

# Heraeus

## Eine Übersicht zur biologischen Wirkung der Bestandteile dentaler Legierungen



## Hera

Unter jeder Verblendung  
steckt ein starkes Gerüst.

# Bestandteile dentaler Legierungen

Durch das gesteigerte Gesundheitsbewusstsein in der Bevölkerung werden Zahnarzt und Zahntechnik immer öfter mit Fragen zur Zusammensetzung dentaler Werkstoffe konfrontiert.

Die vorliegende Broschüre hat das Ziel, Ihnen allgemeinverständliche Informationen an die Hand zu geben, um schnell auf spezifische Fragen der Patienten zu Dentallegierungen eingehen zu können.

Auch wenn hier im Folgenden die speziellen Eigenschaften der einzelnen Legierungskomponenten vorgestellt werden, darf man dabei nicht außer acht lassen, dass die Eigenschaften einer Legierung nicht mehr nur mit den Eigenschaften der einzelnen Bestandteile erklärt werden können. Eine Legierung weist charakteristische Merkmale auf, die keines der in einer Legierung enthaltenden Einzelelemente für sich alleine hat.

Dieser Sachverhalt lässt sich am einfachsten an einem Beispiel aus dem Alltag erklären. Nehmen wir Kochsalz. Es ist nicht giftig und für die Gesundheit des Menschen unentbehrlich. Kochsalz ist chemisch  $\text{NaCl}$ , eine Verbindung aus Natrium und Chlor. Natrium ist ein weiches, silbriges Metall, das sich im Kontakt zu Wasser leicht entzündet. Chlor ist ein äußerst giftiges grünes Gas. Die Eigenschaften von Natrium und Chlor haben offensichtlich nichts mit den Eigenschaften von Kochsalz zu tun, denn Salz ist weder mit Wasser zu entzünden noch giftig.

Im Bereich der Edelmetall-Legierungen verhält es sich analog. Insbesondere werden die unedlen Komponenten durch den edlen Charakter der Edelmetalle geschützt. Für sich alleine im Mund leicht lösliche und korrosionsanfällige Metalle sind in den Legierungen fest eingebunden und bestenfalls in winzigen Mengen aus der Oberfläche der Werkstoffe lösbar. Voraussetzung für dieses optimale Verhalten sind natürlich Legierungen, die für die speziellen Ansprüche im biologischen Milieu entwickelt und geprüft wurden. Außerdem muss auch die Verarbeitung und vor allem der Gießprozess den Besonderheiten der Legierungen Rechnung tragen.



Abb. 1 Natrium (Na) und Chlor (Cl) verbinden sich zu Kochsalz (NaCl)

Die Wirkung eines medizinischen Werkstoffes auf den Patienten hängt wesentlich von der Freisetzung von Bestandteilen an den Patienten ab. Werden keine Bestandteile abgegeben, können auch keine biochemischen Reaktionen erfolgen. Basis aller Betrachtungen zur Biokompatibilität ist deshalb die Kenntnis der Korrosionswerte. Kennt man diese, so kann man aufbauend auf dem allgemein vorhandenen immunologischen und toxikologischen Wissen das Risiko des betreffenden Werkstoffes abschätzen. Schlechte Verarbeitung, besonders hinsichtlich des Gießens und der Oberflächenverarbeitung, kann die Korrosionsfestigkeit von Legierungen deutlich verringern.

Im Folgenden nun eine Einzelbewertung der häufigsten in der Zahntechnik eingesetzten Legierungskomponenten. Der biologischen Bewertung ist eine kurze Zusammenfassung der Einsatzgebiete des einzelnen Elementes in der Zahntechnik vorangestellt.

Eine umfassende Betrachtung ist in der gebotenen Kürze natürlich nicht möglich.

## Chrom – Cr

Chrom ist ein unentbehrlicher Zusatz für Kobalt- und Nickellegierungen, die erst durch den Chromzusatz korrosionsbeständig werden. Der Schutz der Legierungen erfolgt über eine dünne Schicht aus chemisch sehr stabilen Chromoxiden.

Metallisches Chrom und Verbindungen des dreiwertigen Chroms sind für den Menschen relativ ungiftig. Sechswertiges Chrom dagegen ist sehr giftig, allergen und kanzerogen. Unter Mundbedingungen können sich aus Legierungen jedoch keine sechswertigen Chromverbindungen bilden. Inwieweit Allergien gegen Chrommetall verbreitet sind ist schwer zu sagen, da die meisten Tests mit sechswertigem Chrom durchgeführt werden und dann sehr oft positiv sind.

## Eisen – Fe

Edelmetall-Legierungen enthalten nur sehr geringe Mengen an Eisen. Nicht-Edelmetall-Legierungen beinhalten Eisen als Legierungsbestandteil. Es dient bei beiden Legierungsgruppen zur Feinabstimmung einiger Eigenschaften wie Härte, Festigkeit, Oxidationsverhalten und Gefügeaufbau.

Zu den biologisch relevanten Eigenschaften muss nicht viel gesagt werden, da die Wichtigkeit des Eisens für den Menschen allgemein bekannt ist. Wir benötigen etwa 18mg Eisen jeden Tag. Vergiftungen sind nur durch die Einnahme großer Mengen von Eisenverbindungen denkbar. Ebenso sind Allergien gegen ein Element, welches in solch großen Mengen jeden Tag benötigt wird, nur unter extremen Bedingungen denkbar.

