

Nr. 7/80

vom 15.10.1980

*Untersuchungen über Materialverlust ("Schwund") von Gold-
legierungen bei der Herstellung verschiedener zahntechnischer
Arbeiten*

von Prof. Dr. H. SCHWICKERATH, Köln

Durch die immense Steigerung der Edelmetallpreise, vor allem des Goldes, sind auch die Kosten der für den Bereich Zahnersatz verwendeten Edelmetallegierungen in die Höhe geschossen. Hierdurch wurde eine intensive Suche nach Einsparmöglichkeiten ausgelöst. Im Vordergrund der Überlegungen steht dabei die Erforschung alternativer Materialien. Das FZV hat hierzu jüngst den Band "Werkstoffe in der zahnärztlichen Versorgung - 1. Goldalternativen" ediert.

Neben dem notwendigerweise längerfristig anzulegenden Projekt der Suche nach Alternativmetallen sollen jedoch bereits kurzfristig zu realisierende Sparmaßnahmen nicht aus dem Auge verloren werden. Prof. Dr. H. Schwickerath (Universitäts-Zahn- und Kieferklinik Köln, Abteilung für Zahnärztliche Prothetik) wurde deshalb beauftragt, eine empirisch ausgerichtete Analyse des Problems "Goldschwund" vorzunehmen.

Durch spezifizierte Erfassung der einzelnen Arbeitsschritte bei der Metallverarbeitung zeigt Schwickerath die besonderen Gefahrenstellen auf und bietet erste Überlegungen zur Verringerung des Edelmetallverlustes an. Darüber hinaus ist in Anlage 1 eine Ausarbeitung über die Rückgewinnung der Edelmetalle (basierend auf Ergebnissen des Praxislabors von Prof. Schwickerath) sowie als Anlage 2 im Rahmen der Auswertung ermittelte weitere Werte, die von allgemeinem Interesse sein dürften, beigelegt.

Prof. Dr. H. Schwickerath,
Prothetische Abteilung der Universitäts-
Zahn- und Kieferklinik Köln

Untersuchungen über Materialverlust ("Schwund") von
Goldlegierungen bei der Herstellung verschiedener
zahntechnischer Arbeiten.

In der Zahnheilkunde werden Edelmetalle zur Herstellung von Einlagefüllungen, Kronen und Brücken, sowie in geringem Maße auch für Prothesenbasen verwendet. Es sind eine Reihe von Herstellungs- bzw. Verarbeitungsverfahren bekannt. In nur geringem Maße werden noch vorgefertigte Teile wie gezogene Ringe oder gewalzte Blechplatten verarbeitet. Allgemein hat sich die Gußtechnik durchgesetzt. Hierbei werden aus Formmodellmaterialien, wie Wachse oder Kunststoffe, die aus Metall zu gießenden Teile vorgeformt. Die Formmodelle werden in eine Einbettmasse eingebettet, die Formmodellmaterialien durch hohe Temperaturen ausgebrannt, und in die so entstandene Hohlform das Metall eingegossen. Um Zugang für das Metall zu schaffen und eine gleichmäßige Beschickung der Hohlform mit Metall zu gewährleisten, werden an dem Formmodell Gußkanäle angebracht, die sich in einem Punkte im Gußtrichter treffen. Zur Vermeidung von Lunkern und Porositäten weisen die Gußkanäle spezielle Formen auf, wie z.B. die Syphonform, oder sie werden mit Verdickungen, den sogenannten verlorenen Köpfen versehen. Bei größeren Gußobjekten werden noch andere spezielle Querverbindungen angebracht. Um einwandfreie homogene Göße zu erreichen, ist es notwendig, eine solche Menge Metall einzugießen, daß nicht nur die Hohlform des Formmodelles, sondern auch die Gußkanäle und ein Teil des Trichters gefüllt ist. Nach dem Ausbetten ist es notwendig, Gußkanäle und Kegel von dem eigentlichen Werkstücke zu trennen. Dies geschieht am besten mit Hilfe von dünnen Sägen oder Trennscheiben. Die am Werkstück zurückgebliebenen Ansätze der Gußkanäle müssen später noch weggeschliffen werden. Gleichzeitig ist es notwendig die Oberfläche der Zahnersatzarbeit zu bearbeiten. Dies ist auch noch bei guter Vormodellation des Modelles notwendig. Die Bearbeitung der Oberfläche geschieht mit Diamantschleifern, Hart-

Aus der Zeitschrift "Zahntechnik" 2/1976 der DDR werden folgende Schwundquoten für die Abrechnung bei der Edelmetallverarbeitung vorgeschrieben. Es ist nicht bekannt auf welcher Grundlage diese Schwundwerte ermittelt wurden.

