

A. Schwandt<sup>1</sup>, F.-J. Faber<sup>1</sup>, Th. Kerschbaum<sup>1</sup>, S. Schmiedel<sup>2</sup>

# Deckkraft eines Testopakers im Vergleich zu vier konventionellen Opakern



A. Schwandt

Im Rahmen dieser Untersuchung sollte der Einfluss der Opakerdicke auf die Farbe metallkeramischer Restaurationen überprüft werden. Dazu wurden 50 Plättchen (40 x 10 x 1 mm) aus der NEM-Legierung StarLoy C gegossen. Nach Planschleifen und Korundstrahlen der Oberfläche erfolgte ein stufenloser Opakerauftrag von 0,0 mm bis 0,3 mm Schichtdicke mit Hilfe einer speziellen Vorrichtung. Die Prüfkörper wurden nach Herstellerangaben gebrannt. Geprüft wurden ein pulverförmiger Testopaker (TO) im Farbbereich A3 und die vier Pastenopaker Duceram Kiss (DK), Vita VMK 95 (V95), Hera-Ceram (HC) und IPS InLine (IL) der Farbe A3. Die Farbanalyse erfolgte mittels Spektralphotometers je dreimal in sechs Messfeldern mit unterschiedlicher Opakerdicke ( $d_o$ ). Die Zusammenhänge zwischen den Farbmesswerten  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  und der inversen Keramikdicke  $1/d_o$  wurden per Regressionsanalyse gemittelt und anhand dessen der Farbabstand in Bezug zur Farbe bei  $d_o = 0,3$  mm berechnet. Für die Opaker ergaben sich 0,07 mm (TO), 0,12 mm (DK), 0,10 mm (V95), 0,10 mm (HC) und 0,10 mm (IL) als minimal erforderliche Dicken unter der Voraussetzung  $\Delta E(d_o \text{ min}) = 1$ . Im Vergleich zu handelsüblichen Opakern wies der Testopaker eine erhöhte Deckkraft auf. In Bereichen mit reduziertem Platzangebot, sind deshalb ästhetisch anspruchsvollere Ergebnisse möglich.

*Schlüsselwörter: Metallkeramik, Opaker, Farbe, Schichtdicke, Deckkraft*

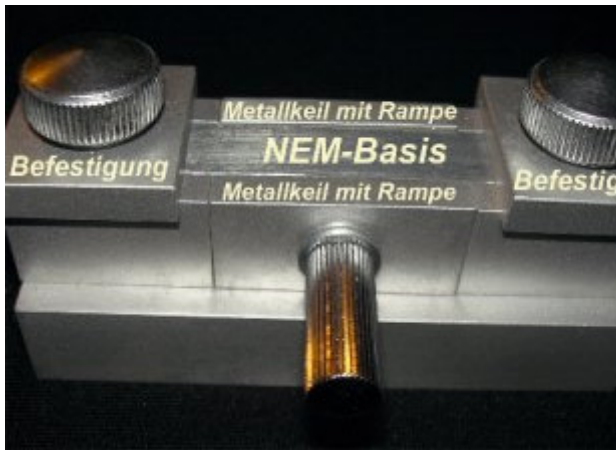
## Optimum thicknesses of one testing and four conventional opaque porcelains to cover non precious alloys

The aim of this study was to investigate the covering power of opaque porcelains applied onto a metal base dependant on the porcelain thickness ( $d_o$ ). Onto ten metal plates sized 40 x 10 x 1 mm each, cast from the non-precious alloy StarLoy C, one testing powder opaque (TO), and four conventional paste opaques Duceram Kiss (DK), Vita VMK 95 (V95), Hera-Ceram (HC) and IPS InLine (IL) all shaded A3 were fired regarding the manufacturers instructions, respectively. A special device enabled the investigator to increase  $d_o$  from 0.0 mm up to 0.3 mm continually. After firing the individual samples were divided into six equal sections. The colour ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) as well as  $d_o$  were measured three times within the sections each. The correlations between  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  and the inverse thickness  $1/d_o$  were calculated by linear regression. Thus, the distance  $\Delta E$  between the colours at  $d_o = 0.3$  mm and  $d_o < 0.3$  mm could be determined. Results show, that  $\Delta E$  remained less than one for porcelain thicknesses above 0.07 mm (TO), 0.10 mm (HC, IL, V95) and 0.12 mm (DK). Compared to the conventional materials the opaque thickness could be reduced about 30 % using the testing material. In consequence, within areas with reduced space for ceramic veneering the aesthetic result could be increased.

