



Nr. 1/81

vom 30.01.1981

DIE GOLDLEGIERUNG IN DER ZAHNHEILKUNDE - EIN UNVERZICHTBARES MATERIAL?

von Priv.-Doz. Dr. Heiner WEBER

Die Erforschung von Werkstoffen in der zahnärztlichen Versorgung, insbesondere die von Alternativmetallen für Gold, bildet einen Themenschwerpunkt der Arbeit des Forschungsinstituts (vgl. Materialienband "Werkstoffe in der zahnärztlichen Versorgung 1. - Goldalternativen").

Im Rahmen eines langfristig angelegten Forschungspakets läuft z.Z. ein Projekt über Korrosionsforschung unter der Leitung von Priv. Doz. Dr. H. Weber in Zusammenarbeit mit dem Max-Planck-Institut für Eisenforschung in Düsseldorf. Als Einstieg in den Problemzusammenhang veröffentlichen die FZV-Informationen die Antrittsvorlesung von Dr. Weber, die am 17.12.1980 in Düsseldorf gehalten wurde. Hierbei geht der Referent explizit auf am Markt befindliche Nickel-Chrom-Legierungen ein. Als Quintessenz seiner Ausführungen läßt sich ableiten:

- Die vorhandenen Legierungen stellen in einem Teilbereich der prothetischen Zahnheilkunde eine mögliche Alternative zu Goldlegierungen dar.
- Eine allgemeine Beschreibung bzw. Klassifikation ist z.Z. nicht möglich.
- Normen bzw. Spezifikationen sind unabdingbar.
- Klinische Großtests sind unbedingt erforderlich.

Priv.-Doz. Dr. med. dent. Heiner WEBER

=====

Westdeutsche Kieferklinik; Dir.: Prof. Dr. H. BÖTTGER,
Abteilung für Zahnärztliche Prothetik und Defektprothetik

DIE GOLDLEGIERUNG IN DER ZAHNHEILKUNDE -
EIN UNVERZICHTBARES MATERIAL?

Öffentliche Antrittsvorlesung von
Priv.-Doz. Dr. med. dent. habil. Heiner WEBER
am 17. Dezember 1980 in Düsseldorf
(gekürzte Fassung)

(Westdeutsche Kieferklinik;
Dir.: Prof. Dr. H. Böttger
Abteilung für Zahnärztliche Prothetik und
Defektprothetik)

Um die Antwort auf die im Titel etwas provozierend gestellte Frage gleich vorwegzunehmen:
Wir sind heute der Meinung, daß wir über Alternativlegierungen verfügen, die in der Lage sind, in einem Teilbereich der zahnärztlichen Prothetik die Edelmetall-Legierungen zu ersetzen. Ziel meines heutigen Vortrages soll es sein, einen bestimmten Typ einer solchen Alternativlegierung einmal vorzustellen. Dabei soll allerdings herausgearbeitet werden, daß es innerhalb dieses einen Typs eine ungeheure Vielzahl an Legierungen mit entsprechend vielen verschiedenen Eigenschaften gibt. Dies wiederum gibt Anlaß für zwei Gedanken:

1. Wir können uns - je nach Anforderungen des jeweiligen Anwendungsbereiches - aus diesem Legierungstyp eine passende Legierung heraussuchen.
2. Es ist völlig falsch, zum augenblicklichen Zeitpunkt eine Generalabsolution für diesen Legierungstyp zu erteilen, wenn wir nicht Gefahr laufen wollen, daß sich minderwertige Legierungen am Markt verbreiten.

Vielmehr muß im Einzelfall überprüft werden, ob eine solche Legierung die Anforderungen an die klinische Sicherheit und auch an die technische Verarbeitbarkeit erfüllt.

Der Goldguß wurde etwa um die Jahrhundertwende durch TAGGART in die Zahnheilkunde eingeführt und hat seitdem ständig Verbesserungen erfahren und dürfte heute wohl als Routine im zahnärztlichen Labor und in der Zahnheilkunde betrachtet werden. Ständiges Verbessern der Legierungen durch Hinzulegieren von Elementen wie etwa Kupfer, Zinn, Zink, Indium, Platin, Palladium und letztlich auch Eisen haben dazu geführt, daß man die Legierungsvielfalt erweitern und Legierungen entwickeln konnte, die den Anforderungen im jeweiligen Anwendungsbereich gerecht wurden.

