

C. Olms¹, Ch. Arnold², J.M. Setz³

Einflüsse von Umgebungsparametern auf die Reproduzierbarkeit intraoraler Farbmessungen mit dem Spektrophotometer Vita Easyshade



C. Olms

Effect of surrounding parameters on the reproducibility of intraoral color measurements

Die vorliegende experimentelle Studie untersuchte die Reproduzierbarkeit der L*a*b*-Daten und den Einfluss der Kalibrierung, des Hintergrundes und des Umgebungslichts während der Messungen mit dem Vita Easyshade. Die Messungen wurden an einem Keramik- und Kunststoffprobekörper unter Verwendung einer Positionierungsschiene bei wechselnden Hintergründen und Umgebungsbeleuchtungen getestet. Im ersten Versuchsaufbau wurden unter denselben Bedingungen zwei Untersuchungen einmal mit Kalibrierung nach fünf Messungen (n = 400) und einmal mit Kalibrierung nach 20 Messungen (n = 400) durchgeführt. Im zweiten Versuchsaufbau erfolgten 20 Messungen am Kunststoffprobekörper mit verschiedenen Hintergründen unter wechselnden Umgebungsbeleuchtungen.

Es gab keine statistisch signifikanten Unterschiede (t-Test, $p < 0,05$) und Korrelationen zwischen häufiger und seltener Kalibrierung. Die Standardabweichung war bei Kalibrierung nach fünf Messungen im Vergleich zur Kalibrierung nach 20 Messungen kleiner. Bei Wechsel der Hintergrundfarben gab es eine Veränderung der L*a*b*-Werte. Das Umgebungslicht hatte keinen wesentlichen Einfluss auf die L*a*b*-Werte. Die Ergebnisse dieser Untersuchung bestätigen, dass das Vita Easyshade für die wissenschaftliche Dokumentation der L*a*b*-Daten geeignet ist.

Schlüsselwörter: intraorales Spektrophotometer, Reproduzierbarkeit, Farbbestimmung, Lab-Farbparameter

Objectives of this in vitro study were to evaluate the reproducibility of the L*a*b* data and influences of calibration, background and surrounding lights with Vita Easyshade. Easyshade was tested on a ceramic and a resin denture tooth using customized positioning templates with different background color cardboards and surrounding lights. The first examination evaluated the accuracy and precision. Two measurements were carried out under the same conditions. One of them was with calibration after five measurements (n = 400) and the other one was with calibration after 20 measurements (n = 400).

The second examination tested the effect of different backgrounds and surrounding lights. 20 measurements (resin denture tooth) were taken with changing backgrounds and surrounding lights. There were no statistically (t-test, $p < 0.05$) significant differences between the mean L*a*b* values under different calibration sequences and no correlation between the calibration sequences. Standard deviations were smaller with calibration after five measurements compared to calibration after 20 measurements. Easyshade detected changes due to different background colors. Surrounding light did not influence the L*a*b* values. Easyshade can be used as an intraoral device for scientific documentation of L*a*b* values.

Keywords: intraoral spectrophotometer, reproducibility, color determination, Lab color data

¹ Department für Zahn-, Mund-, und Kieferheilkunde, Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Große Steinstr. 19, 06108 Halle/Saale

1 Einleitung

Farben können auf mehreren Wegen klassifiziert und spezifiziert werden [23]. Zwei der bekanntesten Systeme zur Farbbeschreibung sind das Munsell-System und das CIE-System (Commission Internationale d'Eclairage).

Das Munsell-Klassifikationssystem beschreibt die Farbe in einem dreidimensionalen Koordinatensystem mit den Parametern Farbton (hue), Helligkeit (value) und Farbsättigung (chroma) [22].

Das CIE-Farbsystem wird häufig in zahnärztlichen Studien verwendet. Die $L^*a^*b^*$ - oder $L^*C^*h^*$ -Werte beschreiben eine spezifische Lokalisation im dreidimensionalen Farbraum (Abb. 1). In diesem Farbraum können Farbunterschiede zwischen zwei Objekten berechnet werden [14].

Der CIE $L^*a^*b^*$ -Farbraum verfügt über eine vertikale Achse, die die relative Helligkeit oder Dunkelheit anzeigt. Die beiden Horizontalachsen spiegeln die Anteile an Rot/Grün und Gelb/Blau wieder. Im $L^*a^*b^*$ -Farbraum ist

- „L“ eine Maß für die Helligkeit eines Objektes,
- „a“ ein Maß für die Rotheit oder Grünheit und
- „b“ ein Maß für die Gelbheit oder Blauheit.

Die Abbildung 1 zeigt den $L^*a^*b^*$ -Farbraum. Entlang der vertikalen Achse zwischen Schwarz ($L = 0$) und Weiß ($L = 100$), befindet sich ein durchgängiger Bereich von grauen Farbtönen.

Das CIE $L^*C^*h^*$ -System ist eine zylindrische Koordinatendarstellung des $L^*a^*b^*$ -Farbraums.

- „L“ – Value ist die Helligkeit der Farbe,
- „C“ – Chroma ist die Sättigung oder Intensität einer Farbe und
- „h“ – Hue ist der Farbton.

Der Unterschied zwischen beiden Systemen besteht darin, dass der $L^*C^*h^*$ -Farbraum zylindrische Koordinaten verwendet, während der $L^*a^*b^*$ -Farbraum kartesische Koordinaten benutzt [25].

Elektronische Geräte zur Farbbestimmung wurden seit Beginn der 70er Jahre des letzten Jahrhunderts für verschiedene Zwecke in der Zahnmedizin genutzt [5]. Diese Geräte lassen sich in Spektrophotometer, Colorimeter und Digitalkameras einteilen. Sie wurden auf ihre Genauigkeit und Präzision für die Zahnfarbbestimmung getestet [4, 5, 7–10, 19, 23]. Sie unterscheiden sich in

der Messgeometrie, Handhabungsempfindlichkeit, Konfiguration, Robustheit, Konstruktion und im Preis [5, 24].