Direkte Inlays	bis 5%
indirekte Inlays	bis 15%
Bandhülsenkronen und Brücken mit Plast verarbeitet	bis 15%
dito mit Keramik verarbeitet	bis 20%
Gußkronen, Facetten- kronen, Teleskopkronen	bis 20%
Facettenkronen mit Keramikverblendung	bis 25%
gegossene Klammern, Schienen und Platten sowie alle im Modellguß gefertigte Arbeiten	bis 30%

Ermittlung des Schwundes im Labor

Als Grundlage zur Ermittlung der Schwundwerte wurde ein Schema aufgestellt, daß es dem Labor bzw. dem Techniker erlaubte die verschiedenen Gewichte einzutragen.

1. Das Gewicht der Eingabe, getrennt nach Gußwürfel, neuem Material und Gußkegeln, oder ähnlichem bereits gebrauchten alten Material.
2. Das Gewicht nach dem Ausbetten und Abstrahlen der Einbettmasse.
3. Das Gewicht der Arbeit nach dem Abtrennen der Gußkanäle, sowie das Gewicht der Gußkanäle mit Kegel.
4. Das Gewicht der Arbeit nach dem Ausarbeiten vor dem Keramikbrand.
5. Das Gewicht nach Politur.

metallfräsen oder auch Schleifsteinen. Der Grobbearbeitung folgt im allgemeinen noch eine Endbearbeitung in Form einer Politur. Auch hier tritt noch ein Substanzverlust auf.

Es muß also bei folgenden Arbeitsschritten mit einem Verlust bzw. Schwund des Materiales gerechnet werden.

1. Beim Gießen des Materials
2. Beim Abtrennen der Gußkanäle
3. Beim Bearbeiten des Werkstückes
4. Bei der Politur

Ein Verlust oder ein Schwund des Materials tritt dann noch hinzu, wenn der Zahnarzt bei der Anprobe oder auch nach der Fertigstellung einschleift. Durch eine Summation besonders unglücklicher Umstände, oder aber auch durch Fehler bei der Herstellung und beim Guß, können Fehlgüsse auftreten. Dabei können neben dem üblichen Verlust beim Gießen noch zusätzliche Materialverluste eintreten. Es kann dabei z.B. Material in den Raum versprüht werden, oder in Risse in der Einbettmasse eindringen.

Bisherige Untersuchungen und Angaben

Aus der Literatur sind nur wenige Untersuchungen zur Bestimmung des Schwundes bzw. des Metallverlustes bekannt. Eine Untersuchung befaßt sich mit dem Schwund bei der Herstellung von Inlays (Gold-einlagefüllungen) und bringt genaue Angaben über den Verlust während der einzelnen Arbeitsgänge. Es ist eine Abhängigkeit von der Person des Technikers bei der Modellation zu erkennen.

Die Werte für den Versuch von ZMT H.W. Behnke sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Tab.1 Verlust in % bei der Herstellung von Inlays
in einer Berufsschule (nach BEHNKE)

Anzahl	n = 30
Mittelwert	\bar{X} = 6,02
Standardabw.	S = 2,85
	min = 2,9
	max = 12,4

Es wurden noch um folgende weitere Angaben gebeten:

War das Gerüst vorgesehen für:

1. Vollkeramik
2. Teilkkeramik
3. Vollguß
4. Kunststoffeinpressung
5. Langstiftzahn

Es wurden weiter noch nach der Anzahl der gegossenen Stege bzw. ihrer Länge in Zahneinheiten und nach Fräsungen pro Zahneinheit gefragt. In einem Schema sollte außerdem noch Anzahl und Art der Kronen- und Brückenglieder aufgezeichnet werden.