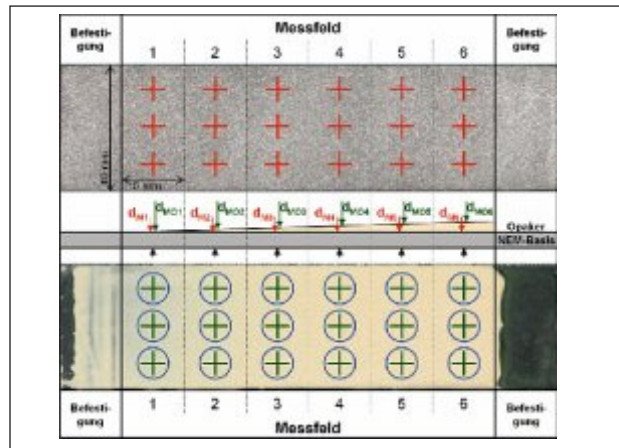
*Keywords: metal ceramic, veneering porcelain, opaque thickness, colour, opacity*

<sup>1</sup> Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, Vorklinische Zahnheilkunde, Klinikum der Universität zu Köln

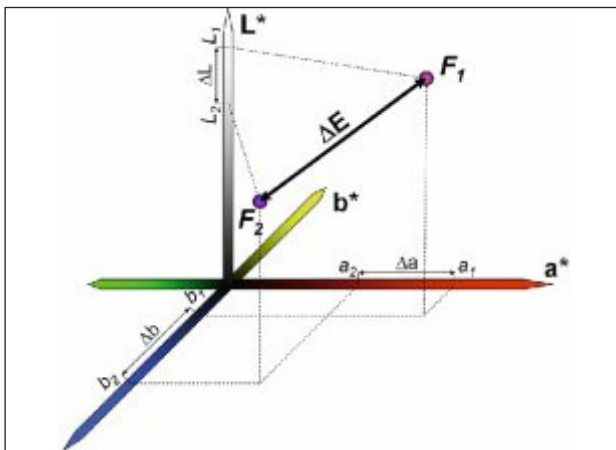
<sup>2</sup> Köln (Weiden)



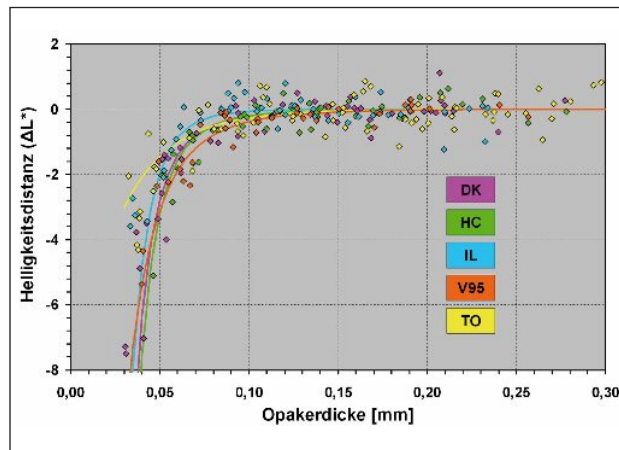
**Abbildung 1** Vorrichtung zum definierten Opakerauftrag.  
(Abb. 1-7 und Tab. 1-2: A. Schwandt)



**Abbildung 2** Prüfkörpervermessung :  
rote Kreuze: Messpunkte der Metalldicke  
grüne Kreuze: Messpunkte der Prüfkörperdicke nach Opakerauftrag  
blaue Kreise: Messfelder der farbmetrischen Analyse.



**Abbildung 3** Darstellung des Farbabstandes ( $\Delta E$ ) zwischen zwei Farben ( $F_1$  und  $F_2$ ) im  $L^*a^*b^*$ -Farbraum.  
 $\Delta L^*$ : Helligkeitsdistanz  
 $\Delta a^*$ : Rot-Grün-Distanz  
 $\Delta b^*$ : Blau-Gelb-Distanz