In zurückliegenden Studien kam das Spektrophotometer Castor (Nordmeditech, Flensburg, Deutschland) zur Evaluation und Spezifikation von Farben in zahnärztlichen Untersuchungen zum Einsatz [2, 8, 12, 18, 20].

Das digitale Spektrophotometer Vita Easyshade (Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Deutschland) hat sich als Referenzstandard zur manuellen Zahnfarbbestimmung in klinischen Studien etabliert [1, 13, 16, 27]. Immer häufiger wurden mit diesem Farbmessgerät die $L^*a^*b^*$ - bzw. $L^*C^*h^*$ -Werte und Farbdifferenzen in experimentellen Untersuchungen zahnärztlicher Materialien bestimmt [3, 6, 11, 15, 17, 26]. Bislang fanden jedoch keine Untersuchungen zum Vita Easyshade hinsichtlich der Zuverlässigkeit und Präzision für die wissenschaftliche Doku-

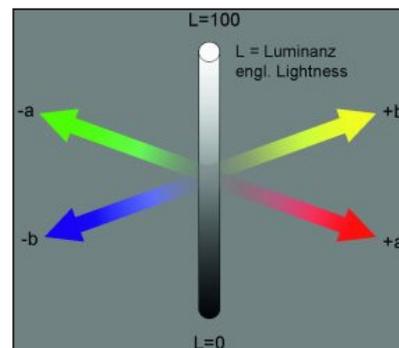


Abbildung 1 $L^*a^*b^*$ -Farbraum.
Figure 1 $L^*a^*b^*$ -color space.

mentation der $L^*a^*b^*/C^*h^*$ -Werte für Dentalmaterialien statt.

In der vorliegenden experimentellen Studie wurde die Reproduzierbarkeit der $L^*a^*b^*/C^*h^*$ -Werte an standardisierten Probekörpern mit dem Vita Easy-



Abbildung 2 Vita Easyshade Dental-Spektrophotometer.
Figure 2 Vita Easyshade Spectrophotometer.

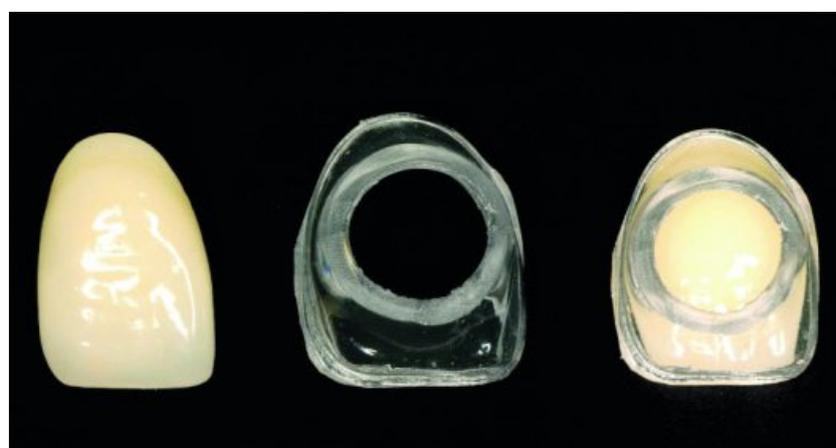


Abbildung 3 Keramikprobekörper mit individuell hergestellter Messschablone.
Figure 3 Ceramic sample with individual template.

shade evaluiert. Ebenfalls wurde der Einfluss der Kalibrierung, des Hintergrundes sowie des Umgebungslichts während der Messungen untersucht.

2 Material und Methode

Das Vita Easyshade Dental-Spektrophotometer (Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Deutschland) (Abb. 2) ist ein tragbares System zur intraoralen Farbnahme von Zähnen. Seit 2004 ist es auf dem Dentalmarkt erhältlich und besteht aus drei Hauptkomponenten: einer Lichtquelle, einer Vorrichtung, die das vom Objekt reflektierte Licht empfängt und einem Spektrometer. Das Spektrometer bestimmt die Intensität des empfangenen Lichts in Form einer Wellenlänge im Wellenlängenbereich von 400 nm – 700 nm. Unter Verwendung einer D 65-Lichtart (6500 K) und einem Betrachterwinkel von 2° werden die $L^*a^*b^*$ - und C^*h^* -Farbraumkoordinaten der Farbe errechnet.

Für die Herstellung zweier Probenkörper wurden je ein konfektionierter oberer mittlerer Schneidezahn einer Prothesenzahngarnitur aus Keramik (B2) und Kunststoff (A4) (Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Deutschland) verwendet. Der Kunststoffprothesenzahn wurde von palatinal auf Facettenstärke (2 mm) reduziert, um einen späteren Einfluss der Hintergrundfarbe zu beurteilen. Diese konfektionierten Prothesenzähne wiesen keine homogene Farbstruktur auf. Für die Gewährleistung, dass der Messkopf (Messfeld Ø 5 mm) des Vita Easyshade immer die gleiche Stelle des Probekörpers traf, wurde eine individuell gefertigte Messschablone, als Justierungshilfe, hergestellt. Mit Hilfe einer 2 mm dicken Kunststoffolie (Erkodent, Pfalzgrafenweiler, Deutschland) und einem Fertigteil, das dem Durchmesser des Messkopfes entsprach, wurden im Tiefziehverfahren die Schablonen jeweils für den Kunststoff- und Keramikprobekörper angefertigt (Abb. 3 und 4). Danach folgte die Ausarbeitung der Schablone. Weiterhin kamen für die verschiedenen Versuchsdurchführungen Farbkartons in schwarz, weiß, silber und gold zur Anwendung (Abb. 4).