Auswertung

Es gelangten umfangreiche Angaben von 3 Labors und zusätzlich noch einige Angaben von geringerem Umfang zur Auswertung. Dabei wurden die verschiedensten Arbeiten mit einer Gesamtzahl von 1524 Gliedern berücksichtigt. Nicht bei allen Arbeiten konnte der Schwund bis zur Politur berechnet werden. Bei metallkeramischen Verblendungen wurde der Schwund bis zum Aufbrennen ermittelt.

Insgesamt ergaben sich folgende mittlere Gesamtschwundwerte:

Tab. 2

	n	\bar{x}	S
1. Schwund nach dem Gießen und Abstrahlen	130	1,19	8,745
2. Schwund nach dem Abtrennen der Gußkanäle	200	4,32	7,293
3. Schwund nach dem Ausarbeiten (vor dem Brand)	235	20,78	8,623
4. Schwund nach Politur	100	20,21	6,113

Die Tatsache, daß der Schwund "nach Politur" niedriger liegt als "nach dem Ausarbeiten" ist darauf zurückzuführen, daß metallke-

ramische- und Kunststoffverblend-Arbeiten erst nach der Verblendung poliert werden und dieser Verlust nicht ermittelt wurde. Es deutet aber auch darauf hin, daß bei diesen Arbeiten größere Verluste zu erwarten sind. Die Schwundwerte sind von Labor zu Labor verschieden. In der Tabelle sind die Werte für 3 Labors sowie für verschiedene Schwundgruppen eingetragen.

Im Labor 1 wurden nur metallkeramische Arbeiten ausgewertet, deshalb ist nur bis Schwundgruppe 3 ausgewogen worden.

Tab. 3

		Labor		
		1	2	3
Schwund	n		74	56
	\bar{X}	—	1,65	0,58
	S		11,598	0,38
<hr/>				
1	n	98	44	58
	\bar{X}	3,12	4,61	6,12
	S	9,372	5,272	13,072
<hr/>				
2	n	98	79	58
	\bar{X}	23,88	17,13	20,54
	S	9,030	8,663	5,357
<hr/>				
3	n		39	58
	\bar{X}	—	18,88	21,11
	S		6,743	5,531
<hr/>				
4	n			
	\bar{X}			
	S			

Die Unterschiede in den Werten des Schwundes (nach Abtrennen der Gußkanäle) sind auf die unterschiedliche Anzahl von Gußkanälen und auf unterschiedliche Stärken der Trennscheiben zurückzuführen. In den Labors wurden verschiedene Legierungen verarbeitet. Nur Degulor M war in 2 Labors zu finden.

Eine Zusammenstellung des Schwundes für die einzelnen verwendeten Legierungen ergab folgendes Bild:

Tab.4	Legierungen	Endschwund in %		
		n	\bar{X}	S
	Degudent U (Aufbrennleg.)	7	25,15	7,029
	Degudent H (Aufbrennleg.)	35	19,14	10,267
	Degudent G (Aufbrennleg.)	24	18,81	5,024
	EVO rex 2 (Spargold Aufbrennleg.)	72	25,52	9,446
	Degulor M (Kronen u. Brücken)	73	19,82	6,329
	Degulor S (Kronen u. Brücken)	3	18,12	1,908

Nachfragen bei den Labors bzw. Technikern und weitere Aufschlüsselungen der Antwortbögen ergaben:

1. Bei der Spargold-Aufbrennlegierung EVO rex 2 wurde grundsätzlich etwas stärker modelliert. Die Legierung wurde erst seit kurzem verarbeitet und man befürchtete geringere Fließfähigkeit.
2. Auch bei der Legierung Degudent U wurde von einem anderen Labor angegeben, daß immer etwa 0,5 mm stark modelliert, aber auf 0,2-0,3 mm heruntergeschliffen wird. Hier zeigte sich ein besonders hoher Schwund.
3. Degulor M wurde sehr viel bei Fräsarbeiten eingesetzt. Der Endschwund betrug bei ausgesprochenen Fräsarbeiten (gefräste Teleskopkronen) bei 14 Arbeiten im Labor 3 26,89%, und einer Standardabweichung von 4,837. Im Gegensatz dazu war der Verlust ohne Fräsarbeiten bei 44 Arbeiten 19,24%, Standardabweichung 4,380. Dieser Unterschied wurde in der Varianzanalyse geprüft. Es ergab sich ein hochsignifikanter Unterschied (siehe Tab.). Im Labor 2 waren nur Teilfräsungen an verschiedenen Arbeiten angegeben worden. Auch hier überstieg im Mittelwert der Schwund bei diesen Arbeiten den Schwund der allgemeinen Arbeiten. Mit Fräsarbeiten wurden bei n=15, 18,87%, S 7,697 ohne Fräsarbeiten bei n=64, 16,72%, S 8,881 in der Gruppe 3 (Schwund nach dem Ausarbeiten vor dem Brand) errechnet. In der Varianzanalyse ergibt sich kein signifikanter Unterschied. Der Vergleich der Mittelwerte ähnlicher Arbeiten ohne Fräsungen zwischen Labor 2 und 3 bei Degudent M läßt darauf schließen, daß die Höhe des Schwun-

des von der Modellieretechnik beeinflusst wird. Auf diesen Einfluß weist auch der Unterschied in den Schwundwerten bei der hochgoldhaltigen Legierung Degudent G im Labor 1 hin. Bei Teilkeramischen Arbeiten wurde bei der Modellation der Kauflächen wesentlich genauer gearbeitet als bei den Gerüsten für eine Vollverblendung. Deswegen liegt der Schwund bei Teilkeraamik mit 16,29% wesentlich niedriger als bei der Vollverblendung mit 22,45%. Bei allen Verblendarbeiten muß noch ein Schwund bei einer Politur nach der Verblendung hinzugerechnet werden, der bei den verschiedenen Laboratorien nicht erfaßt werden konnte. Bei allen Laboratorien traten Fehlgüsse auf. Sie lagen zwischen 0,5 und 2,0% der ausgewerteten Arbeiten bzw. Gliedern.

Zusammenfassung

Der Schwund bei der Herstellung von Kronen und Brückenarbeiten tritt im zahntechnischen Labor während 4 Arbeitsgängen auf:

1. Beim Gießen
2. Beim Abtrennen der Gußkanäle
3. Beim Ausarbeiten
4. Bei der Politur

Der hauptsächliche Schwundanteil liegt in den Gruppen 2 und 3. Hier ist die Menge des Verlustes von der Art der Arbeit abhängig. So steigt der Verlust von Vollgußkronen über Metallkeramik bis zu Fräsarbeiten. Es zeigt sich, daß durch gute Vormodellation der Verlust verringert werden kann. In der Tabelle 5 sind als Ergebniss der Auswertung die zu erwartenden Gesamtschwundwerte für die verschiedenen Arbeiten eingetragen. Hierbei konnte der Verlust, der durch Korrektur des Zahnarztes an der fertigen Arbeit erfolgt, nicht berücksichtigt werden.

Tab.5

Mittlerer Gesamtschwund bei der Herstellung von Kronen
und Brücken aus Edelmetall unter Berücksichtigung eines
Verlustes bei Fehlgüssen

22%

Aufteilung des Schwundes nach Art der Arbeit

Vollguß und Kunststoffverblendarbeiten	18%
Metallkeramische Arbeiten	23%
Fräsarbeiten	28%

Schrifttum

- BEHNKE, H.W. Goldverluste bei der Herstellung eines
MOD-Inlays
Quintessenz Zahntechnik Heft 3, Ref. 136 (1976)
- MECKLINGER Anweisung über die Verwaltung und Verarbeitung
von Edelmetallen in der stomatologischen Be-
treuung vom 18. Juni 1975
Zahntechnik 17, 57 (1976)

Anlage 1

Rückgewinnung

1949, und mit einer Neuauflage 1959, kam ein Degussa-Brief heraus mit der Überschrift: "Wie vermeidet man Verluste bei der Verarbeitung von Edelmetallen". Ein Satz am Ende der Einleitung scheint beachtenswert. "Für jedes gut geleitete Laboratorium war es schon immer eine Selbstverständlichkeit, die Edelmetallabgänge soweit wie möglich zu erfassen und so die auftretenden Verluste auf ein Minimum zu beschränken". Es werden Methoden und Hilfsmittel angegeben um den Schwund aufzufangen.