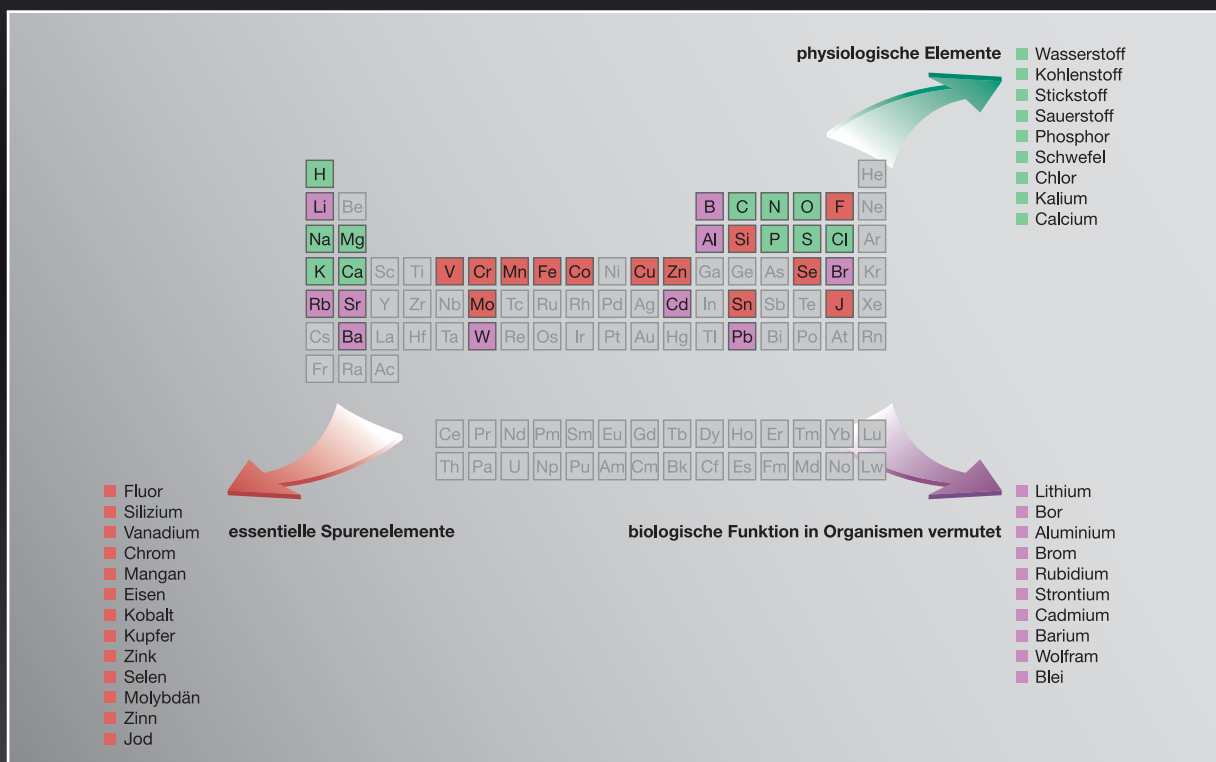


Abb. 2 Elemente im Periodensystem und deren biologische Einstufung

# Bestandteile dentaler Legierungen

## Germanium – Ge

Dieses Element, das sonst mehr aus der Mikroelektronik bekannt ist, wird selten als Zusatz in Palladiumbasislegierungen verwendet. Es beeinflusst Härte und Fließfähigkeit. Für das Auftreten toxischer Reaktionen sind die Germaniumanteile in der Regel zu klein. Über das allergologische Verhalten von Germanium an sich ist derzeit wenig bekannt. In Verbindung mit Dentallegierungen wurden noch keine negativen Wirkungen beschrieben.

## Iridium, Rhodium, Ruthenium – Ir, Rh, Ru

Diese drei Metalle gehören zur Gruppe der Platinmetalle. Sie sind in ihren Eigenschaften, insbesondere ihrer Beständigkeit, dem Platin sehr ähnlich. In Dentallegierungen werden Iridium und Ruthenium überwiegend als Kornfeiner eingesetzt. Sie sorgen für eine gleichmäßig feine Kornstruktur der gegossenen Objekte. Rhodium steuert ebenfalls den Gefügeaufbau von überwiegend hochgoldhaltigen Legierungen und trägt auch zur Optimierung der Festigkeit bei.

Aufgrund der Unlöslichkeit der Metalle Iridium, Ruthenium und Rhodium sowie den geringen in Dentallegierungen enthaltenen Mengen sind bis heute keinerlei negativen toxikologischen oder allergologischen Wirkungen dieser Metalle bekannt geworden.

## Gold – Au

Gold ist die Basis für die Mehrzahl aller Dentallegierungen. Die extrem gute Beständigkeit des Goldes prädestiniert es für den Einsatz im Munde der Patienten. Die warme Farbe des Goldes erleichtert dem Zahntechniker die Aufgabe, eine möglichst naturgetreue Farbgebung bei metallkeramischem Zahnersatz zu realisieren. Durch Variation der Legierungskomponenten lassen sich auf der Basis Gold für nahezu alle Indikationen und technischen Ansprüche adäquate Werkstoffe entwickeln.

Die biologische Verträglichkeit des metallischen Goldes ist aufgrund seiner hohen Beständigkeit sehr gut. Synthetische Goldverbindungen (wie Goldcyanidverbindungen) wirken aufgrund der aggressiven Chemie, die eingesetzt werden muss, um Gold überhaupt zu lösen,

auf die Haut reizend und teils auch sensibilisierend. Toxische Reaktionen auf metallisches Gold sind ausgeschlossen, vermeintliche immunologische Phänomene sehr selten. Hierzu bitte auch das Kapitel „Allergietest“ beachten.