Die Messungen der $L^*a^*b^*/C^*h^*$ -Daten erfolgten nach Anlegen des Infektionsschutzes und der Gerätkalibrierung im Modus „Einzelzahn“ (s. Abb. 2). In der Abbildung 5 ist das Display nach Farbmessung dargestellt. Auf der rech-

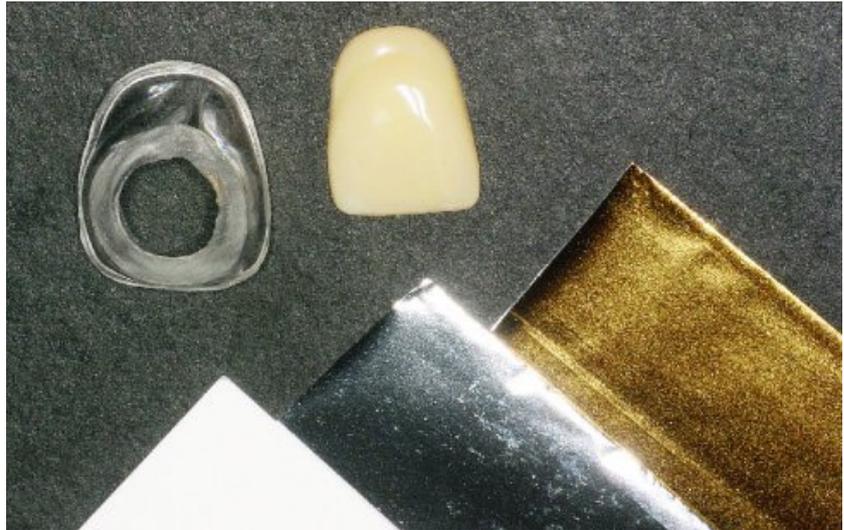


Abbildung 4 Kunststoffprobekörper mit individuell hergestellter Messschablone und verschiedenen Farbkartons (schwarz, weiß, silber, gold).

Figure 4 Resin sample with individual template and different color cardboards (black, white, silver, gold).

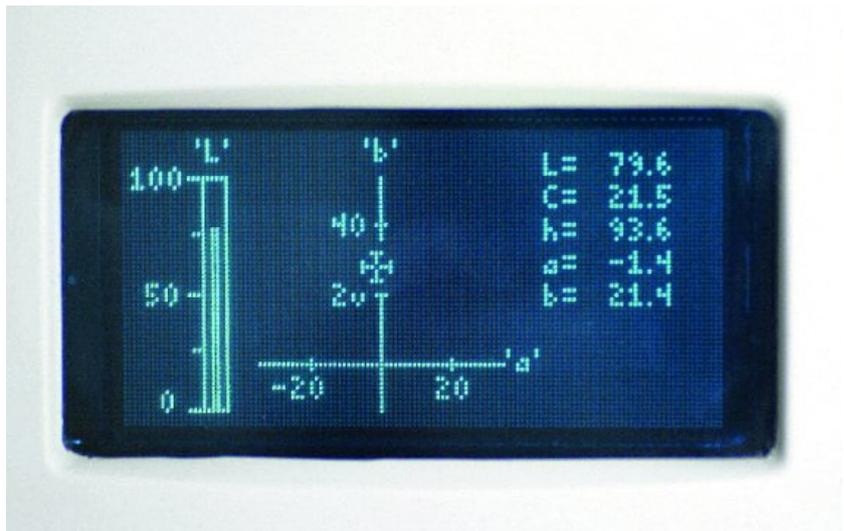


Abbildung 5 Bildschirmanzeige des Vita Easyshade nach Farbmessung.

Figure 5 Screen after color measurement.

ten Seite sind die numerischen Werte für $L^*a^*b^*/C^*h^*$ zu sehen.

Schutzfolien (Abb. 6) werden verwendet, um eine patientenübergreifende Infektion (Verschmutzung) zu verhindern, d. h. nach jedem Patientenwechsel muss der Infektionsschutz ausgetauscht und das Gerät neu kalibriert werden. Während der Kalibrierung vergleicht das Gerät die vom Werk gespeicherten Daten des Kalibrierungsblocks mit den neu empfangenen Daten. Dieses Verfahren ermöglicht, dass Farbmessungenauigkeiten im System bei der Kalibrierung ein-

schließlich der Auswirkungen der Stärke und Farbabweichung der Infektionsschutzfolie ausgeschlossen werden [25].

Im ersten Versuchsaufbau wurde die Reproduzierbarkeit und Genauigkeit des Vita Easyshade, sowie der Einfluss der Kalibrierungssequenz bestimmt. Zwei Messzyklen an dem Keramikprobekörper wurden unter standardisierten Bedingungen (grauer Hintergrund, Mittagszeit, Tageslicht) pro Tag über einen Zeitraum von vier Monaten im regelmäßigen Abstand (alle sechs Tage) durchgeführt. Im ersten Messdurchgang erfolgten 20 Messungen.

Jeweils nach fünf Messungen erfolgte eine Kalibrierung des Gerätes nach Herstellerangaben ($n = 400$). Im zweiten Messdurchgang wurde erst nach 20 Einzelmessungen erneut kalibriert ($n = 400$).

Der zweiten Versuchsaufbau testete den Einfluss unterschiedlicher Hintergründe (schwarz, weiß, silber, gold) und Umgebungsbeleuchtungen (Tageslicht, künstliches Licht, ohne Licht in einer „black box“). 20 Messungen an dem Kunststoffprobekörper erfolgten mit jedem Hintergrund unter den drei verschiedenen Beleuchtungsbedingungen.

