niere, Leber, Lunge, Herz, Muskel und Fett der 3-5 Lammföten, gemessen zu verschiedenen Zeiten der intrauterinen Exposition nach der Amalgamapplikation

Die neunte Abbildung zeigt die Amalgam-Hg-Konzentration in den Gehirnabschnitten und in den drei endokrinen Drüsen der 3–5 Lammföten, welche nach der Amalgamapplikation über 16–41 Tage im Uterus der Hg-Exposition aus dem mütterlichen Dentalamalgam ausgesetzt waren. Die höchsten Hg-Spiegel in Zerebrum, Okzipitalcortex und Thalamus lagen bei ca. 10 ng/g. Andererseits enthielt die Hypophyse des Fötus über 100 ng Hg/g, während die Schilddrüse und Nebennieren weniger als 10 ng Hg/g aufwiesen.

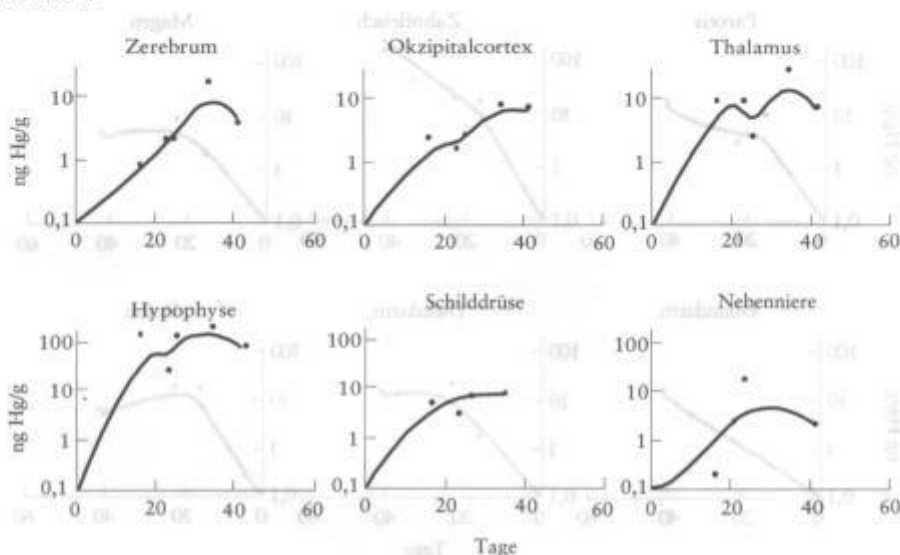


Abb.: Hg-Konzentration aus dem mütterlichen Dentalamalgam in Zerebrum, Okzipitalcortex, Thalamus, Hypophyse, Thyroidea und Nebennieren der 3–5 Lammföten, gemessen zu verschiedenen Zeiten der intrauterinen Exposition nach der Amalgamapplikation.

II - 9.3 Toxizität

Die zehnte Abbildung zeigt die Amalgam-Hg-Konzentration im oralen und gastrointestinalen Gewebe am Beispiel von 3 - 5 Lammföten, welche nach der Amalgamapplikation über 16-41 Tage im Uterus der Hg-Exposition aus dem mütterlichen Dentalamalgam ausgesetzt waren. Die Ohrspeicheldrüse der Föten wies Werte bis zu 10 ng/g auf, hingegen fanden sich im Zahnfleisch 10 - 120 ng/g. Magen, Dünndarm, Dickdarm und Kolon enthielten bis zu 10 ng Hg/g.