Anwendungsbereich von Goldlegierungen

1. in der Füllungstherapie
 - a) Goldgußfüllung (Inlay, Onlay)
 - b) Goldstopffüllung

2. in der Kronen- und Brückenprothetik
 - a) kunststoff-verblendete Kronen
 - b) keramisch-verblendete Kronen
 - c) Vollgußkrone
 - d) Teilkrone

3. in der herausnehmbaren bzw. in der kombiniert
festsitzend herausnehmbaren Prothetik
 - a) Modellguß
 - b) Geschiebeprothetik (zB. Teleskopprothetik)

Abb. 1

In der Abbildung 1 wird der Versuch unternommen darzustellen, in welchen Anwendungsbereichen heute noch Goldlegierungen verwendet werden. Dabei darf nicht unerwähnt bleiben, daß z.B. in einem Teilbereich - wie der Goldstopffüllung - durch Entwicklung anderer Materialien - ich denke hier an die Composites - das Gold weitgehend ersetzt wurde. Oder etwa in der sog. Modellgußprothetik: In diesem Bereich hat die Kobalt-Chrom-Legierung völlig das Gold verdrängt. Die Einstückgußprothese auf Chrom-Basis zählt heute zur Standardversorgung unserer Patienten.

Wie kam es nun, daß man im letzten Jahrzehnt verstärkt versuchte, für einige Anwendungsbereiche neue Legierungen zu entwickeln? Im Jahre 1969 wurde der "Gold Reserve Act" in den USA fallengelassen. Dieser "Act" stammte aus den 30er Jahren und stützte den Goldpreis, der zuletzt bei US \$ 35 pro Feinunze lag. Durch Aufhebung dieses "Acts" kam es dazu, daß der Goldpreis in den letzten zehn Jahren ständig stieg und er Anfang dieses Jahres (1980) bei US \$ 800 lag - ein unvorstellbar hoher Preis. Dies mußte zwangsläufig dazu führen, daß auch die Edelmetall-Legierungen in der Zahnheilkunde, die häufig über 80 % und 90 % Goldanteil besitzen, im Preis mit stiegen.

<u>Betrachtungen zur Kostendämpfung beim Zahnersatz</u>	
1 g dentale Edelmetallegierung kostet etwa 40,-- DM	
Der dentale Legierungsverbrauch in Deutschland war 1979 größer als 30 t = 30 Mill g	
30 000 000 g Edelmetallegierung = <u>1 200 000 000 DM</u>	
Bei der Verarbeitung entstehen etwa 20 % Metallverlust.	
20 % von 30 t = 6 t = 6 000 000 g = <u>240 000 000 DM</u>	
1979 wurden etwa 10 Mill Einheiten abgerechnet (Kronen, Brückenglieder usw.)	
1 Einheit aus einer Ni-Cr-Legierung kostet einschließlich Metallverlust 12,-- DM (angenommene zukünftige Kosten 15,-- DM)	
10 Mill Einheiten aus Ni-Cr-Legierungen = <u>150 000 000 DM</u>	
<u>Materialkosten</u>	
<u>für Edelmetallegierungen</u>	<u>für edelmetallfreie Legierungen</u>
960 000 000 DM für Restaurationen	150 000 000 DM
240 000 000 DM für Metallverlust	Restaurationen u. Verlust

Abb. 2

Abb. 2 zeigt eine zugegebenermaßen etwas provozierende Kostenrechnung:

Ein Gramm dentale Edelmetall-Legierung wird hier mit etwa DM 40,-- veranschlagt. Der dentale Legierungsverbrauch betrug 1979 in Deutschland über 30 Tonnen, das entspricht 30 Mio. Gramm. 30 Mio. Gramm entsprechen einem Gegenwert von 1,2 Mrd. DM. Bei der Verarbeitung entstehen etwa 20 % Metallverlust, der durch Politur und Fräsung bedingt ist und der nur zu einem geringen Teil wieder zurückgewonnen werden kann. Diese 20 % entsprechen einem Gegenwert von 240 Mio. DM.