Die Messungen bei Tageslicht erfolgten immer um die Mittagszeit ohne direkte Sonneneinstrahlung und nicht direkt vor dem Fenster ohne zusätzliche künstliche Beleuchtung. Bei den Messungen mit künstlichem Umgebungslicht kamen genormte Leuchtstoffröhren (Philips Master TLD 36 W), wie sie in der Deckenbeleuchtung vorkommen, zum Einsatz.

Extreme Farbveränderungen wurden mit dem weißen und schwarzen Hintergrund dargestellt. Der silberne und goldene Hintergrund wurde abstrahiert für die verwendeten Dentallegierungen bei festsitzendem Zahnersatz verwendet.

Die statische Auswertung der Daten wurde mit dem Statistik-Programm SPSS 15.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) durchgeführt, dabei wurden Mittelwert und Standardabweichung jeder Messreihe errechnet und mit dem t-Test auf Signifikanz ($p < 0,05$) geprüft.

3 Ergebnisse

Die Ergebnisse des ersten Versuchs mit dem Keramikprobekörper ergaben keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Messdaten mit Kalibrierungen nach fünf oder 20 Einzelmessungen (Abb. 7). Es gab keine Korrelation zwischen den erhobenen Daten mit häufiger oder seltener Kalibrierung. Die Standardabweichung, sowie der Standardfehler des Mittelwertes waren insgesamt für beide Kalibrierungsarten niedrig (Tab. 1). Dennoch zeigte sich, dass die Streuung der Messdaten als auch die Standardabweichung bei häufiger Kalibrierung (jeweils nach fünf Messungen) niedriger waren als bei seltener Kalibrierung (jeweils nach 20 Messungen) (Tab. 1). Diese Messdaten wurden regelmäßig über einen Zeitraum von vier Monaten erhoben. Die Tabelle 2 gibt jeweils den



Abbildung 6 Positionierung des Messkopfes (mit Infektionsschutz) auf dem Probekörper mit Schablone.

Figure 6 Probe (with infection control shield) to the sample with template.

ersten und letzten Messwert im Zeitraum von vier Monaten wieder.

Im zweiten Versuch wurden Farbdifferenzen des Kunststoffprobekörpers durch Veränderung der Hintergrundfarbe simuliert. Diese spiegelten sich in den vom Vita Easyshade erhobenen $L^*a^*b^*/C^*h^*$ -Werten wieder. Das Diagramm der ΔC^* -Werte (Abb. 8) zeigt einen deutlichen Unterschied beim Wechsel der Hintergrundfarbe „schwarz“ im Vergleich zu den Hintergrundfarben „weiß, gold, silber“ unter verschiedenen Beleuchtungsbedingungen.

Es ist zu erkennen, dass das Umgebungslicht keinen wesentlichen Einfluss auf die erhobenen Messwerte hatte. Abweichende ΔL^* -Werte ergaben sich lediglich bei künstlichem Umgebungslicht ($\Delta L^*s = 68,68$; $\Delta L^*w = 72,54$) im Vergleich zum Tageslicht ($\Delta L^*s = 66,77$; $\Delta L^*w = 70,34$) und in der „black box“ ($\Delta L^*s = 66,25$; $\Delta L^*w = 70,32$) bei den Messungen mit schwarzem und weißem Hintergrund. Bei den Farbmessungen mit goldenem und silbernem Hintergrund zeigten sich keine wesentlichen Unterschiede in den ΔL^* -Werten unter künstlichem Umgebungslicht.

Unter allen drei Beleuchtungsbedingungen wurden bei silbernem und goldenem Hintergrund höhere Gelbwerte ermittelt als bei schwarzem Hintergrund. Die höchsten Gelbwerte wurden mit dem weißen Hintergrund gemessen (Abb. 9).

Die Standardabweichung der ΔL^* -,

Δa^* -, Δb^* -Werte lag auch bei dem Kunststoffprobekörper in einem kleinen Intervall ($\pm 0,03 - \pm 0,59$).

4 Diskussion

Ziel dieser Studie war es, die Messgenauigkeit des Vita Easyshade-Spektrophotometers unter Einfluss der Kalibrierung, des Hintergrundes und des Umgebungslichts zu untersuchen.

Das Vita Easyshade ist in der Lage reproduzierbare Daten über ein festgelegtes Zeitintervall zu erfassen. Dabei spielt die Häufigkeit der Kalibrierung zwischen den Einzelmessungen eine untergeordnete Rolle. Auch zeigt das Gerät bei Wechsel der Hintergrundfarben (schwarz, weiß, gold, silber) eine Veränderung in den $L^*a^*b^*/C^*h^*$ -Werten an. Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung zeigen, dass mit dem Vita Easyshade reproduzierbare Messdaten für zahnfarbene transluzente Keramik als auch Kunststoffmaterialien bestimmt werden können.

Um den Messkopf des Gerätes eindeutig auf dem Probekörper zu positionieren, wurde eine individuell hergestellte Messschablone verwendet. Leibrock et al. [12] und Shimada et al. [21] bestätigen eine verbesserte Reproduzierbarkeit der Messdaten mittels einer Justierungshilfe. Nach Herstellerangaben hat eine Kalibrierung nach Anschalten

