

Metalle im Gewebe

Jakob Wirz, Prof. Dr. med. dent.

Sandro Siervo, Dr. med. Dr. med. dent.

Fredy Schmidli, Leiter Wissenschaftliches Labor

Institut für Zahnärztliche Werkstoffwissenschaft, Technologie und Propädeutik, Zentrum für Zahnmedizin der Universität Basel
Petersplatz 14, CH-4051 Basel

Indizes

Metallbelastung,
Korrosionsprodukte,
lokaltoxische Reaktionen,
Metallunverträglichkeit

Zusammenfassung

Metalle und Legierungen der verschiedensten Typen müssen nach neuesten Erkenntnissen in die Ursachenabklärung bei prothetischen bzw. implantologischen Mißerfolgen mit einbezogen werden. Dazu ist die Kenntnis der physiologischen Grundbelastung der Mundhöhlengewebe durch Metallionen erforderlich. Für Muskulatur, Gingivagewebe und Zahnhartsubstanz liegen die entsprechenden Werte heute vor, nicht aber für gesunden Kieferknochen. Anhand von fünf ausgewählten Fällen wird gezeigt, daß korrosiv aus Legierungen freigesetzte Metallionen ursächlich für pathologische Veränderungen von Geweben in Frage kommen. Durch die Beachtung restriktiver Empfehlungen in bezug auf Legierungswahl, Verarbeitung und Befestigung lassen sich zahlreiche Mißerfolge von vornherein vermeiden.

Einleitung

Kürzlich sind in der Sektion Aktuelle Materialkunde der „Quintessenz“ vom Zentrum für Zahnmedizin der Universität Basel verschiedene Arbeiten publiziert worden, welche zeigen konnten, daß die meisten zahnärztlichen Legierungen Korrosionsproblemen – bevorzugt als Spaltkorrosion in Form von Lokalelementen – mit erheblichen klinischen Folgen unterworfen sind⁵⁻⁸. Basierend auf diesen neuen Erkenntnissen, wurden auch für die tägliche Praxis gezielte Maßnahmen und Vorkehrungen empfohlen, die sehr restriktiv, aber erfolgversprechend sind.

Wir wissen heute sehr genau, daß Metalle, die in ionisierter Form aus Legierungsgefügen herausgelöst wer-

den, je nach pH-Verhältnissen in und durch die verschiedenen Hart- und Weichgewebe unseres Körpers diffundieren können. Klinische Symptome wie Schmerz, Schwellungen, Entzündungen und Nekrosen sind dann möglicherweise die Folgen solcher lokaltoxischen Reaktionen³.

Zur Beurteilung und Diagnostik dieser materialbedingten Reaktionen bedürfen wir der Kenntnisse über die natürliche, physiologische Gewebebelastung mit Metallen. Während die Spannweite des Metallgehaltes im Muskelgewebe schon länger bekannt ist¹, liegen die physiologischen Werte für Mundhöhlengewebe erst seit kurzer Zeit vor⁴.

Die Abbildungen 1 und 2 geben den an 20 kariesfreien Probanden ohne metallische Rekonstruktionen ermittelten quantitativen und qualitativen Metallgehalt der gesunden menschlichen Gingiva wieder. Die Werte sind umgerechnet auf molare Konzentrationen vom Gewebenaßgewicht, wie dies *Steinemann* empfiehlt². Zink ist in allen Gewebeproben am meisten vorhanden (im Millimolarbereich), während Kupfer und Nickel zahlenmäßig in ungefähr der Hälfte der Proben im Mikromolarbereich anzutreffen sind. Palladium, Indium und Gallium liegen eindeutig unter der mit der AAS-Analyse (Atomabsorptionsspektroskopie) möglichen Nachweisgrenze. Während bei sieben Probanden im Nanomolarbereich noch Cadmium und Silber gefunden wurden, war Zinn nur in zwei und Gold gar nur in einer Probe als Ausnahme nachweisbar. Vergleichen wir den physiologischen Metallgehalt des Muskelgewebes¹ mit dem der Gingiva, so können wir außer bei Nickel eine weitgehende Übereinstimmung feststellen. Nickel wird häufig als Eßbestecklegierung verwendet, was die Mundhöhle zusätzlich belasten kann.

Erst das Wissen um die physiologische Grundbelastung der beschriebenen Gewebe bringt Erkenntnisse über die Pathogenese metallbedingter Erkrankungen. Lokaltoxische Reaktionen – nicht zu verwechseln mit allergischen Reaktionen – wurden lange Zeit verharmlost oder bagatellisiert. Heute wissen wir aber, daß korrosiv freigesetzte Metallionen unterschiedlicher toxischer Potenz genauso wie Toxine von Bakterien als Primärverursacher von Gewebeerkrankungen in der Mundhöhle verantwortlich gemacht werden können^{3,5-8}.