Wenn wir einen Preisvergleich mit Nickel-Chrom-Legierungen anstellen wollen, müssen wir nun wissen, wieviel Einheiten, d.h. Kronen- und Brückenglieder, pro Jahr in

Deutschland angefertigt und beim Patienten eingesetzt werden, da bei den Nickel-Chrom-Legierungen pro Einheit und nicht nach Gewicht berechnet wird. 1979 wurden etwa 10 Mio. Einheiten abgerechnet; eine Einheit aus einer Nickel-Chrom-Legierung veranschlagt man augenblicklich mit Kosten von 12,-- DM ; für die weitere Rechnung werden DM 15,-- je Einheit angenommen. D.h. bei 10 Mio. Einheiten ergeben sich Gesamtkosten von 150 Mio. DM.

Machen wir eine Schlußgegenüberstellung, so heißt das:

Materialkosten Edelmetall-Legierungen - 960 Mio. DM für Restaurationen, 240 Mio. DM für Metallverlust, der nur bedingt wieder zurückgewonnen werden kann.
Materialkosten edelmetallfreie Legierungen für den gleichen Behandlungsaufwand - 150 Mio. DM.

Ich gebe zu, daß diese Rechnung etwas provozierend ist, weil sie davon ausgeht, daß wir in all den von mir vorhin genannten Anwendungsbereichen in der Lage sind, edelmetallfreie Legierungen anzuwenden, und das wird in einigen Teilbereichen noch einige Jahre dauern. Ich glaube aber, daß die Tendenz hier an und für sich deutlich skizziert ist.

Es sind nun neue Legierungstypen am Markt, die - wie bereits eingangs erwähnt - in der Lage sind, die Edelmetall-Legierungen zu ersetzen. Sie basieren im wesentlichen entweder auf einer Kobalt-Chrom- oder auf einer Nickel-Chrom-Basis. An der Westdeutschen Kieferklinik verfügen wir über eine etwa vierjährige Erfahrung mit Legierungen auf Nickel-Chrom-Basis. Ich möchte im folgenden etwas zu der Vielgestaltigkeit dieses Legierungstyps sagen.

Legierung	Zusammensetzung (Gewichtsprozent)													
	Ni	Cr	Mo	Al	Fe	C	Be	Co	Mn	Si	CeLa	B	Mg	Ga
Ultratek	Rest	11,4	2,0	2,2	2,0	-	1,6	0,5	0,02	0,5	-	-	-	-
Wiron 77	Rest	20,0	6,0	-	<0,5	0,02	-	<0,5	<0,1	3,5	0,2	0,75	-	-
NP 2	Rest	12,8	7,0	-	5,0	-	-	-	-	0,7	-	-	0,1	7,5

Abb. 3

Das Schaubild zeigt die Zusammensetzung dreier Repräsentanten aus diesem Legierungsbereich. Der Nickelanteil bewegt sich allgemein bei diesen Legierungen von kurz unter 70 % bis kurz über 80 %. Der nächstgroße, sehr wichtige Bestandteil, der die Korrosionsresistenz mit sichern soll, ist das Chrom. Von hier ab - das Molybdän noch nicht eingeschlossen - läßt sich keine einheitliche Legierungskomposition mehr ableiten. Es sind mehr oder weniger große Unterschiede für die einzelnen Komponenten festzustellen.

Das bedeutet wiederum, daß wir mit einer ebenso großen Vielfalt zu rechnen haben, wenn wir die physikalischen Eigenschaften, die elektro-chemischen Eigenschaften oder aber auch die Mikrostrukturen eines solchen Legierungstyps betrachten (Abb. 4). Denken wir an die Mikrostruktur, dann denken wir auch an das Korrosionsverhalten, dann denken wir auch an die Vergießbarkeit, i.e. wie sich also eine solche Legierung im zahnärztlichen Labor verhalten wird.