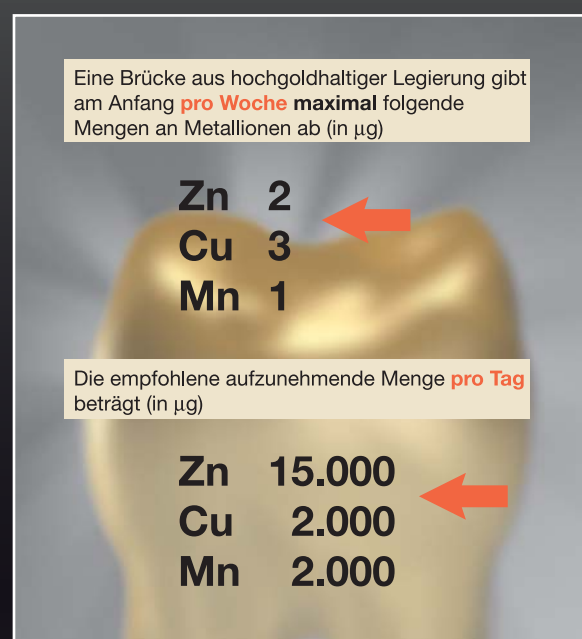


Abb. 3 Metallionenabgabe an den Körper

## Indium – In

Reines Indium ist ein silberweißes, dem Zinn sehr ähnliches Metall. Indium ist härterer Bestandteil in klassischen hochgoldhaltigen Legierungen für Keramikverblendungen. Auch goldreduzierte und Palladiumbasislegierungen werden überwiegend mit Indium „gehärtet“. Indium senkt zusätzlich die Gießtemperaturen, was insbesondere bei höher palladiumhaltigen Werkstoffen wichtig ist. Das Oxidationsverhalten des Indiums beim Oxidbrand trägt wesentliches zum Metall-Keramik-Haftverbund bei. Für die meisten Lebewesen, so auch den Menschen, ist Indium kein lebensnotwendiges Element. Über die toxikologischen und allergologischen Eigenschaften des Indiums ist nicht all zuviel bekannt. Systemisch toxische Wirkungen sind aber nur bei Aufnahme von Mengen zu erwarten, die

in Dentallegierungen nicht enthalten sein können. Lokal toxische Wirkungen, beispielsweise am Zahnfleisch sind bei ungenügender Reinigung oxidierter Legierungsoberflächen denkbar. Nach Fertigstellung einer zahntechnischen Arbeit müssen daher alle bei der Herstellung entstandenen Oxide und Verunreinigungen durch Politur oder durch Absäuern der Oberfläche entfernt werden (s. Verarbeitungsanleitung Dentallegierungen).

### Gallium – Ga

In gering silberhaltigen oder silberfreien Palladiumbasislegierungen müssen Elemente zulegiert werden, die den hohen Schmelzpunkt des Palladiums senken und damit die Verarbeitbarkeit mit laborüblichen Gießgeräten ermöglichen. Gallium ist hierfür das effektivste Element. Der Schmelzpunkt des reinen Galliums liegt mit 29,8°C nur unwesentlich über Raumtemperatur. Bereits wenige Prozent Gallium senken daher das Schmelzintervall von Palladiumlegierungen sehr gut. Gleichzeitig „härtet“ dieser Galliumzusatz.

Über die Toxikologie und Immunologie von Gallium ist noch nicht all zuviel bekannt. Die in Tierexperimenten ermittelten toxischen Dosen liegen allerdings weit über den möglichen Freisetzungsraten aus Dentallegierungen. Auch über allergische Reaktionen gegenüber Gallium wird nur wenig berichtet. Allergologische Reaktionen gegen die Galliumgehalte in Dentallegierungen sind sehr selten.

### Mangan – Mn

In Edelmetall- und Nicht-Edelmetall-Legierungen wird Mangan in nur sehr geringem Umfang verwendet. Kleine Mengen im Bereich von einem Promille oder sogar darunter tragen zur Optimierung von Festigkeitseigenschaften und der Haftoxidbildung bei.

Mangan ist wie viele andere Metalle für den menschlichen Organismus ebenfalls essenziell.

Die benötigte Tagesdosis liegt bei etwa 3mg.

Unverträglichkeitsreaktionen gegen Mangan sind nur bei der Verarbeitung reiner Manganstäube aufgetreten. Die in Dentallegierungen enthaltenen Mengen sind für den Menschen irrelevant, da sie tausendfach kleiner sind als die mit der Nahrung aufgenommenen und lebensnotwendigen Dosen.

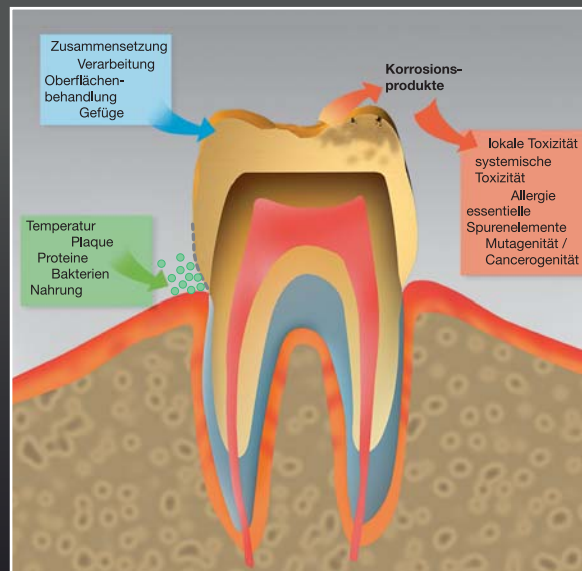


Abb. 4 Korrosionsprodukte und ihre Auswirkung

### Kupfer - Cu

Kupfer als Legierungsbestandteil ist in nahezu allen Goldgusslegierungen enthalten. Zusammen mit dem Silber sorgt Kupfer hier für die nötigen mechanischen Qualitäten. Auch auf die Farbe hat das neben Gold einzige farbige Metall eine positive Wirkung, indem es den Legierungen zu einem intensiveren, manchmal leicht rötlichen Goldton verhilft.