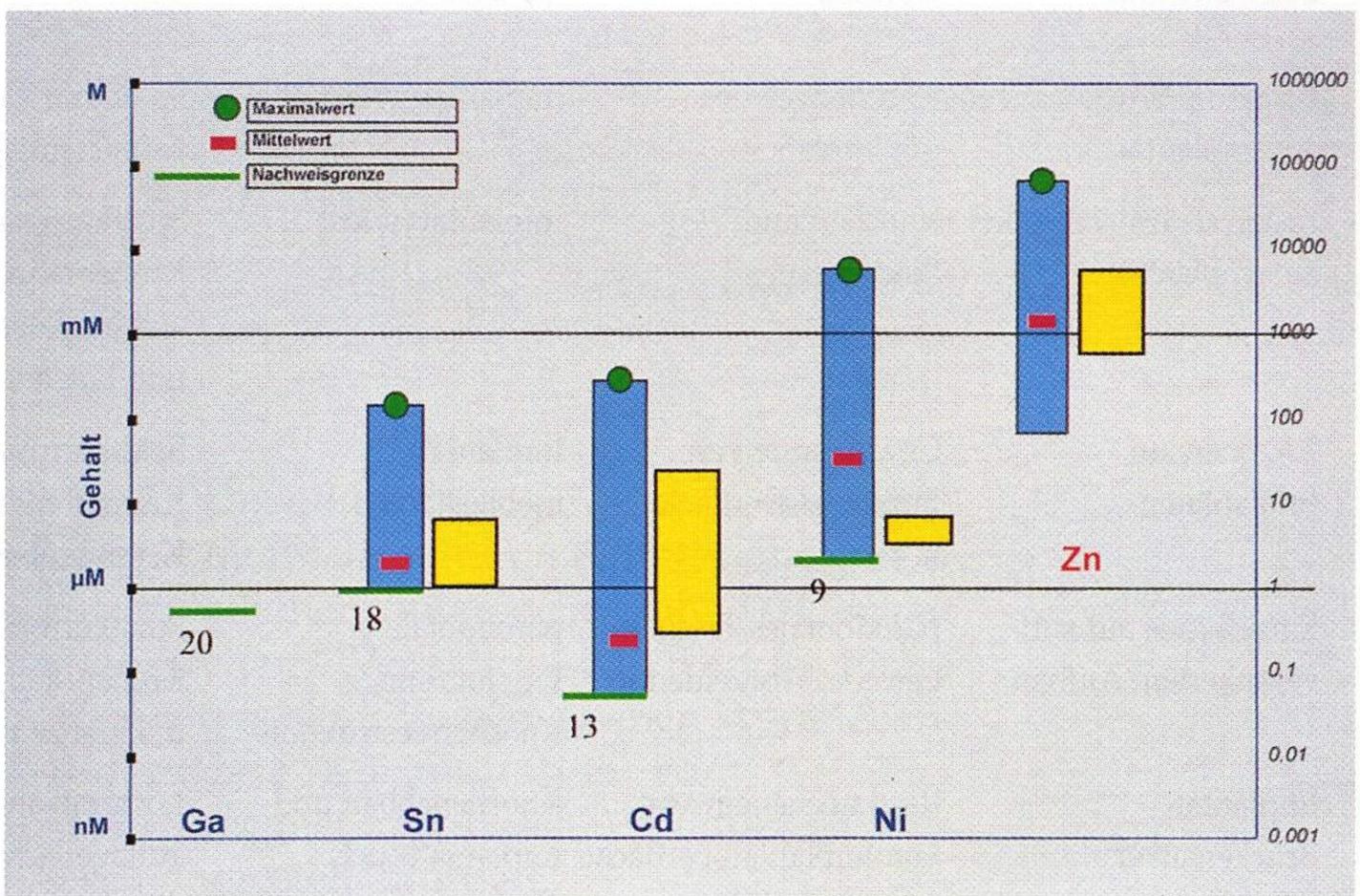
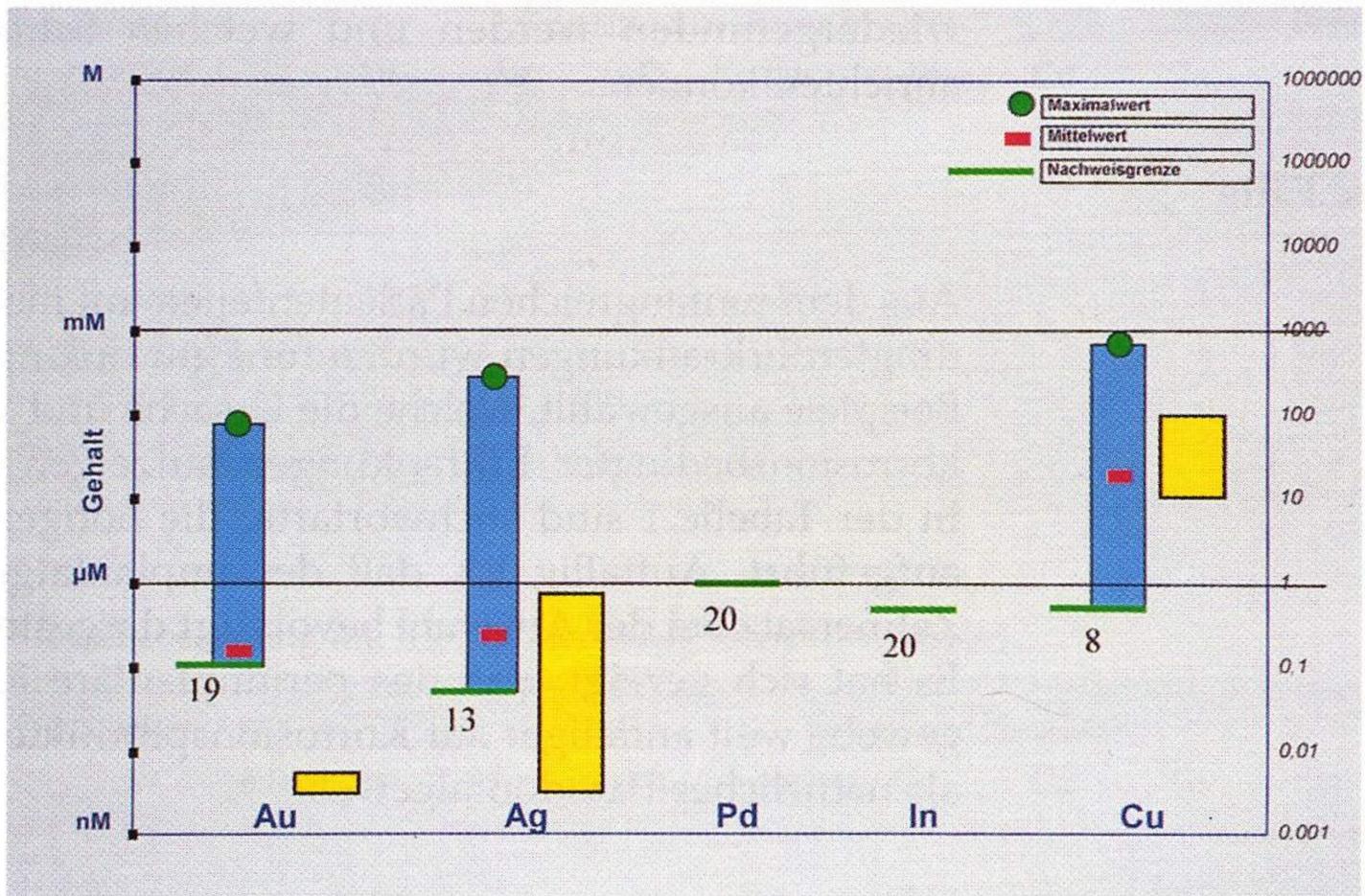