Lichtmikroskopische Aufnahmen von chemisch
geätzten Metallschliffen:

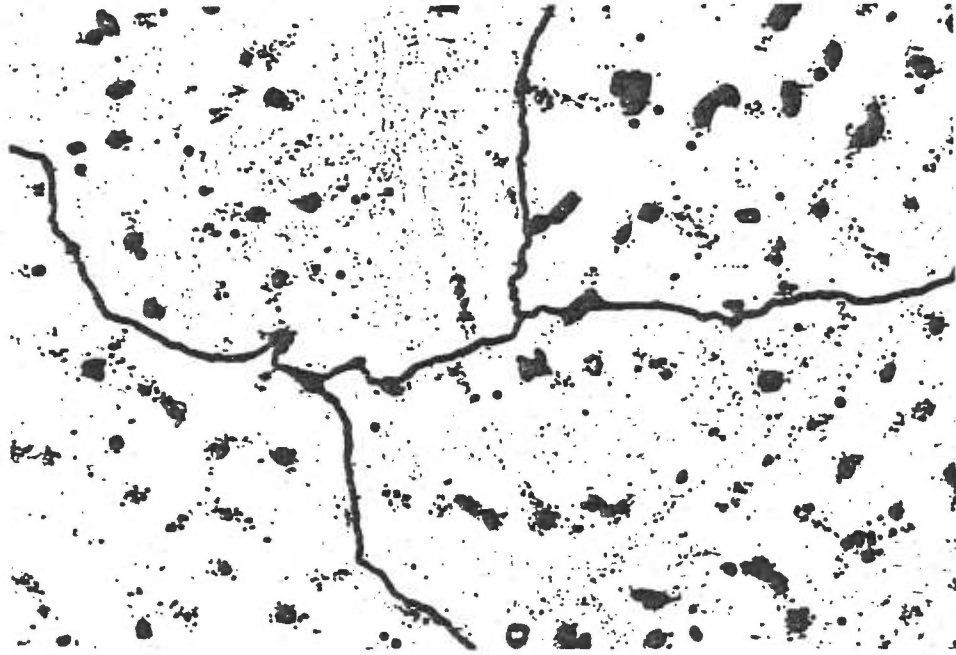


Abb. 4 a - NP 2

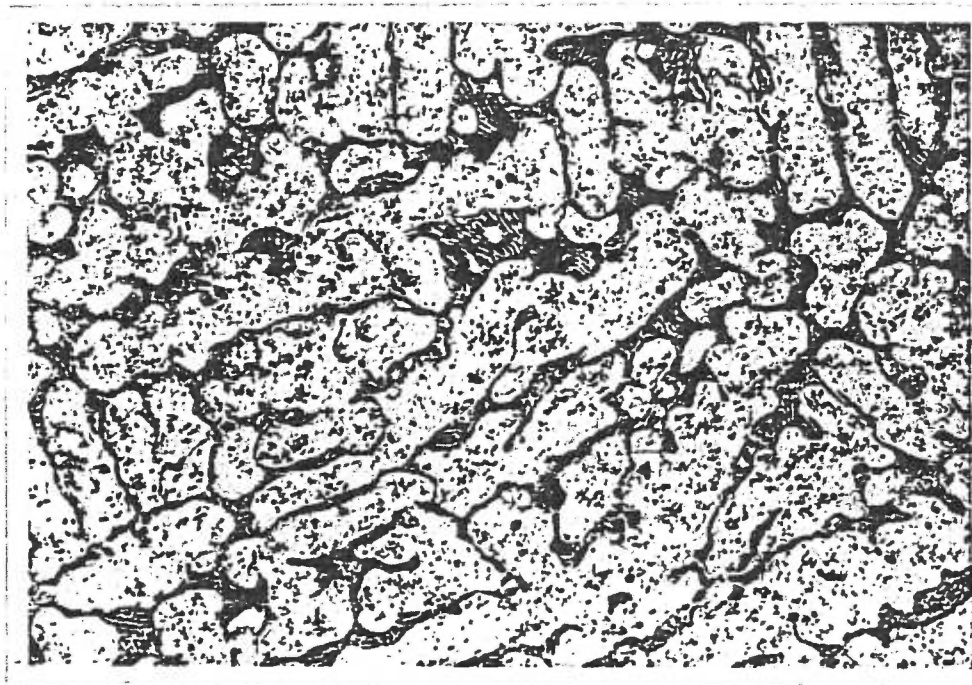


Abb. 4 b - Ultratek

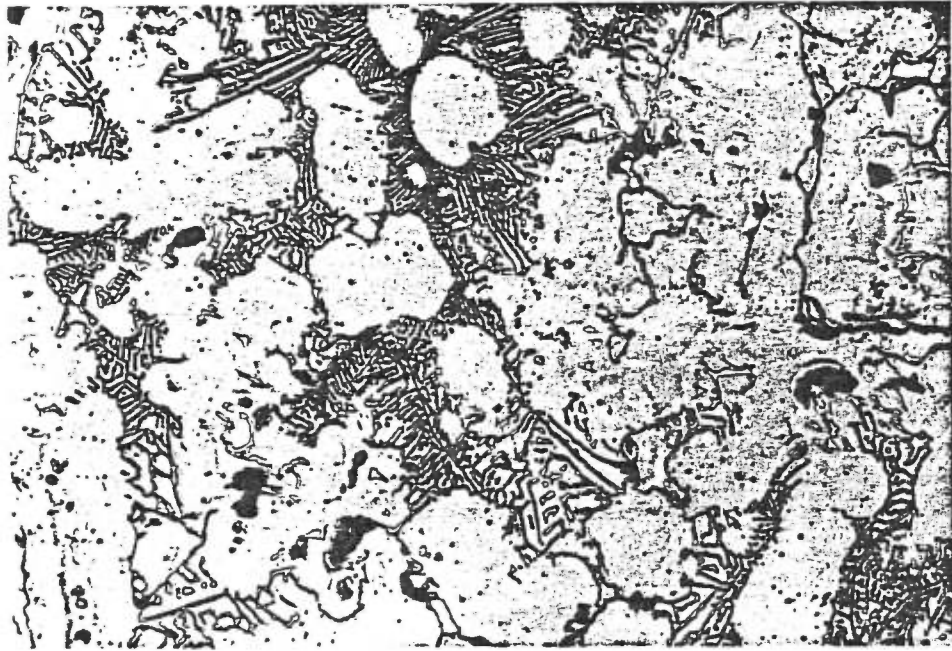


Abb. 4 c - Wiron 77

physikalische Eigenschaft	Legierung			
	Bezeichnung	Np2	Ultratek	Wiron 77
Zugfestigkeit	N/mm ²	540	1137	709
Dehnungs-Streckgrenze Rp 0,2%	N/mm ²	260	591	439
Elastizitätsmodul	N/mm ²	153740	206800	215000
Vickers-Härte HV 10	HV 10	175	293	270
Bruchdehnung	%	27,3	23,9	4,0
Dichte	g/cm ³	8,7	8,1	8,2

Abb. 5

Diese Verschiedenartigkeit in der Legierungszusammensetzung und Mikrostruktur findet natürlich auch ihren Niederschlag in den physikalischen Eigenschaften (Abb. 5). Ich möchte hier nur einmal die mittleren vier Werte herausgreifen.