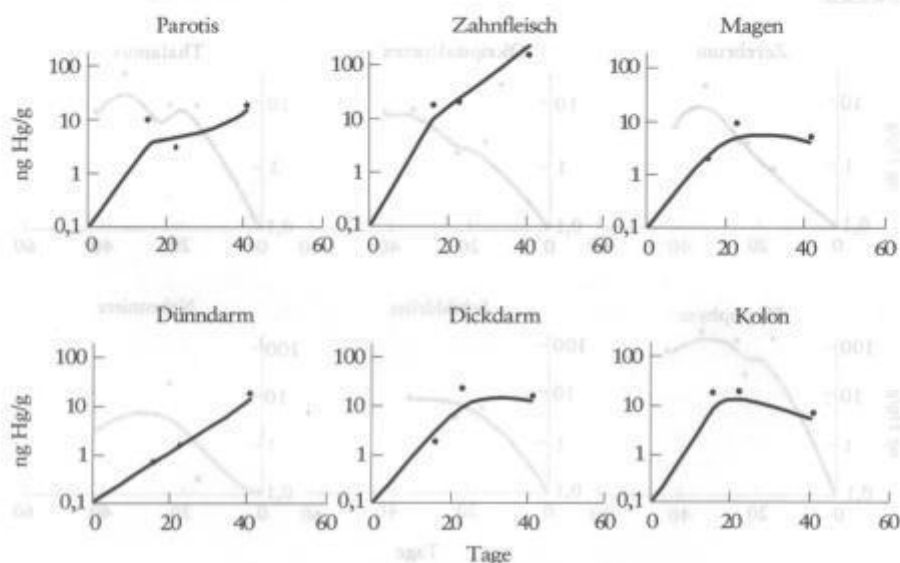


Abb. : Hg-Konzentration aus dem mütterlichen Dentalamalgam in oralen und gastrointestinalen Geweben: Parotis, Zahnfleisch, Magen, Dün-, Dickdarm und Kolon der 3 - 5 Lammföten, gemessen zu verschiedenen Zeiten der intrauterinen Exposition nach Einlegen der Amalgamfüllungen.

Die letzte Abbildung demonstriert die Amalgam-Hg-Konzentration im Blut und in der Galle der 3–5 Lammföten, welche nach der Amalgamapplikation über 16–41 Tage im Uterus der Hg-Exposition aus dem mütterlichen Dentalamalgam ausgesetzt waren. Die Hg-Werte im Blut der Föten schwankten zwischen 3–75 ng/g, während die Gallen-Hg-Werte im Bereich zwischen 1–47 ng/g lagen.

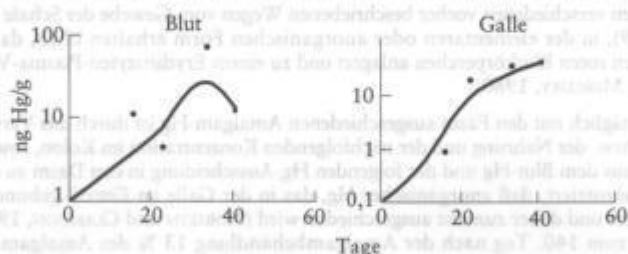


Abb.: Hg-Konzentration aus dem mütterlichen Dentalamalgam in Blut und Galle der 3–5 Lammföten, gemessen zu verschiedenen Zeiten der intrauterinen Exposition nach Legen der Amalgamfüllungen.

Andere bei diesen Versuchen gewonnene Daten ergaben, daß die Amalgam-Hg-Konzentration im Plazentalappen 24, 161 bzw. 289 ng/g nach 16, 25 bzw. 34 Tagen der intrauterinen Exposition durch das mütterliche Dentalamalgam betrug. Das Erythrozyten-Plasma-Verhältnis des Amalgam-Hg betrug bei den Mutterschafen zwischen 16. und 140. Tag 0,44, bei den Lammföten nach 16 bis 41 Tagen der intrauterinen Exposition 0,97. Die in der zerebrospinalen Flüssigkeit gemessene Amalgam-Hg-Konzentration ergab bei den Mutterschafen durchschnittlich 4,6 ng/g, bei den Föten 5,1 ng/g.

Diskussion

Die Ergebnisse dieser Versuche zeigen, daß Quecksilber aus dem Zahnamalgam innerhalb von 2 Tagen nach dem Einbringen der Amalgamfüllungen in die Zähne des Muttertiers im mütterlichen Blut und im Blut des Fötus sowie im Fruchtwasser nachweisbar ist. Eine teilweise Ausscheidung des Hg beginnt ebenfalls innerhalb von 2 Tagen über Harn und Fäzes. Die höchsten Hg-Konzentrationen aus dem Amalgam kamen beim erwachsenen Tier in Niere und Leber, beträchtliche Mengen in den endokrinen Drüsen, oralen Geweben, im Magen und in den Atemwegen vor. Beim Fötus wiesen Leber und Hypophyse während des letzten Drittels der Tragzeit, in welchem auch die Plazenta zunehmend größere Hg-Mengen gegen Ende der Tragzeit speicherte, die höchsten Amalgam-Hg-Konzentrationen auf. Schließlich stellt auch die Milch nach der Entbindung eine potentielle Quelle der Hg-Exposition für das Neugeborene dar.