Für den Menschen und die meisten anderen höheren Organismen ist Kupfer ein essentielles Spurenelement. Die empfohlene Tagesdosis liegt bei etwa 3mg. Kupfer ist vor allem für die Energiegewinnung des Körpers unverzichtbar.

Aufgrund der relativ hohen Mengen, die der Mensch benötigt, sind Allergien gegen Kupfer extrem selten. Ebenso sind systemische Intoxikationen nur bei Aufnahme extrem großer Mengen löslicher Kupferverbindungen denkbar. In Kontakt mit Mikroorganismen, wie den Bakterien der Mundhöhle, entfaltet Kupfer seine cytotoxischen Wirkungen. Dieser Umstand wird als wichtiger karieshemmender Effekt begrüßt. Kupfer und noch etwas öfter das ähnlich wirkende Silber werden daher als leicht lösliche Verbindungen Befestigungszementen zugesetzt, um das Auftreten von Sekundärkaries zu reduzieren.

# Bestandteile dentaler Legierungen

## Kobalt – Co

Kobalt wird in der Dentaltechnik insbesondere als Basismetall für Modellgusslegierungen verwendet. Als Komponente von Edelmetall-Legierungen findet es nur noch selten Anwendung. Kobalt alleine ist für den medizinischen Einsatz nicht beständig genug und muss durch Zusätze von Chrom und Molybdän passiviert werden.

In kleinsten Mengen ist Kobalt für den Menschen essenziell. Insbesondere Vitamin B12 enthält Kobalt. Aber bereits durch zu hohe Dosen von Vitamin B12 sind Allergien und sogar Vergiftungen möglich. Etwa 3% der deutschen Bevölkerung reagieren im Hautkontakt allergisch auf metallisches Kobalt.

Wichtig für die Risikobewertung von Kobaltlegierungen ist der Umstand, dass Kobalt immer mit Spuren von Nickel verunreinigt ist. Sogenannte nickelfreie dentale Kobaltwerkstoffe enthalten weniger als 0,1% Nickel. Für Patienten mit nachgewiesener Nickelallergie können aber auch Gehalte unter 0,1% unter Umständen immunologisch kritisch sein.

## Palladium – Pd

Palladium ist ein Metall der Platingruppe. Es ist damit ein Edelmetall und weist eine hohe Korrosionsbeständigkeit auf. Als Nebenbestandteil in hochgoldhaltigen Legierungen trägt Palladium wesentlich zu guten Festigkeitseigenschaften und der Brennbarkeit bei, wirkt auf Goldlegierungen aber entfärbend. Auf der Basis Palladium sind auch goldreduzierte und goldfreie Edelmetall-Aufbrennlegierungen aufgebaut. Palladium verleiht diesen Werkstoffen die erforderliche Korrosionsbeständigkeit. Palladiumbasislegierungen mit Gehalten an Kupfer sollten aufgrund von möglichen Schwierigkeiten bei der Verarbeitung nicht mehr verwendet und künftig durch kupferfreie Palladiumlegierungen ersetzt werden (BGA 1993).

Im Gegensatz zu Elementen wie Zink oder Kupfer zählt Palladium nicht zu den essenziellen Elementen. Dennoch ist auch Palladium, wenn auch in geringen Mengen (ca. 2ppb) in unserer Umwelt vorhanden. Palladium in Form löslicher Verbindungen ist in sehr hohen Dosen zell- oder systemisch toxisch. Die in Tierexperimenten ermittelten toxisch wirkenden Dosen können durch Dentallegierungen nicht erreicht werden.

Anfang der neunziger Jahre veröffentlichte Aussagen, dass Palladium hochgiftig oder gar krebserregend sei, erwiesen sich als nicht haltbar.

Die Möglichkeit immunologischer und allergischer Reaktionen auf Palladiumlegierungen ist gegeben. Es gibt Anhaltspunkte, dass insbesondere Patienten, die bereits gegen Nickel allergisch reagieren, auch eine Sensibilisierung gegen Palladium haben können. Bei bekannter Allergie eines Patienten auf Palladium oder dessen Salze, wie Palladiumchlorid, sollte von der Verwendung palladiumhaltiger Legierungen abgesehen werden.

## Molybdän – Mo

Molybdän sorgt gemeinsam mit den Chromgehalten in Kobalt und Nickelbasiswerkstoffen für eine ausreichende Korrosionsbeständigkeit und eine Optimierung der mechanischen Eigenschaften.

Für den Menschen zählt Molybdän zu den essenziellen Elementen. Über Vergiftungen oder Allergien wurde bislang nicht berichtet.