Die Dehnungsstreckgrenze gibt uns ein Maß dafür, wie schwierig diese Legierung zu verarbeiten ist; diese Kraft muß man aufwenden, um eine bleibende Verformung von 0,2 % zu erzielen. Wir sehen bei diesen Einzelwerten, daß sie von Legierung zu Legierung, obwohl es sich bei allen drei Legierungen um Nickel-Chrom-Legierungen handelt, erheblich differieren.

Der Elastizitätsmodul ist für den Patienten interessant, weil er uns ein Maß dafür gibt, wie hoch der Widerstand gegen eine elastische Verformung des Materials ist, d.h. je höher der Elastizitätsmodul, desto graziler kann ich arbeiten, und das nimmt der Patient natürlich dankbar an. Auch hier bewegen sich die Werte weit auseinander, von etwa 150.000 N/mm^2 bis über 200.000 N/mm^2 . Zum Vergleich: Eine Edelmetall-Legierung liegt etwa bei 100.000 N/mm^2 .

Die Härte wiederum ist eine kompliziert zusammengesetzte Größe; sie ist im Grunde genommen keine einheitliche physikalische Meßgröße. Sie kann als grobe Richtschnur für den Techniker angenommen werden, um etwas über die Verarbeitbarkeit im Labor auszusagen.