In der vorliegenden Untersuchung waren die Werte des durchschnittlichen intraoralen Hg-Dampfes aufgrund der 12 Amalgamplomben bei Schafen fast identisch mit den gemessenen durchschnittlichen Dampf-Werten beim Menschen mit derselben Anzahl von Okklusal-Amalgamfüllungen (VIMY und LORSCHNER, 1985b). Die Gründe für die Verwendung von Schafen als Versuchssubjekt für die Untersuchung des Umsatzes des Dental-Amalgam-Hgs wurden bereits in einem früheren Bericht erörtert (VIMY und LORSCHNER, 1985b). Obwohl an lebenden Tieren Radioisotopen-Untersuchungen dieser Art sich vielleicht wegen des Erfordernisses der Tierhaltung schwieriger gestalten als Untersuchungen ohne Isotope, welche mittels Massenspektroskopie, Neutronenaktivierungsanalyse oder autometallographischer Analyse des Hg ablaufen, hat unser Modell den klaren Vorteil, daß das gesamte gemessene Hg ausschließlich auf das Dentalamalgam und nicht auf Nahrung, Wasser oder Umwelteinflüsse im Hintergrund zurückzuführen ist. Eine Ausdehnung dieser Untersuchungen über 140 Tage hinaus wäre durch die physikalische Halbwertszeit des Hg von 47 Tagen begrenzt. Alle Amalgamfüllungen blieben während des 140-tägigen Beobachtungszeitraumes intakt.

Die Hg-Konzentration aufgrund des Dentalamalgams in den Geweben zeigt generell die Tendenz, daß in der frühen Phase, zwischen dem 16. – 29. Tag, die ständig steigende Hg-Aufnahme zumindest teilweise von dem nach Einbringen der Amalgamfüllungen verstrichenen Zeitraum abhängt. Nach 29 Tagen pendelten sich die Werte auf einem Plateau ein, woraus zu schließen ist, daß zumindest während der ersten 140 Tage nach der Amalgamapplikation die Hg-Aufnahme der Gewebe den Gewebeumsatz auf einem relativ konstanten Gleichgewichtsniveau ersetzt.

Der gesamte im Blut zirkulierende Amalgam-Hg-Pool war beträchtlich höher als die meisten Gewebewerte in einem beliebigen Versuchszeitpunkt, sodaß der Schluß nahelegt, daß die Gewebe raschen Zugang zu einem, sich erneuernden Hg-Vorrat haben, der ständig aus den Dentalamalgamfüllungen freigesetzt wird. Bei dieser Untersuchung lag das Erythrozyten-Plasma-Verhältnis des Hg aus dem Amalgam sowohl beim Mutterschaf als auch beim Lammfötus unter eins. Dies deutet darauf hin, daß ein Großteil des Amalgam-Hg, welches auf den verschiedenen vorher beschriebenen Wegen vom Gewebe der Schafe absorbiert wurde (Hahn et al. 1989), in der elementaren oder anorganischen Form erhalten blieb, da Methyl-Hg sich vorzugsweise in den roten Blutkörperchen anlagert und zu einem Erythrozyten-Plasma-Verhältnis von 9:1 führt (CHANG und MERCURY, 1980).

Die große Menge täglich mit den Fäzes ausgeschiedenen Amalgam-Hg ist durch das Verschlucken des Hg mit dem Speichel bzw. der Nahrung und der nachfolgenden Konzentration im Kolon, sowie durch die Galle-Konzentration aus dem Blut-Hg und der folgenden Hg-Ausscheidung in den Darm zu erklären. Es wurde an Ratten demonstriert, daß anorganisches Hg, das in der Galle an Eiweiß gebunden wurde, nicht leicht rückresorbiert und daher zumeist ausgeschieden wird (NORSETH und CLARKSON, 1971). Obwohl wir glauben, daß bis zum 140. Tag nach der Amalgambehandlung 13 % des Amalgam-Hg im Weg der Fäzesausscheidung den Körper verlassen, verringert sich dieser Prozentsatz danach rasch. Wir nehmen an, daß bei Fortsetzung der Untersuchung die Hg-Ausscheidung im nächsten 140-Tages-Zeitraum bei weitem geringer ausfiel. Das Füllen schadhafter Zähne mit Amalgam und dessen Verdichtung bewirkt anfänglich eine höhere Hg-Konzentration im Bereich der künstlichen Beißoberflächen. Daher ist anzunehmen, daß durch die Kauenergie an den neuen Plomben in den ersten 2 Wochen größere Mengen reiner Hg-Dampf und Amalgam-Mikropartikel mit entsprechend höherem Hg-Anteil freigesetzt werden.