## Nickel – Ni

Nickel dient als Basismetall für sehr günstige Dentallegierungen und als Zusatz für manche Lote. Viele Legierungen in der Orthodontie, auch solche auf der Basis Titan, enthalten Nickel als Legierungselement. Beim Menschen gilt Nickel als das Metall mit höchstem Allergierisiko bei Hautkontakt. Über die Nahrung aufgenommenes Nickel ist relativ ungiftig und von geringerer allergener Potenz. Etwa 17% der weiblichen Bevölkerung sind aber bereits gegen Nickel sensibilisiert und bei Versorgung mit Nickellegierungen gefährdet. Nickelhaltige Stäube sind krebserregend, daher ist insbesondere bei der Verarbeitung von Nickellegierungen besondere Vorsicht geboten.

## Platin – Pt

Platin ist in Goldbasiswerkstoffen ein wesentlicher Bestandteil zur Steigerung von Festigkeit und Härte. Seine Beständigkeit ist der des Goldes äquivalent. Von Nachteil ist lediglich die auf Gold entfärbende Wirkung des Platins, welche höher pla-

tinhaltige Legierungen schnell „blass-weiß“ erscheinen lassen. Im Patientenmund ist Platin unlöslich, dies garantiert eine gute Verträglichkeit. Mit aufwendigen chemischen Mitteln hergestellte Platinsalze sind dagegen durchaus toxisch und weisen auch ein allergenes Potential auf. Die Eigenschaften dieser Salze dürfen aber nicht mit denen des reinen Metalls verwechselt werden. Platin ist daher zusammen mit Gold die Basis für höchst verträgliche Legierungen, vor allem für sensibilisierte Patienten.

### Silber – Ag

Silber zählt zwar in der Literatur zu den Edelmetallen, muss in Dentallegierungen aber immer mit den deutlich beständigeren Metallen Gold oder Palladium kombiniert werden. Die passivierende Wirkung des Silbers alleine ist im Milieu des Mundes nicht ausreichend, da verschiedene Speichelbestandteile diese Passivschicht angreifen können. Silber gibt Goldgusslegierungen, zusammen mit Kupfer, ihre Härte und Festigkeit.

Palladiumbasislegierungen fließen leichter und lassen sich bei niedrigeren Temperaturen schmelzen, wenn Silber zulegiert ist.

Silber wirkt ebenso wie Kupfer toxisch auf Mikroorganismen. Silberverbindungen werden daher in Befestigungszementen gerne als bakteriostatischer Zusatz verwendet. Für höhere Lebewesen wie den Menschen ist Silber weit weniger toxisch. So wird Silberbesteck schon seit Jahrhunderten verwendet. Auch in Dentallegierungen ist Silber schon seit dem Beginn der Verwendung künstlichen Zahnersatzes enthalten.

Allergien gegen Silber werden sehr selten berichtet. So genannte „Silberallergien“ auf Silberschmuck sind oft auf nickelhaltige Beschichtungen zurückzuführen.

### Tantal - Ta

In Dentallegierungen werden nur sehr kleine Mengen an Tantal zulegiert. In Edelmetallwerkstoffen liegen die Gehalte stets unter einem Prozent. Dennoch sind diese kleinen Mengen oft entscheidend für die innere Struktur der Gussobjekte und deren Festigkeit.

Aus Tantal werden unter anderem spezielle Implantate wie Herzschrittmacherelektroden hergestellt. Unter biologischen Aspekten ist Tantal daher als sehr gut verträgli-

ches Metall anzusehen. Toxische Reaktionen auf die Gehalte in Dentallegierungen sind nicht zu erwarten. Auch über Allergien gegenüber Tantal wurde bisher nicht berichtet.

### Titan – Ti

Titan wird in Edelmetall-Legierungen gelegentlich in kleinen Mengen zulegiert. Es beeinflusst dabei die Gefügeausbildung sehr negativ. Allerdings ist das leicht oxidierbare Titan dabei ein recht unzuverlässiges Element, welches vor allem die Wiedervergießbarkeit sehr einschränkt. Der Verbund der Titanoxidschichten mit Keramikverblendungen ist ebenfalls als problematisch anzusehen.

Aus Edelmetall-Legierungen wird Titan nicht in messbaren Mengen freigesetzt. Die Korrosionsraten von so genanntem Reintitan liegen in derselben Größenordnung wie bei Goldgusslegierungen. Anders als bei diesen weist Titan keine Abnahme der Korrosionsraten im Laufe der Zeit auf. Die in Tierexperimenten beobachtete Akkumulation von Titan in verschiedenen Organen ist für den Menschen vermutlich ohne immunologische und toxikologische Relevanz. Allergien gegen Titan wurden bislang nur in Einzelfällen beschrieben.

### Zink – Zn

Zink verbessert die Fließfähigkeit insbesondere von Goldgusslegierungen. In Verbindung mit Platin und anderen Elementen ist Zink der wichtigste „härtende“ Bestandteil in modernen Aufbrennkeramiklegierungen wie zum Beispiel „Bio Herador N“.

Nach dem Eisen ist Zink für den Menschen das wichtigste essenzielle Spurenelement. Über hundert Enzyme im Körper eines Menschen enthalten Zink als wesentlichen Bestandteil. Bei Zinkmangel, der relativ verbreitet ist, kommt es zu Störungen des Immunsystems.

Als Medikament findet Zink daher zur Stärkung der körpereigenen Abwehrkräfte aber auch zur Schwermetallentgiftung Verwendung. Weiter ist Zink für den Abbau von Alkohol in der Leber erforderlich, um nur ein weiteres Beispiel für seine Bedeutung zu geben.

