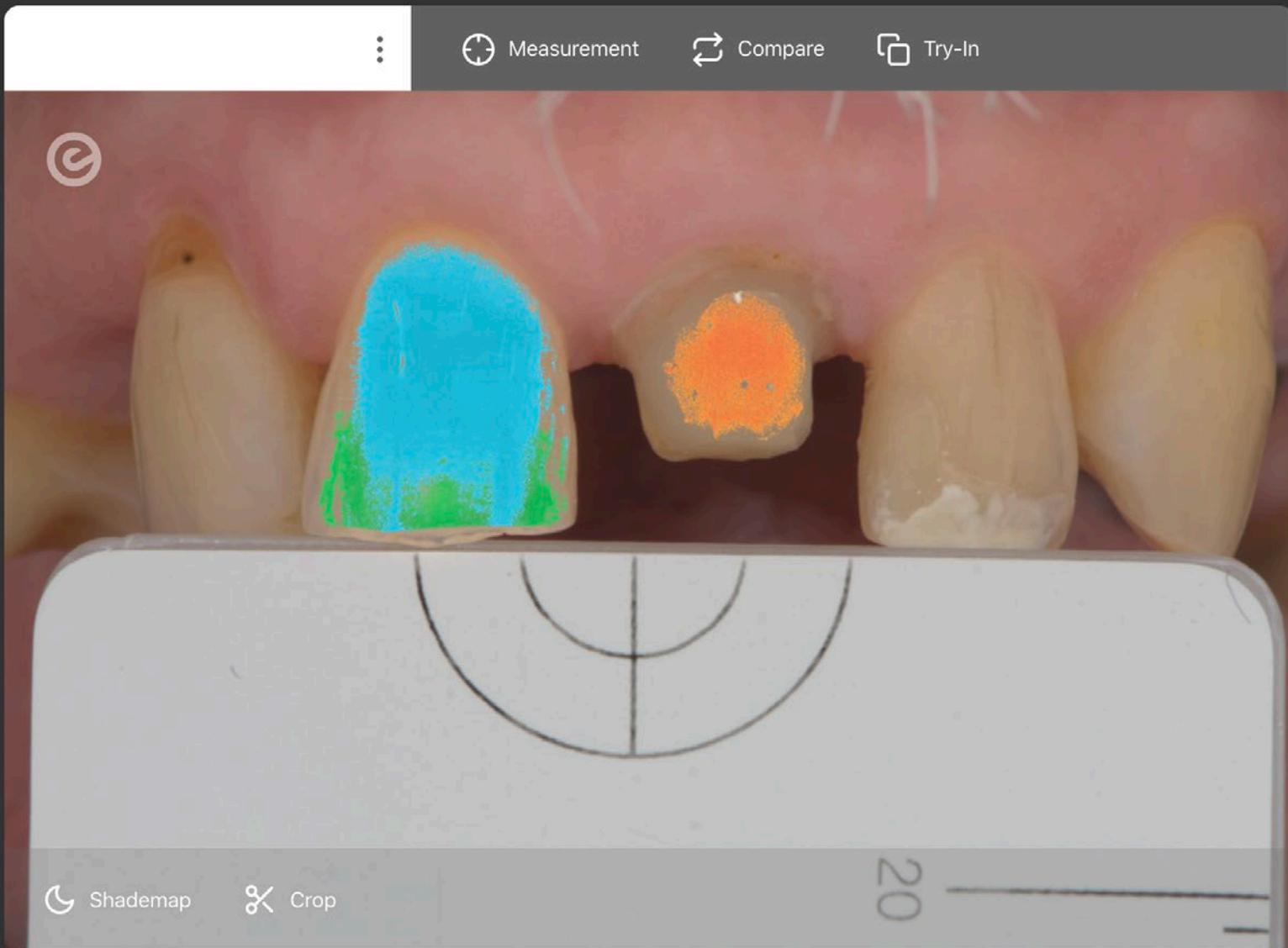


Farbanalyse und Keramikrezeptur ohne Farbring

Anspruchsvolle Einzelzahnrestauration mit dem eLAB-System

EMIR SMAJOVIC, SASCHA HEIN



Einleitung

Die Zahnfarbe sowie den natürlichen „Look“ von einzelnen Frontzähnen vorhersehbar zu kopieren, stellt nach wie vor eine veritable Herausforderung für das gesamte restaurative Team im Alltag dar. Neuanfertigungen sind nicht nur kostspielig und frustrierend, sondern sie besitzen auch das Potenzial, über Jahre aufgebautes Vertrauen in kürzester Zeit zunichte zu machen³. Das muss jedoch nicht so sein. Der Einsatz moderne Technologien gibt Anlass zur Hoffnung, die dentale Farbkommunikation endlich zu objektivieren und so im Alltag vorhersehbare Ergebnisse zu erzielen. Der vorliegende Beitrag stellt anhand eines klinischen Falls einen komplett neuen Ansatz für das Farbmanagement in der restaurativen Zahnmedizin vor.