Die Ergebnisse der mütterlichen Gewebe weisen darauf hin, daß durch den Kaureiz an den Amalgamfüllungen Hg-Dampf frei wurde, der zum Teil eingeatmet wurde. Da ca. 80 % des eingeatmeten Hg über die Lunge aufgenommen und zurückbehalten werden (NIELSEN-KUDSK, 1963), erklärt sich hiemit der erhöhte Hg-Spiegel im mütterlichen Blut und die daraus resultierende hohe Amalgam-Hg-Konzentration in Niere und Leber des Muttertieres. Wie bereits gezeigt wurde, werden sowohl in der Niere als auch in der Leber größere Mengen Hg abgelagert, wenn der Mensch aus anderen als Amalgam-Quellen radioaktiven Hg-Dampf einatmet, und gelten Niere und Gehirn als kritische Zielorgane für die Hg-Dampfeinwirkung (HURSH et al., 1976). Die Werte zeigen ferner, daß ein Teil des Amalgam-Hg auch über die Schleimhaut des mütterlichen Gastrointestinaltraktes aufgenommen wird, da Hg in größeren Mengen in der Schleimhaut und im Inhalt dieses Traktes gefunden wurde. Dieses Hg könnte als verschluckter Dampf mit den Nahrungsmitteln und im Speichel gelöst oder als Mikropartikel des Amalgams oder als Quecksilberionen durch den Kau- und Malvorgang der Zähne in den Trakt gelangt sein. Obwohl ca. 10 % des Hg in der anorganischen Form (zweiwertiges und einwertiges Hg) über den gastrointestinalen Trakt resorbiert werden (Task Group on Metal Accumulation, 1973), ist ein Großteil des Amalgam-Hg im Trakt dennoch als wesentliche Belastung für die Mutter anzusehen. Die Amalgam-Hg-Konzentration im Kolon des Fötus deutet darauf hin, daß das Hg über das Mekonium in das Fruchtwasser gelangt.

Beim erwachsenen Mutterschaf waren die hohen Hg-Werte aus dem Amalgam in der Niere ca. 9mal höher als die Hg-Werte in der Leber des Erwachsenen. Das steht im krassen Gegensatz zu den Lammföten, bei welchen die Hg-Konzentration in der Niere das ca. 0,1fache der Leberwerte betrug. Dies zeigt die funktionelle Bedeutung der Erwachsenenleber, während die Leber des Fötus als funktionell erythropoetisches Organ fungiert. Die Erythropoese der Leber des Fötus erklärt auch, weshalb die Hg-Werte im Blut des Fötus höher waren als jene des Erwachsenenblutes. Auch die hohen Hg-Werte in der Leber des Fötus können daraus resultieren, daß der Großteil des Blutes der Nabelvene zuerst direkt durch den Leberkreislauf des Fötus geht. Die in dieser Untersuchung beobachteten Hg-Werte aus dem Amalgam in der Niere des erwachsenen Schafes lagen über den bei Menschen beobachteten Nierenwerten (NYLANDER et al., 1987). Jedoch wurden unsere Werte nur im Verlauf von 140 Tagen nach gleichzeitiger Einlage von 12 neuen Amalgamfüllungen im Mund beobachtet. Im Unterschied dazu wurden Daten über den Menschen bei Personen mit unterschiedliche vielen Amalgamplomben unbekannten Alters gewonnen. In dem relativ kurzen Zeitraum zwischen dem 16. und 140. Tag nach Einlage des Amalgams wurden in dieser Untersuchung 3 - 13 ng/g aus dem Amalgam freigewordenes Hg im Gehirn der Muttertiere gemessen. Dies entspricht den festgestellten Netto-Hg-Werten aus Sektionsproben der menschlichen Hirnrinde von Personen mit Dentalamalgam 7,2 ng/g (EGGLESTON und NYLANDER, 1987) nach Abzug jener Hg-Werte des Gehirns, welche bei Kontrollpersonen (ohne Amalgam) 5,7 ng/g gefunden wurden.