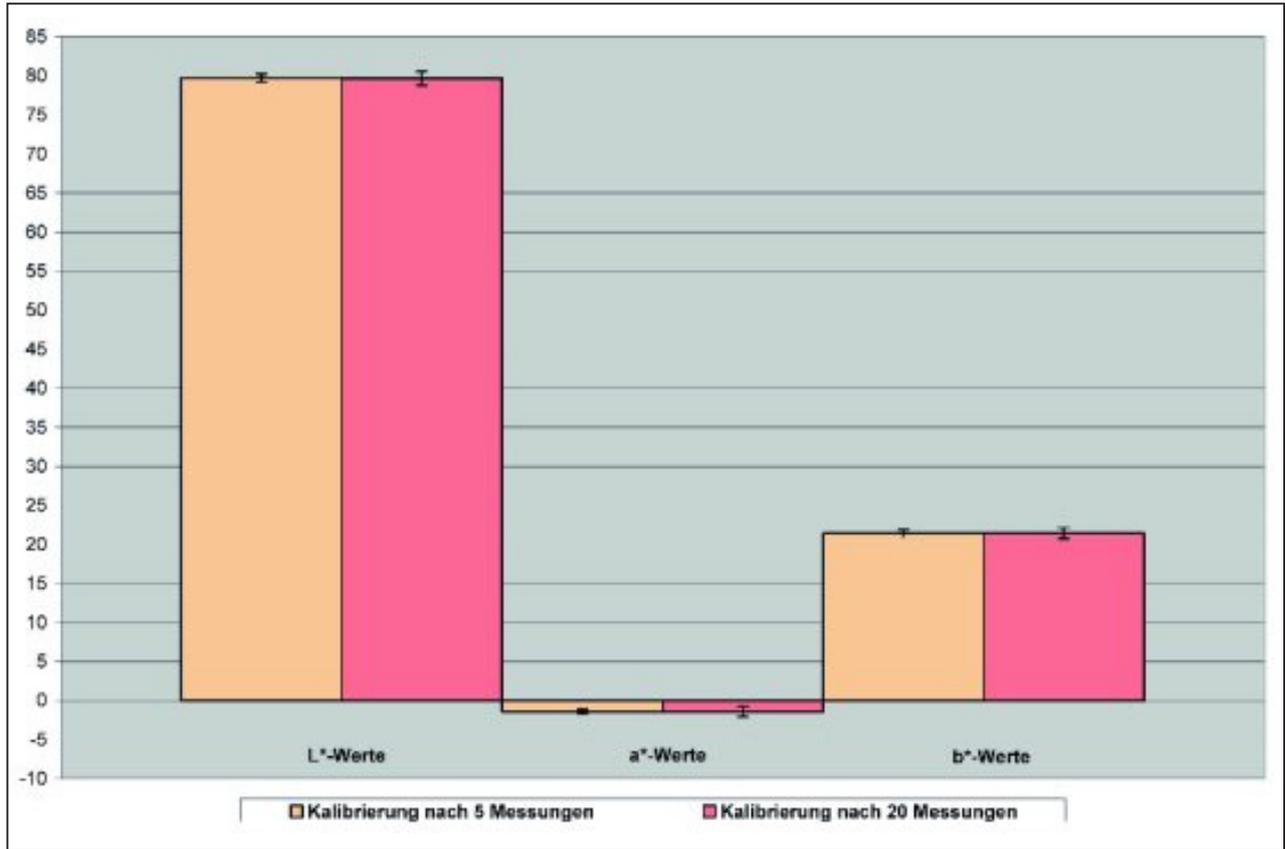


Abbildung 7 Einfluss der Kalibrierung.
Figure 7 Influence of calibration.