Da Zink dem Körper vertraut ist, werden zugeführte Mengen rasch zu den Stellen des Körpers transportiert, wo es benötigt wird. Gemäß den Empfehlungen der WHO

# Bestandteile dentaler Legierungen

benötigt ein Erwachsener am Tag etwa 15mg Zink, die mit einer ausgewogenen Ernährung gut zugeführt werden können. Vergiftungen durch Zink sind angesichts der relativ hohen Tagesdosis nur nach Aufnahme großer Mengen möglich. Allergische Reaktionen auf Zink sind derzeit nicht bekannt und angesichts der hohen essenziellen Dosis auch nicht zu erwarten. Auf Mikroorganismen wirkt Zink in höheren Konzentrationen bakteriostatisch. Dies ist ein Grund für den guten Erfolg der klassischen Zink-Phosphat-Zemente.

## Zinn – Sn

Zinn wird zur Verbesserung der Härte in Goldgusslegierungen eingesetzt. In goldreduzierten Aufbrennlegierungen verbessert Zinn die Gießbarkeit und wirkt härtesteigernd. In Loten und Palladiumbasislegierungen macht man sich den Schmelzintervall senkenden Effekt des Zinns zu Nutze.

Metallisches oder anorganisch gebundenes Zinn ist für den Menschen erst in hohen Konzentrationen giftig. Erfahrungen wurden vor allem mit Lebensmitteln aus verzinnnten Dosen gesammelt. Typische Zinn-Konzentrationen in Konservennahrung liegen bei 20-50mg/kg. Als tolerierbare Obergrenze werden 250mg/kg angesehen. Demgegenüber stellen die aus Dentallegierungen freisetzbaren Zinnmengen einen vernachlässigbaren Faktor dar. Organisch gebundenes Zinn, wie es früher in einigen Medikamenten und in Fungiziden u.ä. eingesetzt wurde ist auch für den Menschen durchaus giftig, wird aus edlen Dentallegierungen aber nicht freigesetzt. Über Allergien gegen Zinn ist bis heute nichts bekannt.

## Cer – Ce

Cer steigert die Festigkeit von hochgoldhaltigen Legierungen. Zusätzlich verbessert es den Metall-Keramik-Haftverbund. Über die Toxikologie von Cer ist noch nicht allzu viel bekannt. Die tierexperimentell ermittelten toxischen Dosen liegen jedoch weit über dem Gehalt an Cer in den Dentallegierungen. Allergien gegenüber Cer sind bisher nicht bekannt.



# Übersicht zu den biologischen Wirkungen von Legierungsbestandteilen



In der folgenden Übersicht werden die wichtigsten Informationen zur biologischen Wirkung der einzelnen Legierungskomponenten zusammenfassend dargestellt.

Element	Essenzielle Menge/Tag	Aufnahme/Tag	Systematische Toxizität	Cytotoxizität	Allergien
Beryllium	–	0,02 mg	hoch, Staub ist kanzerogen	hoch	häufig
Chrom	0,05 mg (unsicher)	0,1 mg	Metall und Cr(III)salze: gering Cr(VI):hoch	Cr(III)salze: gering Cr(VI): hoch	Cr(VI): häufig
Eisen	18 mg	10 - 20 mg	sehr gering	gering	sehr selten
Gallium	–	0,0005 mg	gering	gering	nicht beschrieben
Germanium	–	0,4 - 3,5 mg	sehr gering	gering	nicht beschrieben
Gold	–	0,0001 mg	sehr gering	gering	Metall: selten, Verbindungen: möglich
Indium	–	0,003 mg	gering	hoch	selten
Iridium	–	0,000002 mg	sehr gering	gering	nicht beschrieben
Kobalt	0,03 mg	0,2 mg	gering	hoch	3% der Bevölkerung
Kupfer	3 mg	2 - 5 mg	gering	sehr hoch	sehr selten
Mangan	3 mg	3 mg	Metall sehr gering, Staub hoch	gering	sehr selten
Molybdän	0,2 mg	0,3 mg	gering	gering	nicht beschrieben
Nickel	unsicher	0,5 mg	Staub kanzerogen, sonst gering	gering	sehr häufig
Palladium	–	0,001 mg	sehr gering	sehr gering	Häufigkeit ungewiss, Ni-Allergiker mehr betroffen
Platin	–	0,001 mg	sehr gering	gering	Metall: sehr selten, Verbindungen: häufig
Rhodium	–	nicht bekannt	sehr gering	gering	nicht beschrieben
Ruthenium	–	0,0002 mg	sehr gering	gering	nicht beschrieben
Silber	–	0,05 mg	gering	sehr hoch	selten
Tantal	–	nicht bekannt	sehr gering	sehr gering	nicht beschrieben
Titan	–	1 mg	sehr gering	sehr gering	sehr selten
Zink	15 mg	20 mg	sehr gering	hoch	sehr selten
Zinn	–	0,2 mg	gering	gering	sehr selten
Cer	–	–	gering	gering	nicht beschrieben

Die Angaben zu den essenziellen Mengen beruhen auf Empfehlungen der WHO.

Werte zur täglichen Aufnahme stammen teils direkt aus der Fachliteratur, teils wurden sie auf Basis der Zusammensetzung typischer Nahrungsmittel abgeschätzt. Angaben zur systemischen Toxizität stammen aus verschiedenen Quellen der toxikologischen Fachliteratur.

Angaben zur Cytotoxizität berücksichtigen Untersuchungen insbesondere an Mausfibroblasten. Eine hohe Cytotoxizität hat auch eine hohe antibakterielle Wirkung zur Folge und kann damit durchaus auch positiv bewertet werden, wenn weitere biologische Eigenschaften des Elementes positiv sind (z.B. Kupfer).