**Abbildung 4** Grafische Darstellung der Farbhelligkeitsdistanz ( $\Delta L^*$ ) in Bezug zur Opakerdicke.

## 1 Einleitung

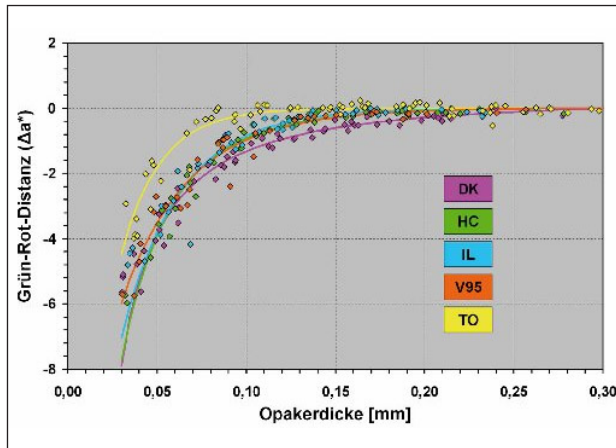
Obwohl heutzutage vollkeramische Restaurationen an Einfluss gewinnen, lassen sich gewisse prothetische Versorgungen nur mit Metallkeramik beherrschen. Gerade auch im Hinblick auf eine kostengünstige Versorgung kommen metallkeramische Kronen und Brücken aus Nichtedelmetalllegierungen gegenwärtig häufig zum Einsatz. Um auch mit dieser Form der prothetischen Versorgung ästhetisch anspruchsvolle Ergebnisse zu erzielen, ist eine weitgehend vollständige Abdeckung des metallischen Gerüsts notwendig. Besonders in Bereichen mit redu-

ziertem Platzangebot, wie zum Beispiel am Kronenrand, ist dies problematisch.

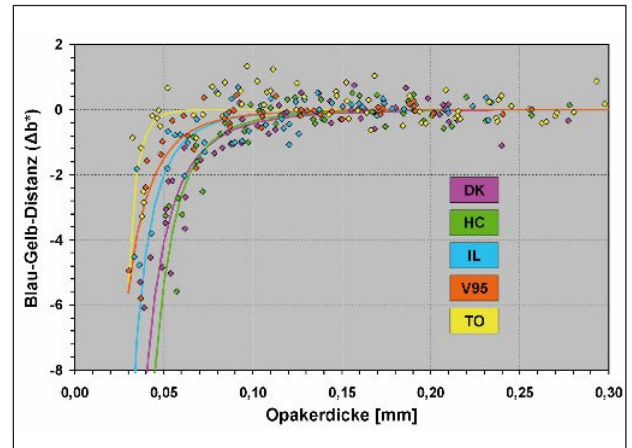
In Untersuchungen zur Abdeckung der Metallbasis mittels Pinseltechnik, ermittelten verschiedene Autoren notwendige Opakerschichtdicken von 0,14 mm bis 0,4 mm [1, 2, 5, 7, 8, 10, 11]. Einige von ihnen sahen die Problematik dicker Opakerschichten in ungleichmäßigem Pinselauftrag. Aus diesem Grund gab es Versuche, eine gleichmäßigere und dünnere Opakerschicht mittels Airbrush [1, 3] und elektrophoretischem Auftrag [5, 12] zu erzielen. Die Ergebnisse dieser Methoden waren erfolgsversprechend. Allerdings haben sich diese Verfahren in

der Praxis nicht durchgesetzt. Alternativ zur Verwendung anderer Techniken könnte durch Verbesserung der Deckkraft des Opakers selbst eine Reduzierung der notwendigen Schichtdicke erreicht werden. Die meisten Studien untersuchten die Opakerschichtdicke stufenförmig (0,1 mm-Schritte) [2, 7, 8, 10]. Dadurch ließen sich Unterschiede in der Deckkraft verschiedener Opaker oder Applikationstechniken nur schwer darstellen. Eine Übersicht über die Ergebnisse derzeit vorliegender Studien ist in Tabelle 1 zusammengestellt.