Abb. 1 und 2 Physiologische Metallbelastung der Gingiva von 20 Probanden ohne metallische Rekonstruktionen im Vergleich mit dem Metallgehalt der Muskulatur nach Merian¹ (Mittelwerte, Maximalwerte und Nachweisgrenze). Die Zahl unter der Nachweisgrenze bezeichnet die Anzahl der Probanden, bei denen das Element nicht nachgewiesen werden konnte

Mit den folgenden Beispielen soll nochmals anschaulich gezeigt werden, woher Metallionen kommen, wo sie wiedergefunden werden und welchen Schaden sie anrichten können.

Klinische Fälle

Aus dem umfangreichen Patientenfällen mit materialbedingten Erkrankungen wurden fünf gut dokumentierte Beispiele ausgewählt, welche die Ursache und Wirkung korrosionsbedingter Erkrankungen aufzeigen können. In der Tabelle 1 sind stichwortartig die nötigen Fakten aufgeführt. Auffällig ist, daß der implantatgetragene Zahnersatz bei der Auswahl bevorzugt dargestellt wird. Es hat sich gezeigt, daß das periimplantäre Knochengewebe weit anfälliger auf Korrosionsprodukte reagiert als natürliches Parodontalgewebe^{3,6}.

Tabelle 1 Spätmißerfolge und ihre Ursachen

Pat. Nr.	Suprastruktur	Gewebe	Mißerfolg	Ursache
1	Krone als Brückenanker auf Implantat	Knochengewebe um Implantat	Implantatverlust	Spaltkorrosion an Kronenaufgabe
2	Krone als Brückenanker auf Implantat	Knochen und Bindegewebe	Implantatverlust	Spaltkorrosion an Kronenrand, Lochfraß an der Oberfläche und Lötstelle
3	2 Kronen auf Implantaten	Gewebereste von Implantatoberfläche	Implantatmobilisation	Spaltkorrosion an Kronenrändern und Keramikübergang
4	Einzelkrone auf stiftverankertem Aufbau	parodontales Taschengewebe, Wurzelentin	parodontale Entzündung, Knochendestruktion	Spaltkorrosion an Kronenrand, Keramikgrenze und Stift
5	Implantat-Brückenanker	Restknochengewebe von Implantatoberfläche	Knochenabbau und Implantatbruch	Lochfraß an Kronenaufgabe

Resultate

Die Legierungstypen der beteiligten Suprastrukturen wurden mit Hilfe des energiedispersiven Röntgenmikroverfahrens (EDX-Analyse) auf ca. 1 % genau

Tabelle 2 Legierungsanalysen der Suprastrukturen (EDX-Analysen)

Pat. Nr.	Legierungstyp	Zusammensetzung in Gew.-%							Bemerkungen
		Au	Ag	Pt	Pd	In	Cu	Ga	
1	Au-reduziert	60	20	2	3	-	13	-	
2	Ag-Basis	5	60	-	23	-	10	-	
3	Au-reduziert	50	-	-	37	8	-	3	
4	hoch-Au-haltig	82	-	8	3	3	2	-	Krone
		75	15	-	1	-	7	-	Stift
5	hoch-Au-haltig	85	-	7	4	1	1	-	

Tabelle 3 Gewebebelastung mit Metallionen in $\mu\text{g/g}$ (AAS-Analyse)

Pat. Nr.	Gewebetyp	gemessene Elemente								
		Au	Ag	Pd	In	Cu	Ga	Sn	Cd	Ni
1	Knochengewebe	1130	192	54	<NG	1700	<NG	<NG	<NG	80
2	Knochengewebe	580	42	1000	<NG	170	<NG	120	12	<NG
3	Knochengewebe a)	95	3	101	13	112	20	50	2,7	30
		b) 7600	11	6400	197	123	46	10	3,7	17
4	par. Taschengew. a)	2575	10	320	7	182	<NG	4,5	<NG	<NG
		b) Wurzelentin	370	30	30	9	55	<NG	25	170
5	Knochengewebe	150	17	5	<NG	200	<NG	<NG	1	28
Grundbelastung										
Mittelwerte		<NG	3,3	<NG	<NG	12,8	<NG	3,7	6	9,6

ermittelt (Tab. 2). Die erkrankten Gewebe wurden mittels AAS-Analyse qualitativ und quantitativ mit großer Präzision auf Metallionen untersucht (Tab. 3). Um mit den physiologischen Verhältnissen vergleichbare Resultate zu erhalten, sind die gemessenen Werte ebenfalls auf die molare Konzentration vom Gewebenaßgewicht aufgerechnet und in den Abbildungen 3 bis 5 logarithmisch dargestellt worden.