Angaben zur Allergiehäufigkeit entstammen unterschiedlichen Quellen.

# Der Epikutantest zur Prüfung auf Metallallergien

Die weitaus meisten Untersuchungen auf Allergien werden nach wie vor mit dem Epikutantest durchgeführt. Patienten, die diesen Test gemacht haben, legen daher oft einen Allergiepass beim Zahnarzt oder Zahntechniker vor, um aufgrund der Testergebnisse geeignete Werkstoffe für ihren Zahnersatz zu finden.

## Wie funktioniert dieser Test?

Zur Prüfung auf allergische Empfindlichkeit werden vom Arzt verschiedene Testsubstanzen auf die Haut des Rückens oder des Unterarms aufgebracht. Zum Einsatz kommt eine unübersehbare Vielzahl von Testsubstanzen, die uns im Alltag begegnen können und von denen bekannt ist, dass sie sensibilisierend wirken können. Die Haut wird teils durch Anritzen verletzt, um eine Reaktion des Körpers zu provozieren. Nach einer gewissen Wartezeit wird dann überprüft, ob der Patient mit typischen allergischen Symptomen wie z.B. Pustelbildung auf die Testsubstanzen reagiert. Dies ist dann ein Zeichen für das Vorliegen einer Allergie gegen den jeweiligen Stoff. Das Vorliegen von Metallallergien wird in aller Regel nicht mit dem Metall selbst, sondern unter Verwendung von Metallsalzlösungen geprüft.

Es hat sich gezeigt, dass Patienten auf diese Salze sehr viel schneller und deutlicher ansprechen als auf die Metalle selbst. Im Falle einer Prüfung von Metallen wie Nickel, Kobalt oder Kupfer ist diese Methode sicher korrekt, da diese Metalle unter dem korrosiven Einfluss von Speichel und Schweiß Ionen abgeben, die denen in den Salzlösungen weitgehend entsprechen (hydratisierte M<sup>2+</sup> bzw. M<sup>3+</sup>-Ionen).

Für einige Metalle werden allerdings Verbindungen eingesetzt, die unserer Ansicht nach ungeeignet sind. So prüft man Chromallergien mit Kaliumdichromat, einem Salz, in dem Chrom in der Oxidationsstufe 6, als „Chrom(VI)“ vorliegt. Durch Korrosionsprozesse im Mund entstehen bei chromhaltigen Legierungen allerdings nur Verbindungen mit Chrom(III), die zudem noch sehr schwer löslich sind. Von Chrom(VI) (der Prüfsubstanz) weiß man allerdings, dass es für den Menschen um mindestens 1000 mal giftiger ist als Chrom(III). Außerdem wirken Chrom(VI)-Verbindungen auch in kleinen Mengen sensibilisierend. Studien, die in den USA veröffentlicht wurden, deuten darauf hin, dass durch die Verwendung solchermaßen ungeeigneter Testsubstanzen entsprechende Allergien erst ausgelöst werden.

Besonders kritisch muss der Einsatz von Salzen für den Epikutantest bei Edelmetallen gesehen werden, wo zwei Typen von Edelmetallsalzen Verwendung finden, einfache Salze und Komplexsalze.

Edelmetalle sind deshalb „edel“, weil sie sich nur unter größerem chemischen Aufwand angreifen oder gar auflösen lassen. Für Gold zum Beispiel wird so genanntes „Königswasser“, eine Mischung aus konzentrierter Salzsäure und Salpetersäure, als Lösungsmittel verwendet. Es liegt auf der Hand, dass diese Lösungen nicht auf die Haut des Patienten gebracht werden dürfen. Die enthaltenen Säuren würden die Haut zerstören.



Abb. 5 Epikutantest

Die aus solchen Lösungen (z.B. Tetrachlorogoldsäure) gewonnenen Salze (Salze sind Verbindungen von Metallen mit Säure) wirken allerdings nicht nur mit ihrem Goldanteil auf die Haut des Patienten ein. Da Gold als edles Metall das Bestreben hat, die Verbindung mit der Säure aufzugeben, spaltet sich das Salz in wässriger Lösung an Luft (also zum Beispiel auf der Haut) in seine Ausgangsprodukte. Das bedeutet, dass neben reinem Gold (dem einen Teil der Verbindung) auch die zur Lösung benutzte Säure auf die Haut einwirkt. Die reizende Wirkung der Säure von der allergischen Auswirkung des Salzes sicher zu unterscheiden, ist schwer, wenn nicht unmöglich.

Ein Beispiel, wie diese Wirkungsweise praktisch eingesetzt werden kann, zeigt sich am Einsatz von Silbernitrat, auch Höllensalz genannt. So genanntes „Silberpulver“ für die Wunddesinfektion, insbesondere des Nabels bei Neugeborenen, wirkt durch das oben angeführte Prinzip. Silbernitrat zersetzt sich auf der feuchten Wunde in schwarzes Silberpulver und Salpetersäure. Die in diesem Fall erwünschte Säure sorgt für die antibiotikafreie

Desinfektion der Wunde. Für einen Epikutantest ist Silbernitrat aus diesem Grunde aber sicher nicht besonders gut geeignet. Ähnlich verhalten sich alle einfachen Edelmetallsalze.

Da diese Zusammenhänge bekannt sind, geht man zur Testung von Goldallergien dazu über, Komplexsalze als Testmedien zu verwenden.