Die Bruchdehnung zeigt an, wie weit ein Körper aus diesem Material gedehnt werden kann, bis er letztendlich bricht oder reißt. Je nach Anwendungsbereich ist es wünschens-

wert, daß dieser Wert recht hoch ist, um ein möglichst geschmeidiges Material zu haben. Ich denke hier z.B. an die Inlay-Technik oder an die Teilkronen-Technik, wo es darum geht, Ränder zu finieren bzw. an den Zahn anzutreiben. Hier ist natürlich eine hohe Bruchdehnung erwünscht. Die Bruchdehnungen bei Edelmetallegierungen liegen maximal bei ca. 18 - 20 %. Auch hier zeigen sich große Unterschiede innerhalb der Legierungen auf edelmetallfreier Basis und teilweise wesentlich bessere Werte als beim Edelmetall.

Die von mir angeschnittene und immer wieder betonte Vielgestaltigkeit wird auch deutlich im elektrochemischen Verhalten: Wir führen im Augenblick in enger Zusammenarbeit mit dem Düsseldorfer Max-Planck-Institut, für dessen Unterstützung ich mich hier beim Institutsleiter Professor ENGELL und seinen Mitarbeitern herzlich bedanken möchte, Korrosionsuntersuchungen durch. Die gesamte Arbeit ist in einem zu frühen Stadium, als daß man abschließende Urteile über die Legierungen und ihr Korrosionsverhalten geben könnte. Wichtig erscheinen mir nur zwei Bemerkungen:

1. Das Korrosionsverhalten ist für die Aussage über die biologische Wirksamkeit eines solchen Materials zunächst einmal sehr wichtig. Ein Material, das korrodiert, wird Metallbestandteile an die Umgebung abgeben, in unserem Fall an den Speichel, und unter Umständen biologisch aktiv werden.
2. Es ist möglich, durch solche Korrosionsuntersuchungen Materialien untereinander zu vergleichen und somit Aussagen über ihr Korrosionsverhalten zu machen.

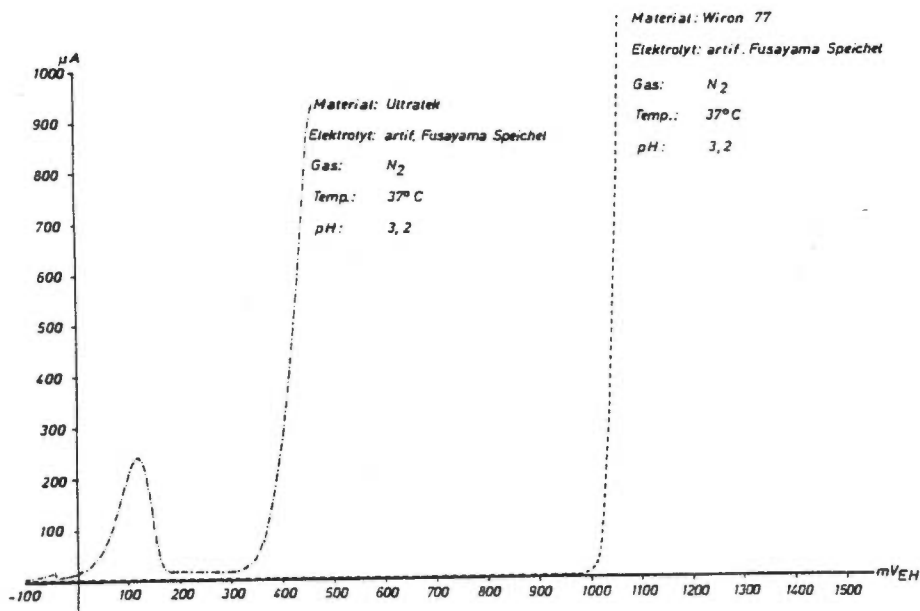


Abb. 6 Anodische Polarisationskurven

Diese Meßkurven in Abb. 6 wurden am Düsseldorfer Max-Planck-Institut aufgezeichnet. Sie zeigen einmal die Legierungen Ultratek und Wiron 77, die vorhin schon in Abb. 3 u. 5 aufgeführt waren. Bei diesen Kurven handelt es sich um sog. anodische Polarisationskurven. In einen Elektrolyten, der den Speichel simulieren soll, wird ein Prüfkörper aus diesem Material eingesetzt und an ihn wird eine Spannung - gemessen gegen die Standardwasserstoffelektrode - angelegt und aufgezeichnet. Gleichzeitig wird der Strom, der dabei fließt, aufgeschrieben.