Die Ursachen, die zu farblichen Komplikationen im Alltag führen, sind vielfältig. Der am meisten verbreitete Farbring

der Welt ist dafür bekannt, dass er den gesamten Farbraum natürlicher Zähne nur äußerst lückenhaft abdeckt. Die visuelle Farbauswahl ist von einem sehr subjektiven Charakter geprägt und so überrascht es kaum, dass es oft an Einstimmigkeit zwischen verschiedenen Behandlern mangelt bei dem Versuch, ein und dieselbe Zahnfarbe zu bestimmen¹³. Darüber hinaus wiegt eine nur wenig bekannte Tatsache schwer: Es existiert kein industrieinheitlicher Standard für die 16 Farben des Vita Classical Farbrings. Jeder Hersteller interpretiert diese daher auf eine eigene Weise und so kommt es zu erheblichen Abweichungen zwischen den Produkten verschiedener Anbieter^{4,12} (Abb. 1).

Das eLAB-System

Das eLAB-System verwandelt eine Digitalkamera in ein benutzerfreundliches Farbmesssystem mit flexiblem Einsatz⁸.

Zusammenfassung

Eine der größten Herausforderungen für das restaurative Team ist die Kopie der Zahnfarbe von den natürlichen Zähnen, da kein industrieinheitlicher Standard existiert. Der Beitrag beschreibt das eLAB-System, mit dem die Zahnfarbe zuverlässig gemessen und gemischt werden kann, unter Einhaltung eines bestimmten Protokolls und Kameraeinstellungen.

Indizes

Farbbestimmung, Farbmessung, schichten, Keramik, Farbkommunikation

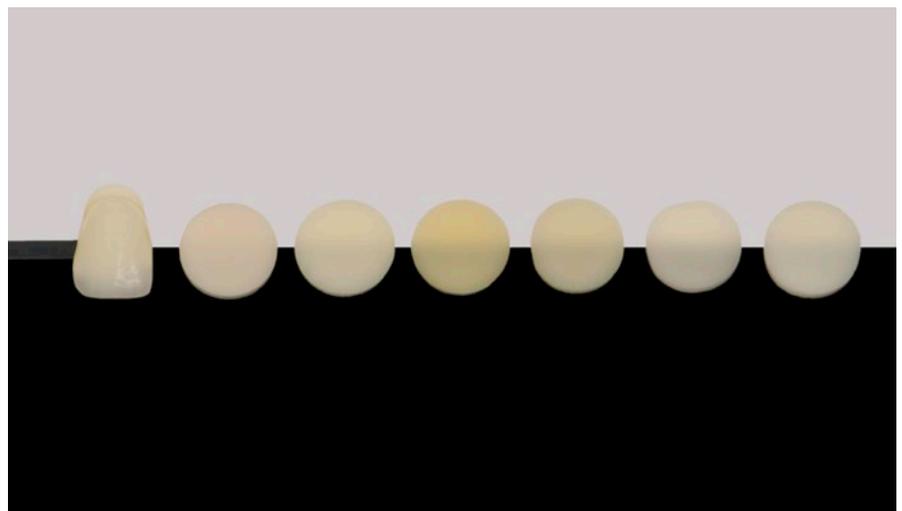


Abb. 1 Es ist eine nur wenig bekannte Tatsache, dass kein industrieinheitlicher Standard für die 16 Farben des Vita Classical Farbrings existiert. Hier zu sehen sind sechs gebrannte Dentinproben mit derselben Dicke ($d = 1,00 \text{ mm}$) in der Farbe A3 von verschiedenen Keramikherstellern im Vergleich zum Vita Classical Farbmuster A3 (v.l.n.r. Vita VM09 (Fa. Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen), IPS e.max ceram (Fa. Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein), Noritake CZR (Fa. Noritake, Hattersheim), Creation Zi-CT (Fa. Creation Willi Geller, Meiningen, Österreich), GC LiSi (Fa. GC, Leuven, Belgien), Heraceram Zirkonia 750 (Fa. Kulzer, Hanau).

Es verlässt das etablierte Farbsystem und ersetzt es durch ein numerisches Farbdarstellungsmodell, dem sogenannten CIELAB-System¹. Mit dessen Hilfe kann jede Zahnfarbe anhand von nur drei Koordinaten beschrieben werden, nämlich mittels der Helligkeitsachse L*, der Rot-Achse a* und der Gelb-Achse b*. Darüber hinaus können patientenpersönliche Farbrezepte berechnet werden auf der Grundlage von nur sehr wenigen Standard-Dentinfarben eines jeweiligen Herstellers, in Verbindung mit trichromatischen Farbmischungen⁷.