Der hauptsächliche Verlust tritt beim Abtrennen und Ausarbeiten auf. Hierbei kommt es zu einer zerspannenden Verformung. Die herumfliegenden Späne sind zum Teil aufzufangen. Sie sind mit Resten der Schleifkörper vermischt. In einem Labor wurden diese Späne oder der Metallstaub in einer Schublade am Arbeitstisch aufgefangen. Bei verschiedenen Schleifarbeiten wurde noch eine spezielle Schale benützt. Ein Plexiglasbehälter in der Form eines Muff's, an dem zu beiden Seiten die Hände hereingesteckt wurden und an dessen Oberteil eine Lupe angebracht war, war nicht sehr beliebt.

Mit diesen Hilfsmittel konnten etwa 60%-70% des Verlustes beim Abtrennen und Bearbeiten an Schleifstaub wieder aufgefangen werden. Beim Scheiden von Metallstaub gleicher Art, konnten etwa 80% des Gewichtes des Staubes an Edelmetallen wiedergewonnen werden.

Durch Sammeln des gesamten Kehrichts eines Labors, einschließlich des Polierabfalls läßt sich sicher noch etwas mehr an Edelmetallen wiedergewinnen. Der dafür notwendige hohe Arbeitsaufwand, einschließlich der Scheidekosten lassen für das Labor keinen wirtschaftlichen Gewinn erwarten.

Anlage 2

Gewichte von Brückengliedern

Die umfangreichen Unterlagen lassen noch weitere Auswertungen zu, die nicht zum eigentlichen Thema gehören, aber von allgemeiner Bedeutung sind. So kann neben dem Schwund auch noch das Gewicht pro Glied errechnet werden. Das Gewicht und die Dichte der Legierung bestimmen das Volumen. Die Dichten, der in den verschiedenen Labors verarbeiteten Legierungen, sind in Tabelle 1 angegeben.

	g/cm ³	<u>Tab.1</u>
Degudent G	18,4	Dichte verschiedener Legierungen
Degudent H	18,1	
Degudent U	18,0	
Degulor S	16,4	
Degulor M	15,7	
EVO rex 2	13,8	

Die Mittelwerte des Gewichtes pro Glied für die einzelnen Legierungen ist in Tabelle 2 eingetragen. In der letzten Spalte ist das Volumen durch Teilen des Gewichtes durch die Dichte errechnet worden.

	n	\bar{x} in g	S	Volumen	<u>Tab.2</u>	
Degudent G	24	3,48	0,770	0,208	mittlere Kronengewichte	
Degudent H	16	2,78	0,550	0,154		
Degudent U	7	2,40	1,300	0,133		
Degulor S	3	3,21	1,165	0,196		
Degulor M	2	26	2,35	0,747		0,149
	3	47	2,17	0,836		0,138
EVO rex 2	74	2,03	0,574	0,147		

Berechnen wir die Materialkosten für ein Glied nach dem mittlerem Gewicht so ergibt sich nach dem Stand vom 25.7.1980:

Degudent G $3,48g = 145,12$ DM
 EVO rex $2,2,03g = 62,24$ DM

Nimmt man ein mittleres Volumen eines Gliedes von $0,15 \text{ cm}^3$ an, so errechnet sich bei einer Dichte der edelmetallfreien Legierung von $8,0$ ein Gewicht von $1,2 \text{ g}$. Das ergibt für ein mittleres Glied Materialkosten von $2,45 \text{ DM}$.

Eine Gegenüberstellung der Kosten eines mittleren Gliedes für die 3 Legierungen ist in Tabelle 3 wiedergegeben.

Tab.3

Materialien für ein Glied mittleren Volumens

Degudent G	=	115,10	hochgoldhaltig
EVO rex 2	=	63,76	edelmetallarm (Spargold)
Wiron 77	=	2,45	edelmetallfrei