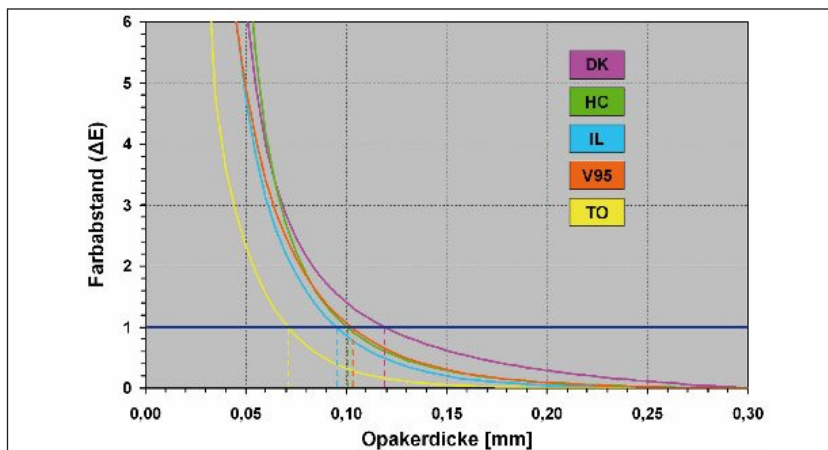
Ziel dieser Studie war die Ermittlung der Mindestschichtdicke ver-



**Abbildung 5** Grafische Darstellung der Rot-Grün-Farbsättigungsdistanz ( $\Delta a^*$ ) in Bezug zur Opakerdicke.



**Abbildung 6** Grafische Darstellung der Blau-Gelb-Farbsättigungsdistanz ( $\Delta b^*$ ) in Bezug zur Opakerdicke.



**Abbildung 7** Grafische Darstellung des mittels Regressionsanalyse berechneten Farbabstandes ( $\Delta E$ ) in Bezug zur Opakerdicke.

schiedener Opaker durch eine stufenlose Analyse, ohne nachträgliche Bearbeitung der Keramikoberfläche. Neben vier konventionellen Pastenopakern wurde in dieser Untersuchung ein Testopaker der Firma Degudent in Pulverform geprüft.

## 2 Material und Methode

### 2.1 Prüfkörperherstellung

50 Plättchen in den Abmessungen 40 x 10 mm wurden aus 1 mm dicker Erkodent-Tiefziehfolie (Erkodent, Pfalzgrafenweiler) zugeschnitten und je fünf dieser Plättchen in eine handelsübliche Stahlmuffel der Größe 6 mit Bellavest T Einbettmasse (Bego,

Bremen) eingebettet. Das Umsetzen in eine NEM-Legierung (StarLoy C, Degudent, Hanau) erfolgte im Induktionsgussverfahren (Fornax 35K, Bego, Bremen) nach Ausbrennen bei 250 °C und 400 °C über je 1 h und Vorwärmen auf eine Endtemperatur von 950 °C nach 2 h im Laborofen Typ KM 3 (Mihm-Vogt, Karlsruhe).

Die so entstandenen Metallprüfkörper wurden auf der Schleif- und Poliermaschine Phoenix Beta (Buehler, Düsseldorf) mit Silizium-Carbid-Papier (Grit P60, Buehler) plan geschliffen und zur Oberflächenkontrolle in eine speziell hierfür entwickelte Vorrichtung zum definierten Auftragen einer Keramikschicht eingespannt (Abb. 1). Mittels eines Messtasters (Mahr, Esslingen) mit einer Ablesegenauigkeit von 0,01 mm wurde die Abweichung der

Plättchenhöhe zum Nullniveau der Auftragsvorrichtung gemessen. Die Oberflächenbearbeitung der Metallbasen wurde so lange wiederholt, bis ein Toleranzbereich von  $\pm 0,01$  mm Abweichung zum Nullniveau unterschritten war.

Die akzeptierten Plättchen wurden jeweils in acht 5 mm breite Bereiche unterteilt (Abb. 2), wobei die beiden äußeren Felder der Verankerung in der Auftragsvorrichtung dienten. Nach Korundstrahlen mit 110  $\mu$ m Korox Edelkorund (Bego, Bremen) im Rocatector (Espe, Seefeld) wurden jeweils zehn Plättchen mit einem pulverförmigen Testopaker „TO“ (DeguDent, Hanau, Farbbereich A3) und vier handelsüblichen Pastenopakern Duceram Kiss „DK“ (DeguDent, Hanau), Vita VMK 95 „V95“ (Vita, Bad Säckingen), HeraCeram „HC“ (Heraeus-Kulzer, Hanau), IPS InLine „IL“ (Ivoclar-Vivadent, Schaan, Liechtenstein) beschichtet. Der Opakerauftrag erfolgte in der oben erwähnten Vorrichtung stufenlos von 0,0 mm bis 0,3 mm in den mittleren Feldern 1 bis 6 (Abb. 2). Dazu wurde das Metallplättchen mittels Feststellschrauben in der Vorrichtung platziert und mit Opaker im Überschuss beschickt. Dieser wurde über die keilförmigen Rampen der Vorrichtung mit Hilfe einer Rasierklinge von dick nach dünn abgezogen, um ein Verwischen von Metalloxiden in die dickeren Opakerschichten zu verhindern. Der Opakerbrand erfolgte im Vacumat 250 (Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen) bei Brenntemperaturen nach Angabe der Keramikhersteller. Um etwaige Schrumpfungen im Brennvorgang zu auszugleichen,