Bei den Patienten Nr. 1 bis 3 haben die minderwertigen Legierungen (goldreduziert und Ag-Basis) zum Implantatverlust geführt. Die in den Spalträumen aus der Legierung korrosiv freigesetzten Metallionen (Abb. 6 bis 9) finden sich in den noch spärlich vorhandenen periimplantären Restgeweben wieder (Abb. 10), wobei die

Abb. 3 bis 5 Die Metallbelastung der erhaltenen Gewebe der fünf ausgewählten Patienten, dargestellt in molarer Konzentration von Naßgeweben

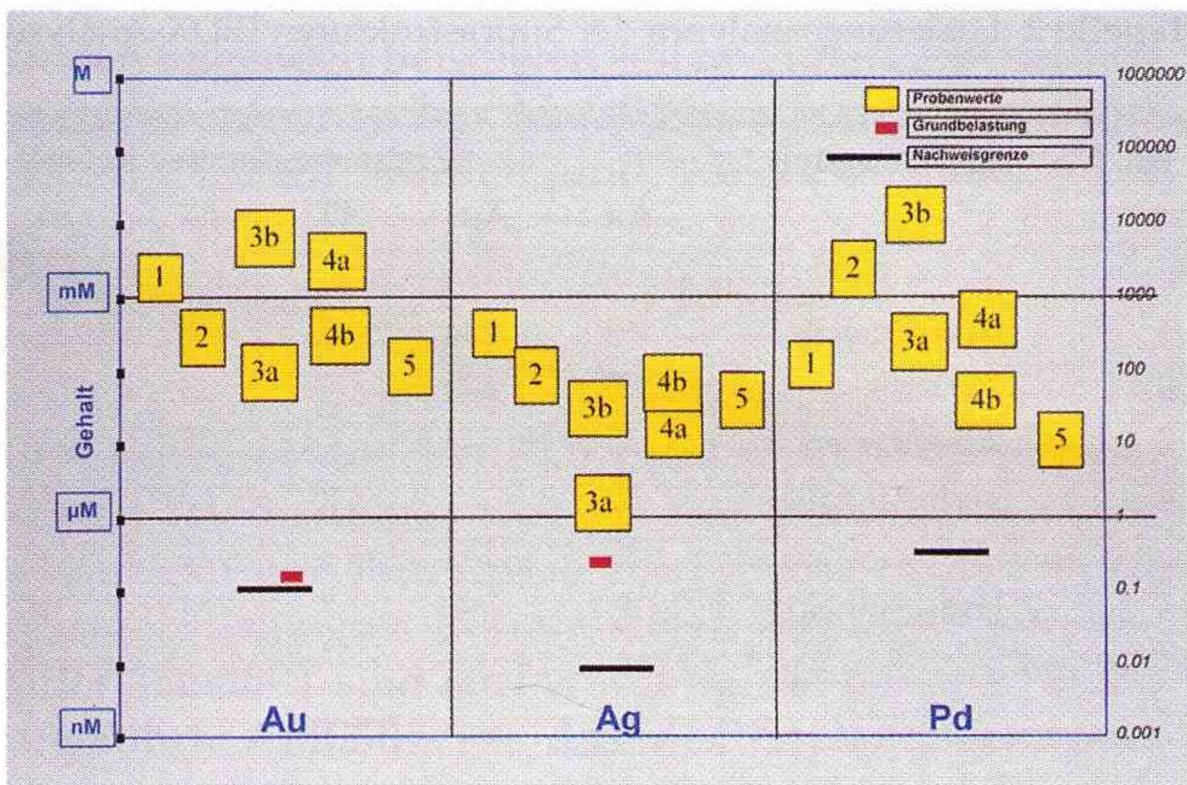


Abbildung 3

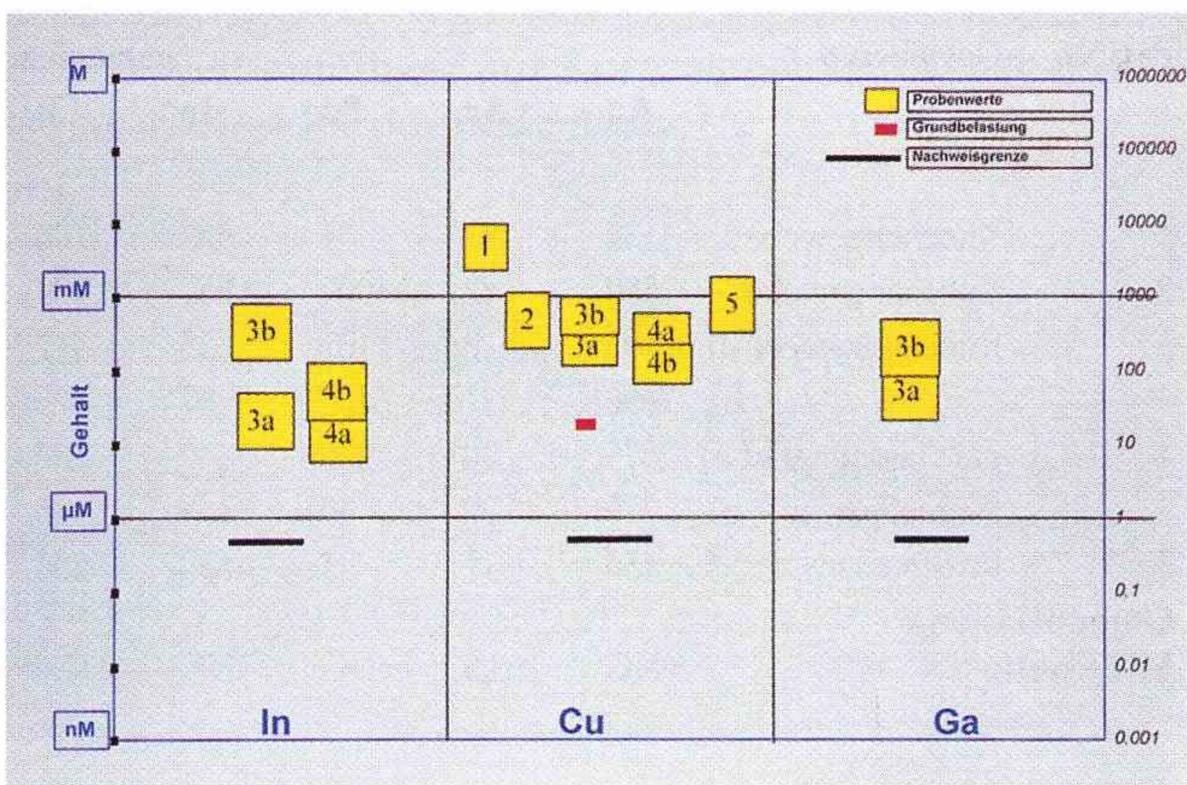


Abbildung 4

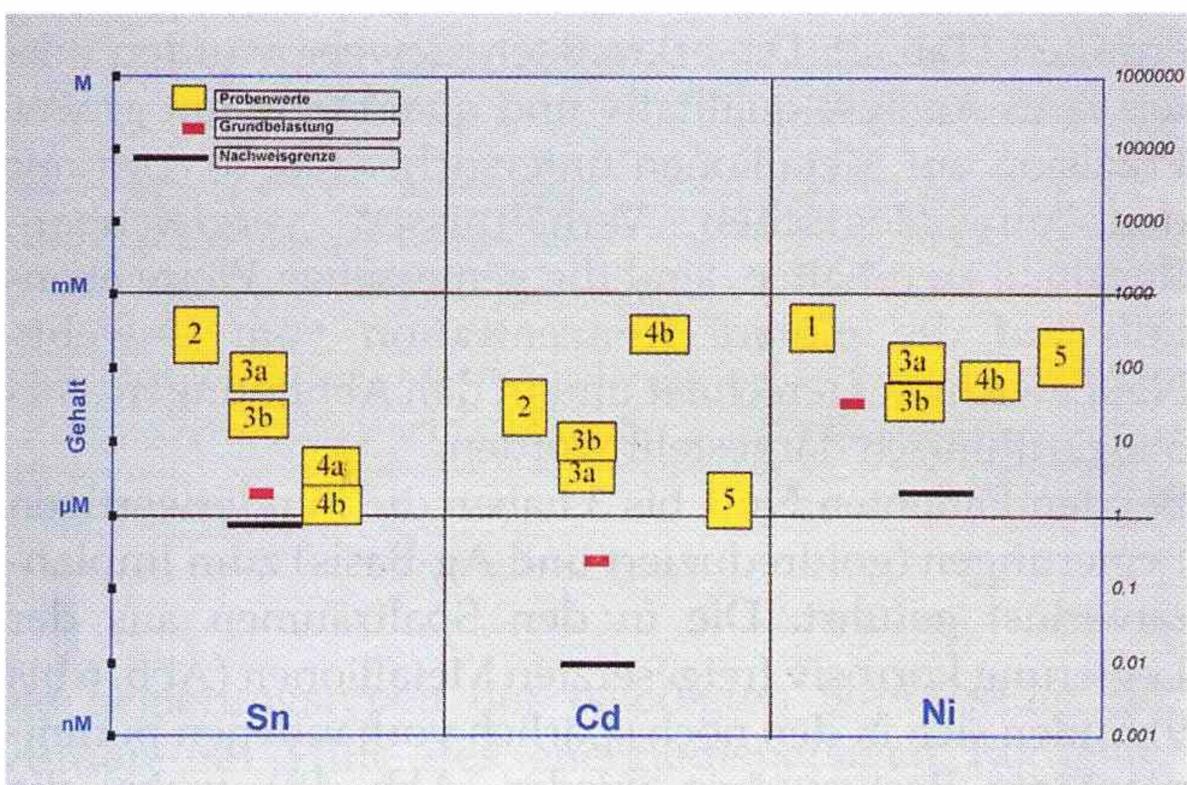


Abbildung 5

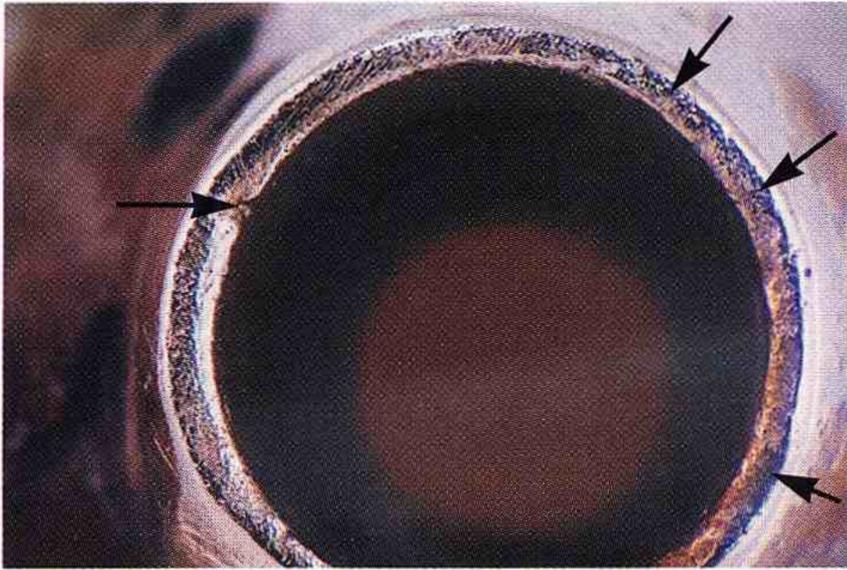


Abb. 6 Makroskopisch sichtbare Spaltkorrosion (Pfeile) am Kronenrand, einzementierte Auflage (Fall 1). Lichtmikroskop, Vergrößerung 30x