Was man an sich erwartet, daß der Strom mit steigendem Potential ebenfalls ansteigt, trifft hier nicht zu, sondern diese Legierungen haben eine Eigenschaft, die man

als Passivierung bezeichnet; das heißt z.B. für Wiron 77, daß über einen weiteren Potentialbereich überhaupt kein Stromfluß feststellbar ist. Man kann das Potential so weit erhöhen, bis letztendlich die Passivierungsschicht durchbricht und sprunghaft der Strom ansteigt, d.h. es kommt an dieser Stelle zur Metallauflösung (u.U. auch zur Gasentwicklung). Nun wird man sagen, das Metall löst sich auf, das können wir nicht verwenden. Diese Potentiale werden allerdings im Munde nie erreicht. Die Potentiale, die im Munde auftreten, also z.B. beim Edelmetall (-welches in Kontakt mit einer solchen Legierung kommen könnte -), liegen etwa im Bereich um 300 - 500 mV. Sie sehen aber, daß das Ultratek in diesem Bereich in dem für diese Tests gewählten, aggressiven Elektrolyten sein Durchbruchpotential hat. Das Ultratek weist weiterhin einen sog. aktiven Peak auf. Dieser aktive Peak muß überschritten werden, damit die Legierung passiv wird. Im Augenblick laufen hierzu noch Untersuchungen, um festzustellen, ob an dieser Stelle das Material aktiv bleibt oder ob es nicht doch passiviert - mit anderen Worten, ob dieser aktive Peak nicht eher meßtechnisch bedingt ist.

Nachdem ich nun auf die Vielgestaltigkeit der Eigenschaften eingegangen bin, möchte ich kurz einige Vorteile dieses Legierungstyps aufzeigen. Wir haben zusammen mit der Firma Thyssen und der Bego Untersuchungen zur Wärmeleitfähigkeit gemacht.

Dabei stellten wir fest, daß die Nickel-Chrom-Legierung etwa nur ein Fünftel der Wärmeleitfähigkeit einer vergleichbaren Edelmetall-Legierung, in diesem Fall einer

Gold-Platin-Legierung, besitzt. Diesen Unterschied weiß jeder Patient zu schätzen, der einmal Goldbrücken und -kronen erhalten hat; denn bei Genuß von Eis oder Kaffee kann die Temperaturempfindlichkeit sehr unangenehm sein. Eine verminderte Wärmeleitfähigkeit wird daher sehr dankbar empfunden und aufgenommen.

Aber nicht nur für den Patienten hat dies Konsequenzen. Man denke sich diesen Temperaturbereich weiter ausgezogen fort in den Bereich hinein von etwa 900 - 950 ° C und etwas darunter bis etwa 600°C - Temperaturen, in denen wir die Keramik aufbrennen bzw. die Keramik ihren Transformationsbereich besitzt. Es wird jedem einleuchten, daß natürlich die Vorgänge an der metall-keramischen Grenzfläche eine Funktion der Zeit und auch des Temperaturverlaufes sind. Da also nun die Wärmeleitfähigkeit geringer ist, darf man - wenn man mit einer Keramik, die für Edelmetall entwickelt wurde, an diese Legierung herangeht und das ganze noch in einem Ofen brennt, der ebenfalls für die Edelmetalltechnik entwickelt wurde, und darüber hinaus die Arbeitsweise der Edelmetalltechnik für einen solchen Legierungstyp übernimmt - nicht erwarten, daß das alles reibungslos läuft: Sprünge in der Keramik und andere Fehlschläge werden zwangsläufig dabei auftreten.