Autor	Jahr	Basis	Opaker	Oberflächenbearbeitung	Auftrag	Opakerdicken (mm)				
						0,0	0,1	0,2	0,3	0,4
Lund*	1991	NEM	Paste	nein	Pinsel					
Ohoven	2002	NEM	Pulver	nein	Pinsel					
Terada	1989	NEM	Pulver	ja	Pinsel **					
Konzmann	1986	NEM	Pulver	ja	Pinsel					
Konzmann	1986	NEM	Pulver	ja	Elektroph.					
Crispin*	1991	NEM	Pulver	nein	Airbrush					
Weber*	1979	NEM	Pulver	ja	Elektroph.					
Schwandt	2007	NEM	Pulver	nein	Pinsel					
Schwandt	2007	NEM	Paste	nein	Pinsel					
Barghi	1982	EM	Pulver	ja	Pinsel **					
Ohoven	2002	EM	Pulver	nein	Pinsel					
Terada	1989	EM	Pulver	ja	Pinsel **					
Weber*	1979	EM	Pulver	ja	Elektroph.					
Crispin*	1991	EM	Pulver	nein	Airbrush					
Aranda*	1988	EM	Pulver	nein	Pinsel					
Aranda*	1988	EM	Pulver	nein	Airbrush					

\* Es wurde keine Mindestschichtstärke für den Opaker ermittelt. Die in diesen Studien eingesetzten Opakerdicken wurden als deckend erachtet.

\*\* Es wurde keine Angabe zur Auftragstechnik gemacht. Pinselauftrag wurde, weil üblich, angenommen.

**Tabelle 1** Ergebnisse bisheriger Studien im Vergleich.

wurde der Keramikauftrag einmal wiederholt.

**2.2 Prüfkörpermessung**

Vor dem Aufbrennen des Opakers wurde die Dicke des Metalls ( $d_M$ ) in den mittleren sechs Feldern an je drei verschiedenen Stellen (rote Kreuze in Abb. 2) mit einer digitalen Bügelmessschraube (Mitutoyo Deutschland, Neuß, Messtoleranz:  $\pm 2 \mu m$ ) vermessen und anschließend die Mittelwerte je Feld  $d_{M1}$  bis  $d_{M6}$  dokumentiert. Nach Aufbrennen der Keramik wurde die Dicke von Metall plus Opaker  $d_{MO}$  wieder in den sechs Feldern an je drei verschiedenen Stellen (grüne Kreuze in Abb. 2) vermessen. Durch Subtraktion der Metaldicken  $d_{M1}$  bis  $d_{M6}$  von den Mittelwerten der Prüfkörperdicke  $d_{MO1}$  bis  $d_{MO6}$  ergaben sich die mittleren Dicken der Opakerschicht  $d_{O1}$  bis  $d_{O6}$  innerhalb der jeweiligen Messfelder.

Außerdem wurden die Prüfkörper mittels Spektralphotometer SP 64 (X-

Rite, Grandville, USA) dreimal innerhalb eines Messfeldes farbmessrisch analysiert (blaue Kreise in Abb. 2). Die Positionierung des Farbmessgerätes erfolgte über eine visuelle Kontrolle. Hierzu wurde das Fadenkreuz des Spektralphotometers mit einer Markierung auf der Prüfkörperrückseite zur Deckung gebracht. Es wurden die Farbhelligkeit (L-Wert), die Rot-Grün-Färbung (a-Wert) und die Blau-Gelb-Färbung (b-Wert) gemessen (Abb. 3).

**2.3 Statistik**

Zur Beschreibung des Zusammenhangs von  $L^*$ ,  $a^*$  bzw.  $b^*$  und der Opakerdicke wurde  $d_O$  nach  $1/(d_O+d_0)^x$  transformiert.