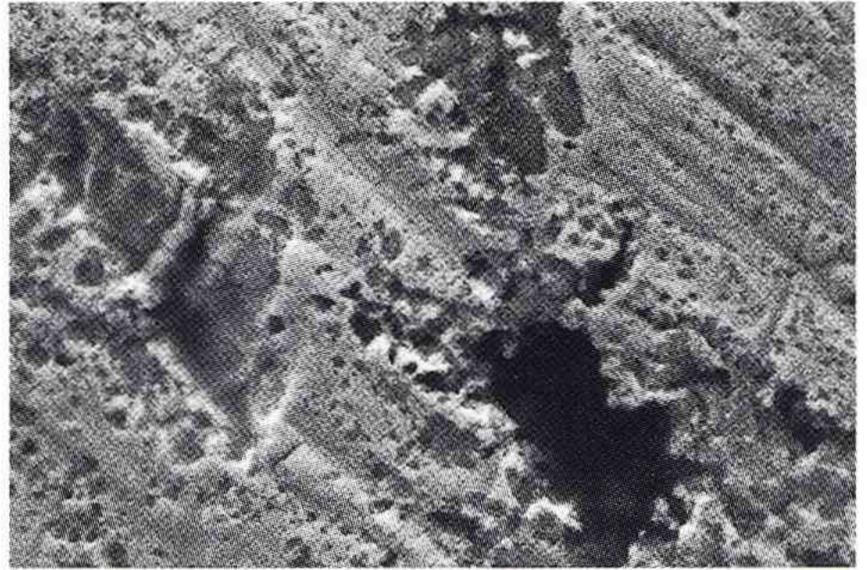


Abb. 7 Spaltkorrosion am Kronenrand (Fall 3). REM, Vergrößerung 4.500x

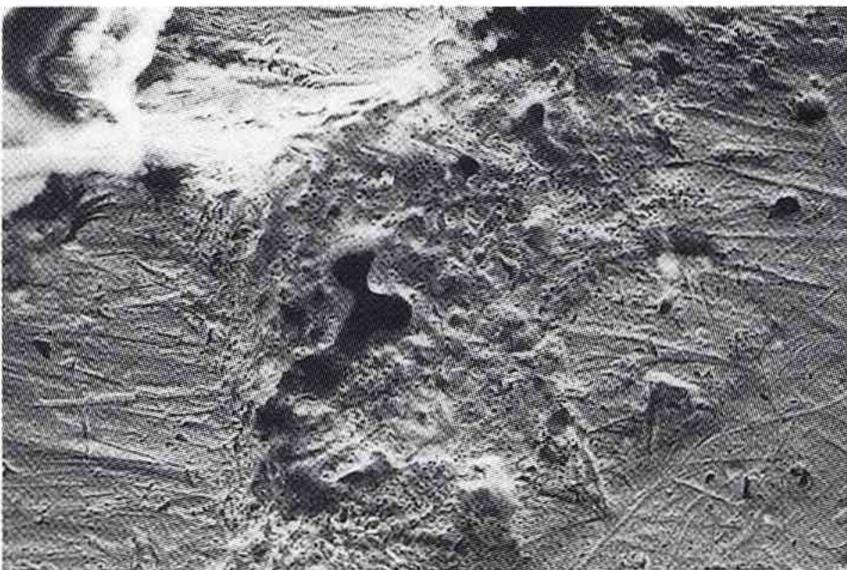


Abb. 8 Spaltkorrosion zwischen Metall und Aufbrennkeramik (Fall 2). REM, Vergrößerung 800x

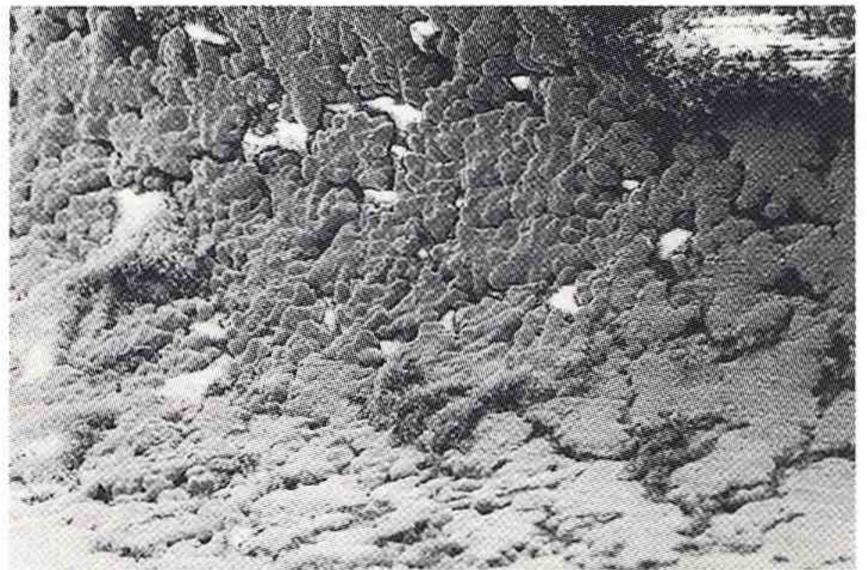


Abb. 9 Lochfraß an der Lötstelle (Fall 2). REM, Vergrößerung 180x

Meßergebnisse weit über dem physiologischen Mittelwert des Gingivagewebes liegen.