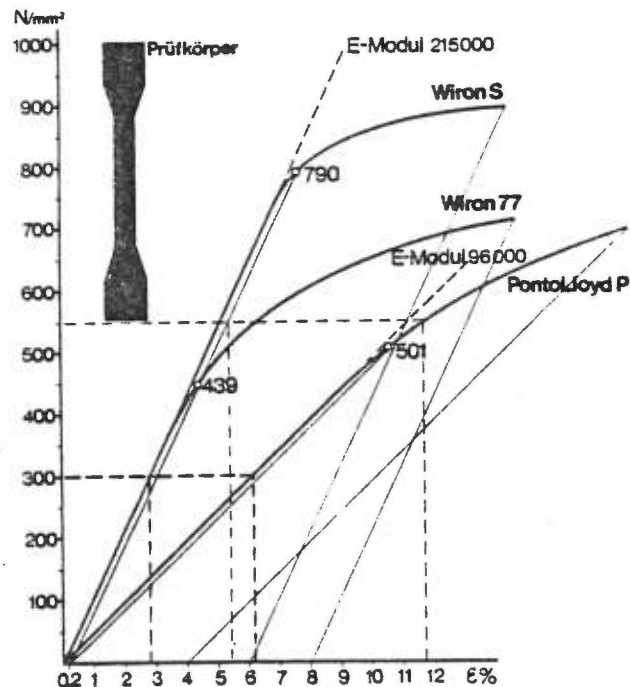


Abb. 7

Spannungs-Dehnungsdiagramm

(nach J. WEISS; Quintessenz Zahntechnik)

In Abb. 7 sehen wir Spannungs-Dehnungsdiagramme, wo nochmals der E-Modul angegeben ist. Sie sehen auch die Meßkurve einer Edelmetall-Legierung, deren Elastizitätsmodul etwa bei 100.000 N/mm^2 liegt, und zweier vergleichbarer Nickel-Chrom-Legierungen, deren E-Modul sich deckt. Wir stellen fest, daß der Elastizitätsmodul bei der Edelmetall-Legierung doppelt so groß ist. Das bedeutet, daß bei einer bestimmten Belastung, nehmen wir hier einmal 300 N/mm^2 an, die Nickel-Chrom-Legierung sich um einen bestimmten Betrag verformen wird, während

sich eine vergleichbare Edelmetall-Legierung etwa um den doppelten Betrag verformen wird. Und Verformungen können wir in diesem Bereich sicherlich nicht gebrauchen, weil dann die Keramik, die sehr empfindlich gegen Zugspannungen ist, Risse zeigen wird.

Ich möchte nicht verheimlichen, daß auch wir bei der Verwendung dieser Materialien Fehlschläge erlitten haben. Nur halte ich es für unfair zu sagen, es liegt an den Materialien, sondern ich habe versucht, es im vorhergehenden schon darzustellen, daß der Technologie bzw. dem arbeitstechnischen Know-how eine ganz erhebliche Bedeutung zukommt. Ich habe einmal zusammengestellt, wo m.E. die Gründe für die Probleme liegen, die bei der Verarbeitung von Nickel-Chrom-Legierungen auftreten (Abb. 8).

Gründe für die Probleme bei der Verarbeitung
von Ni-Cr-Legierungen

- 1.) Bei der Verarbeitung von Ni-Cr-Legierungen werden Materialien, Geräte und Techniken aus dem Edelmetallbereich angewendet.
- 2.) Die Zusammensetzungen und Eigenschaften der Ni-Cr-Legierungen lassen sich nicht einheitlich beschreiben.
- 3.) Es fehlen Normen (Standards) oder/und Spezifikationen.

Die Schlußfolgerungen aus meinem Vortrag möchte ich wie folgt zusammenfassen:

1. Nickel-Chrom-Legierungen stellen in einem Teilbereich der prothetischen Zahnheilkunde eine mögliche Alternative zu Goldlegierungen dar.
2. Die auf dem Markt befindlichen Nickel-Chrom-Legierungen besitzen eine außerordentliche Vielfalt an Legierungszusammensetzungen, Mikrostrukturen, physikalischen und elektrochemischen Eigenschaften.
3. Eine allgemeine Beschreibung der Nickel-Chrom-Legierungen bzw. eine entsprechende Klassifizierung ist z.Z. nicht möglich (für Goldlegierungen existiert bereits eine Deutsche Norm).
4. Es sind dringend Normen bzw. Spezifikationen nötig, um eine zu schnelle Marktverbreitung von u.U. unzulänglichen edelmetallfreien Legierungen zu verhindern.
5. Klinische Tests sind unbedingt notwendig: In-vitro-Untersuchungen oder Untersuchungen, die wir mit Hilfe von Zellkulturen oder mit Tierversuchen vornehmen, können das Risiko für den Patienten nur lindern, und wir müssen alles tun, um das Risiko so niedrig wie möglich zu halten. Die letztendliche Antwort auf die klinische Brauchbarkeit kann aber nur durch einen klinischen Großtest erfolgen.