(mit  $F = L^*$ ,  $a^*$  oder  $b^*$ ) (1)

Die Konstanten  $d_0$  und  $x$  wurden solan-

ge modifiziert, bis das Bestimmtheitsmaß der linearen Regression ( $R^2$ ) ein Maximum erreichte. Die Konstanten  $m$  und  $n$  ergaben sich anhand der Regressionsberechnung. Die so erhaltenen Funktionen wurden genutzt, um die Farbunterschiede ( $\Delta E$ ) in Bezug zur Opakerdicke zu berechnen. Verschiedene Autoren [1-3, 7, 8, 10-12] gaben Opakerdicken von 0,2 mm bis 0,3 mm für eine vollständige Farbabdeckung der Metallbasis an. Aus diesem Grund wurden alle Farbabweichungen in Relation zur Farbe bei 0,3 mm Opakerdicke berechnet (2).\*

**3 Ergebnisse**

Die Abbildungen 4 bis 6 zeigen die Abweichungen der Farbwerte ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) von der Farbe bei 0,3 mm Opakerdicke.

$$* \Delta E(d_{O_i}) = \sqrt{(L(0,3) - L(d_{O_i}))^2 + (a(0,3) - a(d_{O_i}))^2 + (b(0,3) - b(d_{O_i}))^2} \quad (2)$$

Opaker	Mittlerer Abstand der Farbwerte von den Regressionskurven bei gleichem $d_o$ ( $> 0,1$ mm)				Minimale Opakerschichtstärke für Farbabweichung $\Delta E = 1$
	$\Delta LI$	$\Delta aI$	$\Delta bI$	$\Delta E$	
DK	0,25 ± 0,25	0,11 ± 0,09	0,30 ± 0,26	0,45 ± 0,31	0,12
HC	0,28 ± 0,19	0,10 ± 0,09	0,30 ± 0,17	0,47 ± 0,17	0,10
IL	0,27 ± 0,30	0,10 ± 0,08	0,27 ± 0,21	0,46 ± 0,30	0,10
V95	0,17 ± 0,12	0,14 ± 0,13	0,16 ± 0,15	0,32 ± 0,15	0,10
TO	0,36 ± 0,26	0,12 ± 0,11	0,32 ± 0,24	0,56 ± 0,27	0,07

**Tabelle 2** Übersicht der Abstände der einzelnen Farbwerte und des gesamten Farbabstandes zu den Regressionskurven, sowie die ermittelte Mindest-Opakerschichtdicke zur Unterschreitung des Farbabstandes 1.

Die Punkte stellen die Messwerte, die Kurve die nach (1) berechneten Regressionsfunktionen dar. Der Korrelationskoeffizient zwischen den Messwerten und Regressionskurven betrug im Mittel  $r = 0,79 \pm 0,17$ . Die gemessenen Farben streuten für  $d_o > 0,1$  mm im Mittel um bis zu  $\Delta E = 0,32$  bis  $0,56$  (Tab. 2). Bei der Farbhelligkeit nähert sich der IPS-Inline-Pastenopaker am schnellsten dem Grenzwert (Abb. 4). Für die a- und b-Werte (Farbsättigung) zeigte sich, dass der Testopaker schneller den Endwert erreichte als die konventionellen Pastenopaker (Abb. 5 und 6).

Abbildung 7 zeigt den Gesamtfarbabstand  $\Delta E$  in Abhängigkeit von der Opakerdicke. Die dargestellten Kurven ergaben sich auf Basis der Regressionskurven aus Abbildungen 4 bis 6. Der Testopaker erreichte bereits bei einer Schichtdicke von  $0,07$  mm eine Abdeckung von  $\Delta E < 1$  (Tab. 2). Die Dicke der konventionellen Pastenopaker lag rund 50 % höher ( $0,10$  mm bis  $0,12$  mm). Zusätzlich sind in Tabelle 2 die mittleren Abweichungen der einzelnen Farbwerte von der Regressionskurve dargestellt.

#### 4 Diskussion

In dieser Untersuchung sollte die Deckkraft verschiedener Opaker auf einer NEM-Legierung geprüft werden.

Im Rahmen einer kostengünstigen Versorgung mit feststehendem Zahnersatz kommen heute häufig NEM-Legierungen zum Einsatz. Untersuchungen zeigten jedoch, dass diese aufgrund des starken Farbeinflusses ihrer Oxidschicht im Vergleich zu Edelmetalllegierungen schwieriger durch Opaker abzudecken sind [4, 6, 8, 11]. Deshalb wurde auf die Untersuchung von Edelmetall-Legierungen verzichtet.