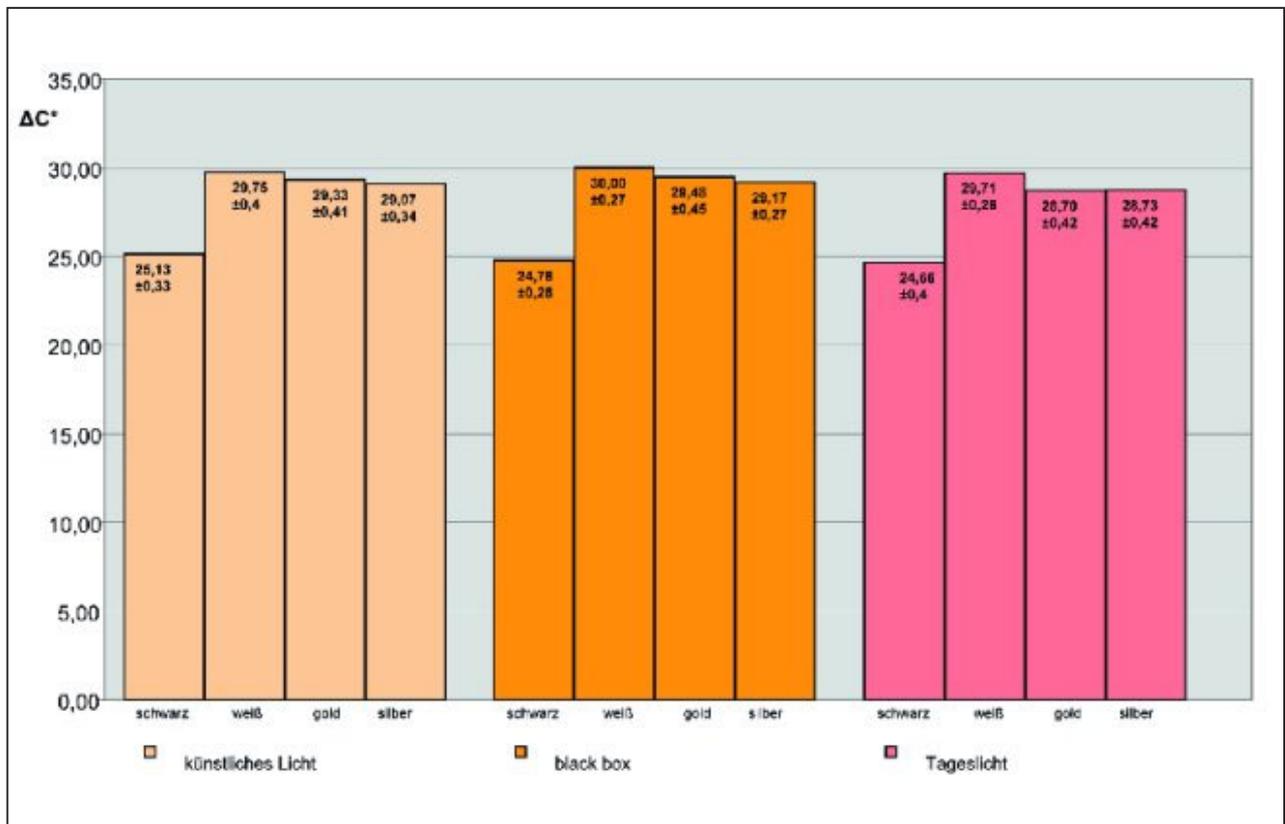


Abbildung 8 Abhängigkeit der ΔC^* -Werte (Farbintensität) vom Hintergrund unter differenten Beleuchtungsbedingungen.
Figure 8 ΔC^* data (chroma) in dependence of background color under different surrounding lights.

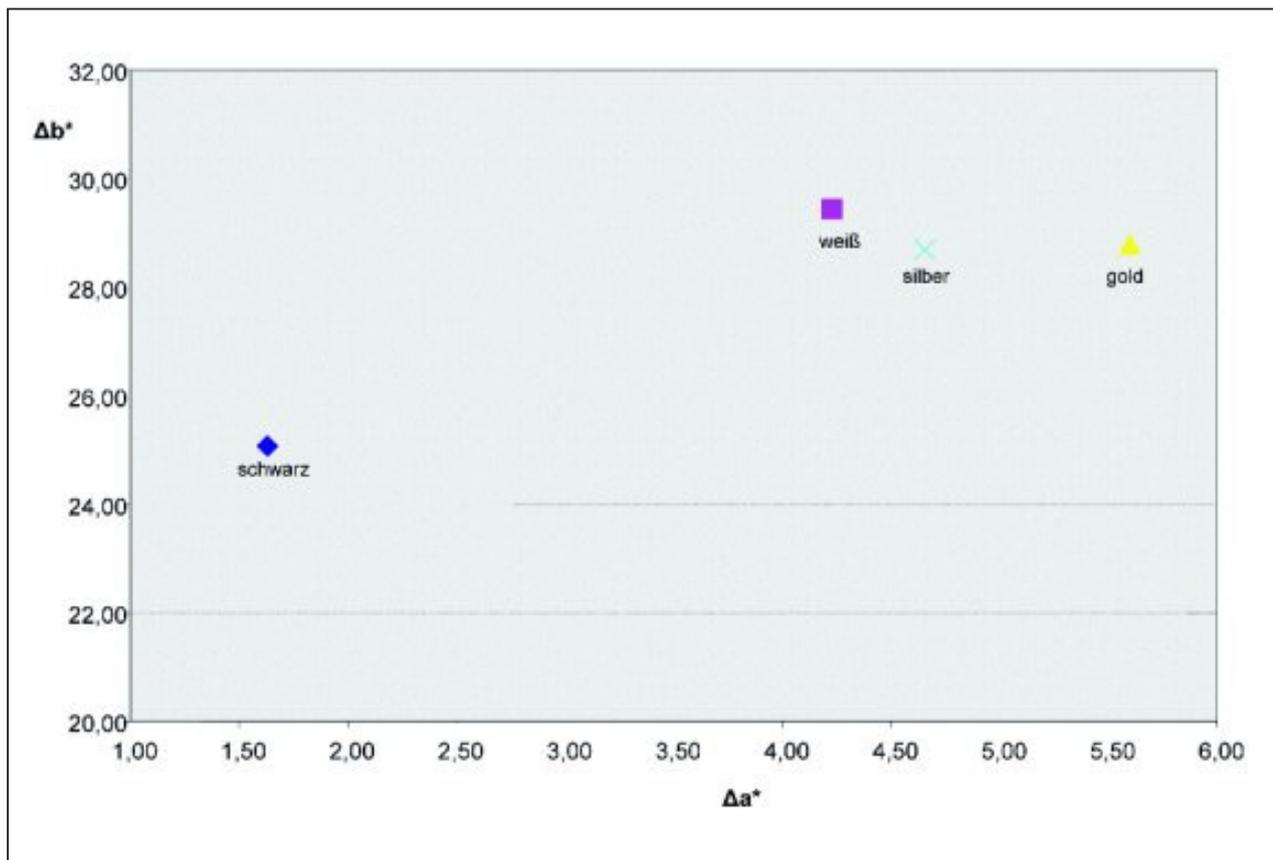


Abbildung 9 Δa^* - und Δb^* -Werte in Abhängigkeit vom Hintergrund bei künstlichem Umgebungslicht.

Figure 9 Δa^* and Δb^* data in dependence of background color under artificial light.

des Gerätes und nach Wechsel des Infektionsschutzes zu erfolgen. Eine Neukalibrierung bei wechselnden Materialien ist nicht notwendig [25]. In Studien [6, 11, 17, 26] fehlen meist Informationen zur Kalibrierungshäufigkeit. Nur Ozturk et al. [15] und Celik et al. [3] geben ein Kalibrierungsintervall nach zehn Messungen für das Vita Easyshade an. Auf Grund dessen wurde im Rahmen der vorliegenden Untersuchung der Einfluss der Kalibrierung auf die Reproduzierbarkeit der Messdaten evaluiert.