Wie die Fälle 4 und 5 sehr anschaulich zeigen, können auch hochgoldhaltige Legierungen als Ursache für prothetische bzw. implantologische Mißerfolge ermittelt werden (Abb. 11 und 12). Bei Fall 4 sind die Korrosionsprodukte von Stift und Krone (inkl. Haftoxide) fast vollständig wieder im entzündlichen Taschengewebe anzutreffen. Der korrosionsbedingte Knochenabbau um das Implantat bei Fall 5 hat, bedingt durch



Abb. 10 Mit Metallionen imprägniertes Restgewebe am Explantat (Fall 1), mit Pfeilen markiert. Lichtmikroskop, Vergrößerung 12x



Abb. 11 Deutlich korrodierte hochgoldhaltige Edelmetallegierung am Übergang zwischen Keramik und Metall (Fall 4). REM, Vergrößerung 900x

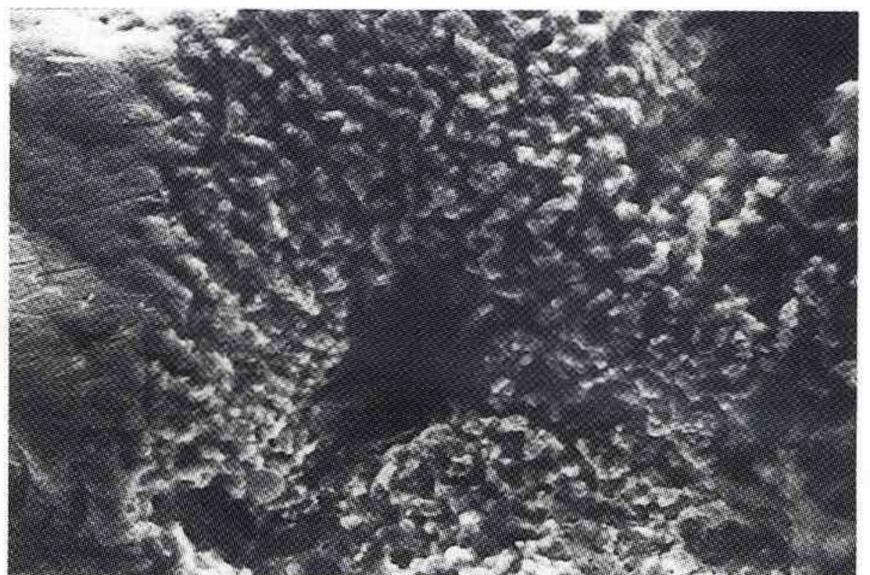


Abb. 12 Korrodierte Oberfläche (Spaltkorrosion) am hochgoldhaltigen Wurzelstift (Fall 4). REM, Vergrößerung 4.500x

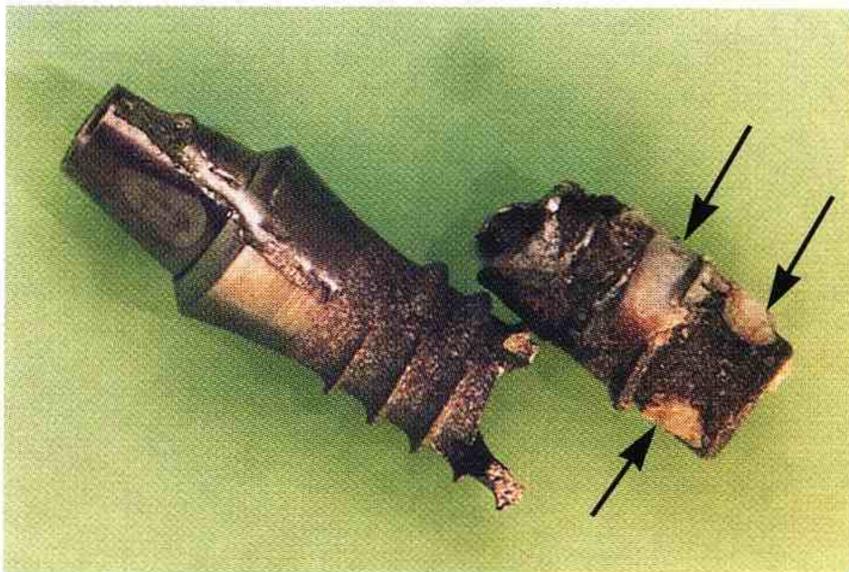


Abb. 13 Durch Überlastung frakturiertes Titanimplantat (Fall 5) mit Restknochengewebe (Pfeile) am noch osseointegrierten Implantatende. Lichtmikroskop, Vergrößerung 6x