Erwähnenswert wäre noch, daß die Hg-Konzentration aus Amalgam in der Hypophyse des erwachsenen Mutterschafes um ein Vielfaches höher war als die Konzentration im Gehirn. Diese unterschiedliche Ten-

denz war im Lammfötus noch krasser ausgeprägt. Dieser Befund steht im Einklang mit NYLANDER (NYLANDER et al., 1987), der von relativ höheren Hg-Konzentrationen in der Hypophyse gegenüber dem Okzipitalhirn von Zahnärzten spricht. Der endokrinologischen Bedeutung der Amalgam-Hg-Konzentration in Hypophyse, Schilddrüse und Nebennieren der vorliegenden Untersuchung sollte in künftigen Untersuchungen größere Aufmerksamkeit geschenkt werden.

Die vorliegende Darstellung selektiver Konzentrationen von Amalgam-Hg im Plazentagewebe bei fortschreitender Gestationsdauer entspricht dem früheren Nachweis, daß elementares Hg aus anderen Quellen als dem Amalgam die Plazenta passiert (CLARKSON et al., 1972). Diese Beobachtung wird durch die Hg-Werte im Blut des Fötus bestätigt, die in dieser Untersuchung das Vierfache des Spiegels im Muttertier während der ersten beiden Wochen nach Einbringen des Amalgams betragen. Die Plazenta epitheliochorialis des Schafes besitzt sechs Gewebsschichten, welche das mütterliche Blut vom Blut des Fötus trennen, während die Plazenta epitheliochorialis des Menschen nur über drei Gewebsschichten verfügt, weshalb die Plazentaschranke beim Menschen Transfereigenschaften aufweist, die ihre Durchlässigkeit erhöhen (FABER und THORNBURG, 1983). Allein aufgrund dieser histologischen Gegebenheiten könnte man zur Annahme gelangen, daß der menschliche Fötus einen größeren Prozentsatz einer beliebigen Dosis Dentalamalgam-Hg aufnimmt. Wir kommen zu dem Schluß, daß das aus dem Amalgam von Zahnfüllungen frei werdende Hg bald nach dessen Einbringung sich selektiv im mütterlichen Gewebe und im Gewebe der Föten anzulagern beginnt. Die Anlagerung des Amalgam-Hg wächst in den Geweben mit fortschreitender Gestation bis auf ein konstantes Niveau, welches für die Dauer von 20 Wochen erhalten bleibt. Amalgamfüllungen sind eine Quelle dauernder Hg-Belastung sowohl für die Mutter als auch für den Fötus. In Anbetracht der in dieser Untersuchung vorgelegten Versuchsdaten, sollte künftighin die Verwendung von Dentalamalgam für Zahnfüllungen bei schwangeren Frauen und Kindern neu überdacht werden.

Verfasser: F. LORSCHER, Dept. of Medical Physiology, Faculty of Medicine, Health Sciences Center, University of Calgary, 3330 Hospital Drive, N.W., Calgary, Alberta, T2N 4N1, Canada.

II – 9.3.1

Depots nach DMPS*

Depots im Organismus korrelieren mit der Anzahl der Amalgamfüllungen

Zusammenfassung:

Bei 501 Patienten mit bis zu 19 Amalgamfüllungen wurden die Quecksilberdepots im Organismus durch Gabe von Dimaval® (2,3 Dimerkapto-l-propanthionsäure Natriumsalz) mobilisiert und danach die Quecksilberausschwemmung im Harn gemessen.

Die statistische Auswertung der Analyseergebnisse zeigt, daß die Höhe der Quecksilberdepots mit der Anzahl der Amalgamfüllungen korreliert. Patienten mit vielen Amalgamfüllungen haben höhere Quecksilberdepots als Patienten mit wenigen Amalgamfüllungen. Alle Personen, bei denen die Depots im Organismus auf andere Quecksilberquellen zurückzuführen wären (berufliche Exposition, Anwohner von Müllverbrennungsanlagen, übermäßiger Verzehr von Fischen oder andere quecksilberhaltige Nahrungsmittel), wurden von dieser Studie ausgeschlossen, sodaß diese Quellen als Ursache für die Quecksilberdepots nicht in Frage kommen. Weiterhin kann, wie die statistische Analyse beweist, auch ausgeschlossen werden, daß der Zusammenhang zwischen Amalgam und Quecksilberdepots lediglich auf der Beziehung zwischen der Anzahl der Amalgamfüllungen und dem Alter einerseits und zwischen dem Alter und den Quecksilberdepots beruht. Somit bleiben die Amalgamfüllungen als einzige plausible Quelle für die Quecksilberdepots.