Das Vita Easyshade kann $L^*a^*b^*/C^*h^*$ -Werte für transluzente Materialien mit einer Mindeststärke von 0,7 mm messen [25]. Der Hersteller zählt dazu natürliche Zähne und Keramikmassen. In publizierten Untersuchungen [3, 6, 11, 15, 17, 26] wurden Farbveränderungen von Keramik als auch von Kunststoff- bzw. Kompositmaterialien mit dem Vita Easyshade erfasst. Die Studie von Pohjola et al. [18] zeigt den Einfluss der Desinfektion von Farbringen auf Farbveränderungen. Wriedt et al. [26] untersuchten in einer In-vitro-Studie

den Einfluss färbender Nahrungsmittel auf die Farbbeständigkeit ästhetischer Brackets. Es wurden die $L^*C^*h^*$ -Werte für Kunststoff- als auch für Keramikbrackets bestimmt. Die Autoren verglichen die entsprechend berechneten Farbdifferenzen der Kunststoff- und Keramikbrackets miteinander. Ergüçü et al. [6] ermittelten die Farbbeständigkeit von unterschiedlich polierten Füllungskompositen nach Einlagerung in einer Kaffeelösung. Die Studie von Lau et al. [11] prüfte verschiedene Kunststoffzemente nach künstlicher Alterung hinsichtlich ihrer Farbstabilität. Die vorliegende experimentelle Studie untersuchte erstmalig unter kontrollierten standardisierten Bedingungen die Reproduzierbarkeit der $L^*a^*b^*/C^*h^*$ -Daten eines Kunststoffprobekörpers.

Des Weiteren wurde der Einfluss des Umgebungslichts bei der Farbmessung ermittelt. So wurde festgestellt, dass das Umgebungslicht keinen wesentlichen Einfluss auf die $L^*a^*b^*/C^*h^*$ -Werte hatte. Eine kleine Abweichung bestand nur bei den ΔL^* -Werten unter künstlichem

Licht (Neonbeleuchtung). Haase [8] untersuchte den Einfluss der Umgebungsbeleuchtung bei Farbmessungen eines Kunststoffprothesenzahnes mit dem Spektrophotometer Castor. Er beobachtete, dass das Fremdlicht (Glühbirne, Leuchtstoffröhre) zwar die Messungen beeinflusst, aber die Unterschiede sehr gering und als farbstichfrei zu bezeichnen sind.

Um vergleichbare Daten zu erhalten, sollte die Farbnahme unter identischen Umgebungsbeleuchtungen stattfinden.

Das Vita Easyshade ist für die metrische Farbestimmung von natürlichen Zähnen und keramischen Zahnrestorationen entwickelt worden. Der Messkopf des Vita Easyshade entspricht deshalb nicht den Normen industrieller Farbmessgeräte. Normierte Messköpfe benötigen größere Oberflächen von Probekörpern als sie bei natürlichen Zähnen und Zahnrestorationen vorliegen. Die ermittelten $L^*a^*b^*/C^*h^*$ -Daten mit dem Vita Easyshade sind nicht unbedingt mit Messdaten eines genormten Spektropho-

		Mittelwert	n	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Paar 1	Helligkeit mit Kalibrierung nach fünf Messungen	79,7370	400	0,51287	0,02564
	Helligkeit mit Kalibrierung nach 20 Messungen	79,6935	400	0,90244	0,04512
Paar 2	Rot-Grünheit mit Kalibrierung nach fünf Messungen	-1,4183	400	0,30261	0,01513
	Rot-Grünheit mit Kalibrierung nach 20 Messungen	-1,4233	400	0,62863	0,03143
Paar 3	Gelb-Blauheit mit Kalibrierung nach fünf Messungen	21,4283	400	0,47691	0,02385
	Gelb-Blauheit mit Kalibrierung nach 20 Messungen	21,4270	400	0,67306	0,03365

Tabelle 1 Statistik bei gepaarten Stichproben (Versuchsdurchführung 1).

Table 1 T-test (experiment 1).

Messzeitraum von vier Monaten	L 1	L 2	a 1	a 2	b 1	b 2
erste Messung (1)	79,9	79,9	-1,4	-1,6	21,5	22,0
letzte Messung (400)	79,0	80,0	-1,4	-1,3	21,0	21,7
Mittelwert (n = 400)	79,74	79,69	-1,42	-1,42	21,43	21,43
Standardabweichung (n = 400)	0,51	0,9	0,3	0,63	0,48	0,67

Tabelle 2 L1, a1, b1 Kalibrierung nach fünf Messungen. L2, a2, b2 Kalibrierung nach 20 Messungen.

Table 2 L1, a1, b1 calibration after five measurements. L2, a2, b2 calibration after 20 measurements.

(Abb. 1-9, Tab. 1 u. 2: C. Olms)

tometers identisch. Dennoch ist es möglich erhobene Messdaten vom Vita Easyshade untereinander zu vergleichen. Von Seiten des Herstellers fehlen die Angaben zum messbaren Farbraum mit dem Vita Easyshade. So diskutieren *Wriedt et al.* [26], dass bei stark abweichenden ΔE -Werten auch die zu messende Farbe des Probekörpers einen Einfluss auf die $L^*a^*b^*/C^*h^*$ -Werte hat. Eine Aussage bezüglich des messbaren Farbraumes kann an dieser Stelle nicht gemacht werden, da in der vorliegenden Untersuchung die Farben der Probekörper im Farbraum der natürlichen Zahnfarben lagen.

5 Schlussfolgerungen

Die zu untersuchenden Dentalmaterialien weisen nicht immer eine homogene Farbstruktur auf. Um dennoch ein genaues und reproduzierbares Messergebnis zu erhalten, sollte möglichst eine individuell tiefgezogene Schiene verwendet werden. Die Schiene ermöglicht zusätzlich eine eindeutige Positionierung des Messkopfes während der Messungen. Die vorliegende Untersuchung bestätigte, dass das Vita Easyshade reproduzierbare $L^*a^*b^*/C^*h^*$ -Daten über einen längeren Zeitraum für zahnfarbene

transluzente Keramik als auch Kunststoffmaterialien misst und demzufolge für die wissenschaftliche Dokumentation geeignet ist. 