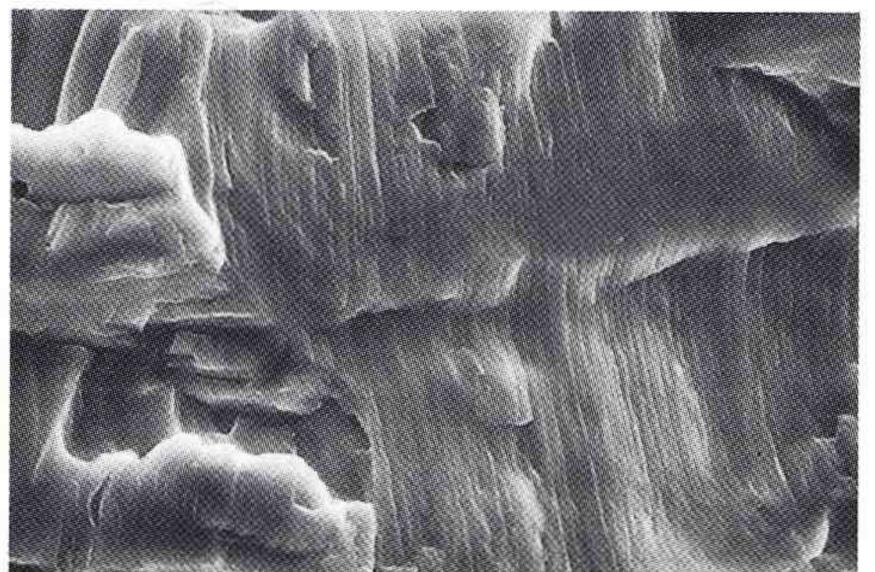


Abb. 14 Frakturoberfläche am Titanimplantat mit deutlichen Gleitlinien, verursacht durch Überlastung (Ermüdungsfraktur). REM, Vergrößerung 3.600x



Abb. 15 Korrodierter Kronenrand (hochgoldhaltig) im Spalt zwischen Krone und Implantat. REM, Vergrößerung 1.600x

Überlastung und Ermüdung (Abb. 13 und 14), zur Implantatfraktur geführt. Die im Restknochengewebe aufgefundenen toxischen Metallionen wie Cd und Cu stammen einerseits aus Lotnähten der Suprastruktur und andererseits aus dem Spaltbereich zwischen Implantat und Krone (Abb. 15).

Die fünf aufgezeigten Beispiele haben stellvertretend für eine zahlenmäßig nicht geringe Anzahl von prothetischen Spätmißerfolgen, insbesondere mit Implantaten, sehr deutlich bestätigen können, daß korrosiv freigesetzte Metallionen aus Werkstücken als Primärursache in die Beurteilung mit einbezogen werden müssen. Sie erhärten auch die Vermutungen und Feststellungen früherer Abklärungen^{2,3,7,8}.

Das periimplantäre Knochengewebe ist viel anfälliger für lokaltoxische Reaktionen und pathologische Veränderungen als das Gingivagewebe⁶. Für weitergehende Aussagen sind Kenntnisse über die physiologische Belastung des gesunden Kieferknochens mit Metallionen unerlässlich. Diesbezügliche Abklärungen sind noch im Gange.

Die Edelmetallbestandteile (Au, Ag und Pd) aus den verschiedenen Legierungstypen sind bei allen untersuchten erkrankten Geweben in unphysiologischem Maße nachgewiesen worden. Cadmium und Nickel als toxische Metallionen sowie Zinn, alles mögliche Lotbestandteile, sind ebenfalls in einem unphysiologisch hohen Maße aufgefunden worden, ohne daß sie in allen Grundlegierungen gemessen wurden. Indium, Gallium und Kupfer sind bevorzugt aus den nicht entfernten Haftoxidschichten der mit Aufbrennkeramik verblendeten Suprastrukturen wegkorrodiert worden.

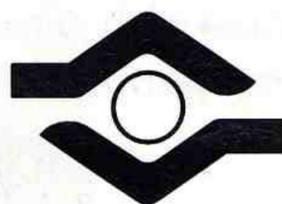
Bei der Auswahl der Legierungen gelten nach wie vor die in früheren Arbeiten abgegebenen Empfehlungen^{3,6-8}, und beim implantatgetragenen Zahnersatz ist ebenso wie bei verschraubten, bedingt abnehmbaren Rekonstruktionen mit hochwertigen Edelmetallegierungen eine Zementierung zur Verhinderung der Spaltbildung unerlässlich^{7,8}. In Kenntnis der in der Praxis relativ häufig auftretenden korrosionsbedingten Mißerfolge mit Implantaten kann man sich über die in der Literatur publizierte hervorragenden Erfolgsstatistiken oft nur wundern.

Literatur

1. Merian, E. (Hrsg.): Metall in der Umwelt. Verlag Chemie, Weinheim 1984.
2. Steinemann, S.: Titan als Werkstoff der Chirurgie und Zahnmedizin. In: Wirz, J. und Bischoff, H. (Hrsg.): Titan in der Zahnmedizin. Quintessenz, Berlin 1997, S. 17-39.
3. Wirz, J.: Schädigung des Parodontes durch zahnärztliche Werkstoffe. Zahnärztl Welt 102, 146-162 (1993).
4. Wirz, J., Bolliger, T.A. und Schmidli, F.: Metallbelastung der gesunden Gingiva. Quintessenz 46, 685-690 (1995).
5. Wirz, J., Jäger, K. und Schmidli, F.: Sind Palladium-Basislegierungen noch zeitgemäß? Quintessenz 48, 107-117 (1997).
6. Wirz, J. und Schmidli, F.: Mißerfolge mit enossalen Implantaten und mögliche Ursachen. Quintessenz 47, 1695-1706 (1996).
7. Wirz, J., Schmidli, F. und Jäger, K.: Probleme mit Edelmetallegierungen. Teil 1: Goldgußlegierungen. Quintessenz 48, 827-837 (1997).
8. Wirz, J., Schmidli, F. und Jäger, K.: Probleme mit Edelmetallegierungen. Teil 2: Goldreduzierte Legierungen. Quintessenz 48, 995-1006 (1997). 

Wer wird am Ende
bei Ihnen sein?

Helfen Sie, damit sterbende Menschen nicht alleine bleiben müssen: Spendenkonto 111 111 111, Stadtparkasse Dortmund, BLZ 440 501 99. Wenn Sie mehr wissen wollen – melden Sie sich: Hohle Eiche 29, 44229 Dortmund, Tel.: 02 31 / 73 80 73-0.



DEUTSCHE HOSPIZ STIFTUNG

Weil Sterben auch Leben ist.