Einleitung

Immer wieder wird die Frage aufgeworfen: Sind Dental-Amalgam-Zahnfüllungen aufgrund ihres Quecksilbergehalts gesundheitsschädigend? Wenn das der Fall sein soll, muß sich Quecksilber aus Amalgam her-

*Quelle: M. DAUNDERER, J.G.D. BREMAYER, E. RESCHENJOPEL

Tab. 2: Anders zu beurteilende Testergebnisse

Patient	Nr.	Gesamt-Hg ng/ml µg/24h		Methyl-Hg ng/ml µg/24h		Amalgam- füllung Anzahl	Lagerzeit
Nr. 14, männl., 45 J.	14a	0,50	1,00	0,30	0,60	11	15 J.
	14b	0,53	0,95	0,27	0,48		
Nr. 23, weibl., 45 J.	23a	1,50	3,45	0,05	–	4 + ? unter Kronen	
	23b	1,33	3,30	0,35	0,87		
Nr. 24, weibl., 36 J.	24a	0,50	1,40	0,26	0,73	12	5 J.
	24b	0,40	0,80	0,26	0,52		
Nr. 21, männl., 15 J.	21a	0,63	0,95	0,19	0,28	amalgamfrei	
	21b	0,53	1,01	0,10	0,19		
Nr. 25, männl., 13 J.	25a	0,87	1,42	0,44	0,72	amalgamfrei	
	25b	1,03	1,93	0,61	1,41		

Methyl-Quecksilber prognostisch ungünstig

Im Urin kann (außer bei akut Methyl-Hg-Vergifteten) Methyl-Quecksilber nach DMPS (oder DMSA) vom Fachlabor nur bei Amalgamträgern nachgewiesen werden, nicht jedoch bei Personen, welche nie Amalgamfüllungen hatten. Die prozentuale Höhe kann als Maß für die irreversiblen Schäden gewertet werden.

Name	m/w	Geb. Dat.	Diagnose	Hg	Met-Hg (i. Urin in µg/g Kreatinin)	%
L.	w	21.01.33	Mamma Ca	34,7	14,9	43
R.	w	31.08.31	cerebr. Spastik	19,6	15,3	78
P.	w	17.07.68	tox. Enceph (MS)	25,9	7,9	30,5
K.	m	04.10.33	Schlafapnoe	23,8	19,16	82,4
V.	m	19.05.59	Suizid	153	75,5	50

Produktname	Anbieter	Vertrieb seit	Lager- fähig- keit (Mon)	Zusammensetzung des Legierungspulvers (Massen-%)						
				Ag	Sn	Cu	Hg	Zn	In	Pd
Epoque 2000 Pulver	Nordiska	83	45	43,0	29,5	25,3	2,0	0,2		
Heragam 48 Non-Gamma ₂	Heraeus	88	36	48,0	30,0	21,98				Zr 0,02
Ihidentalloy Spezial Ng2	Ihde	76	36	63,3	19,4	10,9				
Indium-Alloy Non-Gamma ₂	Shofu Dental	70	60	60,0	22,0	13,0		5,0		
Luxalloy	Degussa	76	60	70,0	18,0	12,0				
Luxalloy Caps	Degussa	85	60	70,0	18,0	12,0				
MT A10	Mt-Metalle	84	36	70,0	19,5	10,5				
Normalloy	Müller & Weygandt	75	36	69,3	19,4	10,9		0,4		
Oralloy Magicaps	Coltene	77	24	59,0	28,0	13,0				
Oralloy Tabletten	Coltene	77	24	59,0	28,0	13,0				
Permite C	Southern Dental Industries	86	120	56	27,9	15,4		0,2	0,5	
Si-Am-Kap	Merz	76	36	69,3	19,4	10,9		0,4		
Sybraloy	Kerr	75	24	41,0	31,0	28,0				
Tytin	Kerr	84	24	60,0	26,0	14,0				
Valiant Ph.D.Xt	DeTrey Dentsply	85	60	52,5	17,5	29,7	0,3			
Valiant regular	De Trey Dentsply	85	60	49,5	30,0	20,0				0,5
Vivalloy HR Non-Gamma ₂ Kap.	Vivadent	86	60	46,5	30,0	23,5				
Vivalloy HR Non-Gamma ₂ Plv.	Vivadent	86	60	46,5	30,0	23,5				
Vivalloy HR Non-Gamma ₂ Tbl.	Vivadent	86	46,5	30,0	23,5					

KZBV: Das Dental Vademekum; Ausgabe, 1990 / 1991; Deutscher Ärzte-Verlag Köln

Drasch G, Schupp I, Hofl H, Reinke R, Roeder G: Mercury burden of human fetal and infant tissues. European Journal of Pediatrics 1994; 153: 607-10.