Die Studie wurde auf den Farbbereich A3 beschränkt, da dieser in der Praxis der am häufigsten ausgewählte Farbbereich für metallkeramischen Restaurationen ist [9]. Abweichungen, die für eine vollständige Abdeckung notwendigen Schichtdicke bei anderen Farben, lassen sich nicht voraussagen.

Weiterhin muss der Vergleich des pulverförmigen Testopakers mit konventionellen Opakern in Pastenform diskutiert werden. Da Opaker standardisiert in Pastenform in der Praxis verwendet werden und einige Keramikhersteller keinen Pulveropaker mehr anbieten, wurden für die handelsüblichen Produkte Pastenopaker getestet. Der Testopaker lag zur Zeit der Untersuchung nur in Pulverform vor. Zurzeit sind keine Unterschiede in der Deckkraft bezüglich der Form des Opakers dokumentiert. Es kann daher vermutet werden, dass der Testopaker in Form einer Paste einen noch dünneren Opakerauftrag für eine

ausreichende Farbabdeckung gestatten würde.

Zur Überprüfung der Deckkraft des Opakers wurde das Keramikmaterial keilförmig in einer Dicke von  $0$  mm bis  $0,3$  mm auf die Metallbasen appliziert. Terada et al. [11] forderte eine Opakerschichtstärke von mindestens  $0,3$  mm für NEM-Legierungen. Die Untersuchungen von Barghi et al. [2] an Gold-Legierungen wiesen eine Schichtstärke von weniger als  $0,3$  mm als ausreichend deckend aus. Aufgrund dieser Studien legten wir die Grenze für unseren Opakerauftrag bei  $0,3$  mm fest. Aus der Beschichtungslänge von  $30$  mm ergab sich ein Zuwachs der Opakerdicke innerhalb der  $5$  mm breiten Messfelder von ca.  $50$   $\mu$ m. Zwischen den drei Messpunkten eines Messfeldes wurden im Mittel Abweichungen der Opakerdicke von  $\pm 12$   $\mu$ m gemessen. Diese Toleranzen können als Ursache der Farbabweichungen zwischen Messwert und Regressionskurve in Tabelle 2 angesehen werden. Die in dieser Studie angegebenen Farbwerte und Berechnungen bezogen sich auf die gemittelten Dickenmessungen innerhalb der Messfelder. Aus Abbildung 7 wird ersichtlich, dass zu dünne Opakerschichten den Farbwert stärker verfälschen als zu dicke. Deshalb können die ermittelten Opakerdicken als eher zu hoch betrachtet werden.

In früheren Studien [2, 5, 10] wurde der Opaker im Überschuss auf die Legierungsbasis gebrannt und erst nachträglich auf die zu untersuchende Dicke reduziert. Dabei beschränkten sich die Autoren in der Regel auf eine Abstufung von 0,1 mm. Auch *Ohoven* [8] ermittelte durch Stufenanalyse, jedoch ohne Oberflächenbearbeitung eine Mindestopakerschichtstärke von 0,2 mm für NEM-Legierungen. Diese Studie sollte eine differenziertere Aussage über die Opakerdicke ermöglichen. Deshalb erfolgte der Opakerauftrag keilförmig und wurde sowohl vor dem Brand, als auch nach Ausgleich der Keramikschrumpfung durch wiederholten Opakerauftrag einer Dickenkontrolle unterzogen. Die nachträgliche Bearbeitung der Oberfläche kann Grund dafür sein, dass die konventionellen Pastenopaker in vorangegangenen Studien schlechtere Ergebnisse lieferten als in dieser Untersuchung. So wurde eine Schichtdicke von etwa 0,1 mm für die konventionellen Pastenopaker als ausreichend deckend ermittelt, während in Studien mittels Reduktionsverfahren von *Barghi* et al. [2] und *Lund* et al. [7] 0,2 mm bis 0,3 mm Opakerschicht dazu notwendig war (Tab. 1).

Unsere Untersuchungen zeigten, dass der Testopaker eine vollständige

Abdeckung (unter der Bedingung  $\Delta E < 1$ ) bei bereits 0,07 mm Opakerdicke gewährleistet. Die Untersuchung der Standardopaker erbrachte mit ca. 0,1 mm abweichende Resultate. Somit hat der Testopaker eine höhere Deckkraft als die konventionellen Pastenopaker.