Korrespondenzadresse:

Dr. Constanze Olms
Spezialistin für Prothetik
Department für Zahn-, Mund-, und Kieferheilkunde
Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik
der Martin-Luther-Universität Halle/
Wittenberg
Große Steinstr. 19
06108 Halle/Saale

Literatur

1. Baltzer A, Kaufmann-Jinoian V: Digitale Farbmessung in der Praxis. Dent Tribune 12, Sonderdruck (2004)
2. Baumann MA, Schifferdecker B: Color determination in dental ceramics. Schweiz Monatsschr Zahnmed 104, 423–429 (1994)
3. Celik G, Uludag B, Usumez A, Sahin V, Ozturk O, Goktug G: The effect of repeated firings on the color of an all-ceramic system with two different veneering porcelain shades. J Prosthet Dent 99, 203–208 (2008)
4. Douglas RD: Precision of in vivo colorimetric assessments of teeth. J Prosthet Dent 77, 464–470 (1997)
5. Dozic A, Kleverlaan CJ, El Zohairy A, Feilzer AJ, Khashayar G: Performance of five commercially available tooth color-measuring devices. J Prosthodont 16, 93–100 (2007)
6. Ergücü Z, Türkün LS, Aladag A: Color stability of nanocomposites polished with one-step systems. Oper Dent 33, 413–420 (2008)
7. Goldstein GR, Schmitt GW: Repeatability of a specially designed intraoral colorimeter. J Prosthet Dent 69, 616–619 (1993)
8. Haase A: Orientierende Untersuchungen an einem Gerät zur Messung von Zahnfarben. Med Diss, Tübingen (1993)
9. Hassel AJ, Grossmann AC, Schmitter M, Balke Z, Buzello AM: Interexaminer reliability in clinical measurement of L*a*b* values of anterior teeth using a spectrophotometer. Int J Prosthodont 20, 79–84 (2007)
10. Khurana R, Tredwin CJ, Weisbloom M, Moles DR: A clinical evaluation of the individual repeatability of three commercially available colour measuring devices. Br Dent J 203, 675–680 (2007)
11. Lau BJ, Alvarez-Gayosso C, Alvarez MA, Fernandez PA: Color stability of three resin cements after accelerated aging. J Dent Res 87, Special Issue B (2008)
12. Leibrock A, Rosentritt M, Guray N, Handel G: Einflüsse unterschiedlicher Meßparameter auf die metrische Farbbestimmung mit dem Spektralfarbmeßgerät Castor. Dtsch Zahnärztl Z 50, 664–667 (1995)
13. Meireles SS, Demarco FF, Dos SI, Dumith SC, Bona AD: Validation and reliability of visual assessment with a shade guide for tooth-color classification. Oper Dent 33, 121–126 (2008)
14. O'Brien WJ, Groh CL, Boenke KM: A new, small-color-difference equation for dental shades. J Dent Res 69, 1762–1764 (1990)
15. Ozturk O, Uludag B, Usumez A, Sahin V, Celik G: The effect of ceramic thickness and number of firings on the color of two all-ceramic systems. J Prosthet Dent 100, 99–106 (2008)
16. Paravina RD, Majkic G, Stalker JR, Kiat-Amnuay S, Chen JW: Development of a model shade guide for primary teeth. Eur Arch Paediatr Dent 9, 74–78 (2008)
17. Pohjola RM, Hackman ST, Browning WD: Evaluation of a standard shade guide for color change after disinfection. Quintessence Int 38, 671–676 (2007)
18. Setz J: Zahnfarbbringe – Untersuchungen Kritik und mögliche Verbesserungen. Dent Labor 40, 1903–1906 (1992)
19. Setz J, Geis-Gerstorfer J, Weber H: Objektive Zahnfarbbestimmung – Fehlerquellen werden ausgeschaltet. Dent Labor 40, 667–670 (1992)
20. Setz J, Engel E: In vivo color stability of resin-veneered telescopic dentures: a double blind pilot study. J Prosthet Dent 77, 486–491 (1997)
21. Shimada K, Kakehashi Y, Matsumura H, Tanoue N: In vivo quantitative evaluation of tooth color with hand-held colorimeter and custom template. J Prosthet Dent 91, 389–391 (2004)
22. Strub JR, Türp JC, Witkowski S, Hürzeler MB, Kern M: Farbe, Farbbestimmung und Farbgleich. Curriculum Prothetik Band II. 2. Auflage. Quintessenz Verlags-GmbH, Berlin 2003, 510–511
23. Tung FE, Goldstein GR, Jang S, Hittelman E: The repeatability of an intraoral dental colorimeter. J Prosthet Dent 88, 585–590 (2002)
24. Vita Zahnfabrik. Studie zur Aussagekraft elektronischer Farbmessung – VITA Easyshade bietet größte Sicherheit. http://www.vita-zahnfabrik.com/resourcesvita/shop/de/de_3050429.pdf (2008)
25. Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen. VITA Easyshade-Technologie. http://www.vita-zahnfabrik.com/resourcesvita/shop/de/de_3050317.pdf (2008)
26. Wriedt S, Schepke U, Wehrbein H: The discoloring effects of food on the color stability of esthetic brackets – an in vitro study. J Orofac Orthop 68, 308–320 (2007)
27. Yuan JC, Brewer JD, Monaco EA, Jr., Davis EL: Defining a natural tooth color space based on a 3-dimensional shade system. J Prosthet Dent 98, 110–119 (2007)