The total mercury concentrations in the liver (Hg-L), the kidney cortex (Hg-K) and the cerebral cortex (Hg-C) of 108 children aged 1 day-5 years, and the Hg-K and Hg-L of 46 fetuses were determined. As far as possible, the mothers were interviewed and their dental status was recorded. The results were compared to mercury concentrations in the tissues of adults from the same geographical area. The Hg-K (n = 38) and Hg-L (n = 40) of fetuses and Hg-K (n = 35) and Hg-C (n = 35) of older infants (11-50 weeks of life) correlated significantly with the number of dental amalgam fillings of the mother. The toxicological relevance of the unexpected high Hg-K of older infants from mothers with higher numbers of dental amalgam fillings is discussed. **CONCLUSION:** Future discussion on the pros and cons of dental amalgam should not be limited to adults or children with their own amalgam fillings, but also include fetal exposure. The unrestricted application of amalgam for dental restorations in women before and during the child-bearing age should be reconsidered.

Vimy MJ, Takahashi Y & Lorscheider FL. Maternal-fetal distribution of mercury (^{203}Hg) released from dental amalgam fillings. Am J Physiol 258:R939-R945 (1990)

ABSTRACT: "In humans, the continuous release of Hg vapor from dental amalgam tooth restorations is markedly increased for prolonged periods after chewing. The present study establishes a time-course distribution for amalgam Hg in body tissues of adult and fetal sheep. Under general anesthesia, five pregnant ewes had twelve occlusal amalgam fillings containing radioactive ^{203}Hg placed in teeth at 112 days gestation. Blood, amniotic fluid, feces, and urine specimens were collected at 1- to 3-days intervals for 16 days. From days 16-140 after amalgam placement (16-41 days for fetal lambs), tissue were analyzed for radioactivity, and total Hg concentrations were calculated. Results demonstrate that Hg from dental amalgam will appear in maternal and fetal blood and amniotic fluid within 2 days after placement of amalgam tooth restorations. Excretion of some of this Hg will also commence within 2 days. All tissues examined displayed Hg accumulation. Highest concentrations of Hg from amalgam in the adult occurred in kidney and liver, whereas in the fetus the highest amalgam Hg concentrations appeared in liver and pituitary gland. The placenta progressively concentrated Hg as gestation advanced to term, and milk concentration of amalgam Hg postpartum provides a potential source of Hg exposure to the newborn. It is concluded that accumulation of amalgam Hg progresses in maternal and fetal tissues to a steady state with advancing gestation and is maintained. Dental amalgam usage as a tooth restorative material in women and children should be reconsidered."

Nylander M, Friberg L, Lind B: Mercury concentrations in the human brain and kidneys in relation to exposure from dental amalgam fillings. Swedish Dental Journal 1987; 11: 179-87.

Samples from the central nervous system (occipital lobe cortex, cerebellar cortex and ganglia semilunare) and kidney cortex were collected from autopsies and analysed for total mercury content using neutron activation analyses. Results from 34 individuals showed a statistically significant regression between the number of tooth surfaces containing amalgam and concentration of mercury in the occipital lobe cortex (mean 10.9, range 2.4-28.7 ng Hg/g wet weight). The regression equation $y = 7.2 + 0.24x$ has a 95% confidence interval for the regression coefficient of 0.11-0.37. In 9 cases with suspected alcohol abuse mercury levels in the occipital lobe were, in most cases, somewhat lower than expected based on the regression line. The observations may be explained by an inhibition of oxidation of mercury vapour. The regression between amalgams and mercury levels remained after exclusion of these cases. The kidney cortex from 7 amalgam carriers (mean 433, range 48-810 ng Hg/g wet weight) showed on average a significantly higher mercury level than those of 5 amalgam-free individuals (mean 49, range 21-105 ng Hg/g wet weight). In 6 cases analysis of both inorganic and total mercury was carried out. A high proportion (mean 77% SD 17%) of inorganic mercury was found. It is