Am bekanntesten sind Natriumthiosulfatoaurat und Kaliumdicyanoaurat. Die erstgenannte Substanz findet schon seit geraumer Zeit Verwendung als pharmakologisch wirksame Substanz in Rheumamitteln. Aus diesem Einsatzbereich weiß man, dass es gegen Natriumthiosulfatoaurat Allergien gibt. Nach allem was man heute weiß, ist es aber undenkbar, dass sich diese Verbindung unter Körperbedingungen aus goldhaltigen Werkstoffen bilden kann. Auch ist Natriumthiosulfatoaurat nicht in Legierungen enthalten, wie es gelegentlich auf den Beipackzetteln der Testsubstanzen zu lesen ist.

Kaliumdicyanoaurat, ein Komplexsalz aus Goldcyanid und Zyankali, muss ebenso kritisch in der Anwendung für den Epikutantest gesehen werden, denn eine positive allergische Reaktion auf Goldkomplexsalze zeigt lediglich die Allergie gegen dieses spezifische Salz an und kann nicht auf andere Salze oder gar metallische Werkstoffe übertragen werden. Eine anerkannte Alternative zum Epikutantest, die ebenso einfach und universell wie dieser durchgeführt werden kann, ist derzeit leider nicht bekannt, jedoch scheint eine ergänzende Diagnostik die Austestung mittels des Lymphozytentransformationstests - kurz LTT - zu sein. Das Sensibilisierungspotenzial auf die wesentlichen Elemente einer zahntechnischen Versorgung, wird über das Blut durchgeführt. Dieser Test kann präventiv, also im Vorfeld einer zahntechnischen Versorgung einen Hinweis auf eine mögliche Sensibilisierung geben. Der LTT kann aber auch zur möglichen Abklärung von bereits aufgetretenen allergischen Reaktionen auf ein oder mehrere Bestandteile einer dentalen Versorgung nützliche Hinweise bieten.

Es sollten unserer Ansicht nach bei der Prüfung auf Legierungsallergien metallische Prüfkörper aus eben dieser Legierung oder Reinmetall verwendet werden und nicht Chemikalien mit unklarer Wirkungsweise.

Bestehen bei der Werkstoffauswahl auf Basis eines Allergiepasses Unklarheiten, stehen Ihnen unter der Rufnummer 0800.4372522 bzw. Faxnummer 0800.4372329 Fachleute von Heraeus gerne zur Verfügung.

## Im Epikutantest häufig verwendete Metallverbindungen

### **Kobaltchlorid, Kobaltsulfat**

Kobaltsalze, wie sie bei der Korrosion von Legierungen entstehen können. Bei positivem Epikutantest keine kobalthaltigen Legierungen verwenden.

### **Nickelchlorid, Nickelsulfat**

Nickelsalze, wie sie bei der Korrosion von Legierungen entstehen können. Bei positivem Epikutantest keine nickelhaltigen Legierungen verwenden.

### **Kaliumdichromat**

Sehr giftige Chromverbindung, soll Hinweise auf Chromallergien geben, steht aber im Verdacht, durch den Allergietest selbst Allergien auszulösen. Bildet sich nicht aus chromhaltigen Legierungen im Patientenmund.

### **Kaliumdicyanoaurat**

Komplexsalz aus Goldcyanid und Zyankali. In industriellen Galvanobädern enthalten. Soll Hinweise auf Goldallergien geben. Kann im Munde des Patienten nicht entstehen und ist daher zur Bestimmung von Goldallergien wenig geeignet.

### **Natriumthiosulfatoaurat**

Verbindung des Goldes, die auch in Rheumamitteln enthalten ist. Die sensibilisierende Wirkung dieser Medikamente ist seit längerem bekannt. Im Munde des Patienten ist die Bildung dieser Verbindung aus dem metallischen Gold der Legierung nicht möglich. Die Tauglichkeit von Natriumthiosulfatoaurat als Testsubstanz ist daher fraglich.

### **Kaliumhexachloroplatinat**

Verschiedene Platinsalze sind aus der industriellen Praxis als sensibilisierend bekannt. Aus metallischem Platin werden sie allerdings nur bei Einsatz verschiedener aggressiver Chemikalien gebildet, die im Mund nicht vorkommen. Platinmetallallergien sind daher als extrem selten anzusehen.

### **Palladiumchlorid**

Palladiumsalz wie es bei der Korrosion von Legierungen entstehen kann. Bei Vorliegen einer Allergie auf palladiumhaltige Legierungen verzichten.

### **Phenylquecksilberborat und andere Quecksilberverbindungen**

zeigen Allergien gegen Quecksilber an. Die Aussagekraft der verschiedenen im Test befindlichen Substanzen ist allerdings sehr verschieden. Bei Vorliegen einer positiven Reaktion sicherheitshalber kein Amalgam verwenden.

#### **Heraeus Kulzer GmbH**

Grüner Weg 11  
63450 Hanau  
Telefon: 0800.4372522  
Telefax: 0800.4372329  
info.lab@heraeus.com  
www.heraeus-dental.de

#### **Heraeus Kulzer Austria GmbH**

Nordbahnstr. 36, stg. 2, 4. Stock  
1020 Wien, Austria  
Telefon: + 43 14.08.09.41  
Telefax: + 43 14.08.09.41-70  
officehkat@heraeus.com  
www.heraeus-kulzer.at

#### **Heraeus Kulzer Schweiz GmbH**

Ringstrasse 15A  
8600 Dübendorf, Schweiz  
Telefon: + 41 43.33.37-250  
Telefax: + 41 43.33.37-251  
officehkch@heraeus.com  
www.heraeus-kulzer.ch