Der Opakerauftrag erfolgte konventionell mit einem Pinsel, auch wenn in Untersuchungen [1, 3, 5, 12] mittels Airbrush oder Elektrophorese sehr dünne und gleichmäßige Opakerschichten erzielt werden konnten. Im Laboralltag bedürfen diese Techniken jedoch eines erhöhten Zeitaufwands und kommen daher selten zum Einsatz; sie haben sich nicht durchgesetzt.

Berücksichtigt man die intraindividuelle Streuung ( $\Delta E < 2$ ), so ist eine Farbabdeckung beim Testopaker bereits mit einer Schichtdicke von 0,05 mm möglich, die konventionellen Pastenopaker benötigen hierzu nur 0,07 mm bis 0,08 mm Schichtstärke. Dieses Verhältnis ist vergleichbar mit der Situation bei  $\Delta E < 1$ . Wie bereits erwähnt, könnte sich dieser Effekt in Pastenform noch verstärken. Inwiefern sich das Verhalten des Testopakers bei Goldlegierungen verändert und ob die Pastenform günstiger ist, bleibt Bestand weiterer Untersuchungen.

## 5 Schlussfolgerung

Die konventionellen Pastenopaker erreichten im Bereich von 0,1 mm eine akzeptable Deckkraft, die der Testopaker um 30 % unterschreiten konnte. Somit sind ästhetisch anspruchsvollere Ergebnisse in Bereichen mit reduziertem Platzangebot, z. B. am Kronenrand möglich. Außerdem ergibt sich eine Zeitersparnis für den Zahntechniker, da eine Schichtdicke von 0,05 mm bis 0,07 mm mit bereits einmaligem Opakerauftrag möglich ist. DZZ

### Korrespondenzadresse:

Dr. Alexandra Schwandt  
Klinikum der Universität zu Köln  
Zentrum für Zahn-, Mund- und  
Kieferheilkunde  
Vorklinische Zahnheilkunde  
Kerpener Straße 32  
50931 Köln (Lindenthal)  
Tel.: 02 21 / 4 78 – 59 62  
Fax: 02 21 / 4 78 – 59 64  
E-Mail: alex.schwandt@web.de

## Literatur

- Aranda R, Barghi N: An evaluation of four techniques for condensation of three opaque porcelains. *J Prosthet Dent* 60, 29–31 (1988)
- Barghi N, Lorenzana RE: Optimum thickness of opaque and body porcelain. *J Prosthet Dent* 48, 429–431 (1982)
- Crispin BJ, Seghi RR, Globe H: Effect of different metal ceramic alloys on the color of opaque and dentin porcelain. *J Prosthet Dent* 65, 351–356 (1991)
- Jacobs SH, Goodacre CJ, Moore BK, Dykema RW: Effect of porcelain thickness and type of metal-ceramic alloy on color. *J Prosthet Dent* 57, 138–145 (1987)
- Konzmann U: Experimentelle Untersuchungen und chemische Analysen zur elektrophoretisch aufgetragenen Opakerschicht. *Med Diss, Tübingen* (1986)
- Kourtis SG, Tripodakis AP, Doukoudakis AA: Spectrophotometric evaluation of the optical influence of different metal alloys and porcelains in the metal-ceramic complex. *J Prosthet Dent* 92, 477–485 (2004)
- Lund PS, Aquilino SA, Dixon DL: Evaluation of the color and appearance of a new textured opaque porcelain. *Int J Prosthodont* 4, 548–554 (1991)
- Ohoven P: Einfluss der Metallbasis auf die Farbe bei Gusslegierungen und Galvanogold. *Med Diss, Köln* (2002)
- Ross F: Untersuchung zur Reproduzierbarkeit der Zahnfarbestimmung mit einem neuen Zahnfarbringssystem. *Med Diss, Hannover* (2002)
- Terada Y, Maeyama S, Hirayasu R: The influence of different thicknesses of dentin porcelain on the color reflected from thin opaque porcelain fused to metal. *Int J Prosthodont* 2, 352–356 (1989)
- Terada Y, Sakai T, Hirayasu R: The masking ability on an opaque porcelain: A spectrophotometric study. *Int J Prosthodont* 2, 259–264 (1989)
- Weber H: Ein neues, elektrophoretisches Verfahren zur Beschichtung von Kronen und Brücken mit Opaker. *Dtsch Zahnärztl Z* 34, 421–426 (1979)