Klinischer Befund

Der Patient präsentierte eine eher desolante orale Situation (Abb. 2). Als Auftakt zu größer angelegten Sanierungsmaßnahmen sollte zunächst der Zahn 21 mit einem Kompositstiftaufbau und anschließend mit einer Vollkeramikrestauration versorgt werden.

Fotografisches Protokoll

Das eLAB System basiert auf einem fotografischen Protokoll, das eigens für den Zweck der Farbmessung entwickelt

wurde⁶. Es ist gleichermaßen für Ring- und Lateralblitze geeignet, in Verbindung mit dem passenden polar_eyes Filter (Fa. Emulation, Freiburg) (Abb. 3). Dieser erfüllt den Zweck, störende Oberflächenspiegelungen zu eliminieren, um so die exakte Messung der Zielzahnfarbe zu ermöglichen⁵.

Ein bekannter Nebeneffekt der Kreuzpolarisation ist allerdings, dass der Lichtstrom erheblich gedämpft wird, was die Lichtdichte (Luminanz) auf bis zu 35 Prozent verringern kann¹⁰. Aus diesem Grund ist es von äußerster Bedeutung, auf das ansonsten bequeme E-TTL Verfahren zu verzichten und stattdessen die Blitzleistung im manuellen Modus auf volle Leistung (1/1) einzustellen (Abb. 4). Außerdem müssen alle Bilder für das eLAB-System im RAW-Format fotografiert werden, da es nur so möglich ist, verschieden Digitalkameras miteinander zu synchronisieren. Die standardisierten Einstellung für die Belichtung (1/125 Sek) sowie für die Blende (f22) sind in der Abbildung 5 dargestellt.

Für die spätere automatische Kalibrierung der Belichtung sowie des Weißabgleichs ist es notwendig, die white_balance Graukarte bei allen Aufnahmen

einzusetzen (Abb. 6). Bei der Positionierung der Graukarte im Mund ist darauf zu achten, sie nicht in der habituellen Interkuspidation, sondern im Kopfbiss und unterhalb der Schneidekante der oberen Frontzähne zu positionieren, und dies in einem Winkel, der senkrecht zur optischen Achse des Objektivs verläuft (Abb. 7). Der Arbeitsabstand vom Objektiv zu den Labialflächen der oberen Frontzähne sollte circa 20 Zentimeter betragen und die white_balance Graukarte sollte die untere Hälfte des Bildausschnittes bedecken (Abb. 8).

Farbmessung und Berechnung von Mischungsrezepten

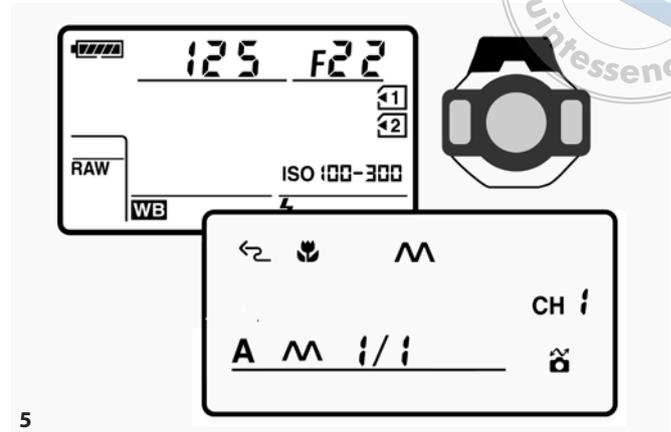
Nach dem Übermitteln der RAW's in das Dentallabor werden diese mithilfe der eLAB_prime Software (Fa. Emulation) automatisch kalibriert. Die Zahnfarbe wird mithilfe von künstlicher Intelligenz automatisch analysiert und deskriptiv durch das CIELAB-System dargestellt. Der Zahntechniker kann nun für sein bevorzugtes Keramiksystem ein patientenpersönliches Mischungsrezept berechnen lassen und zwar unter Berücksichtigung des zur Verfügung stehenden Platzes so-



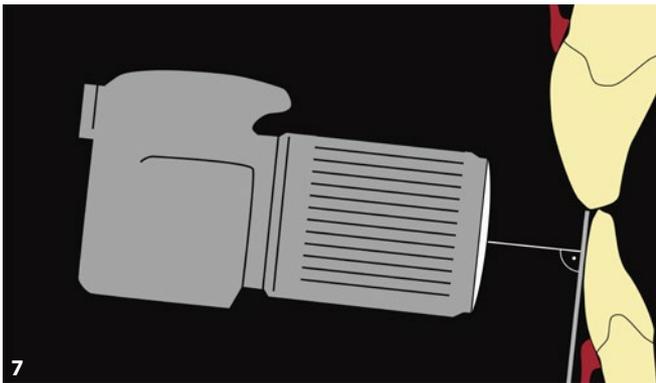
Abb. 2 Die klinische Ausgangssituation. **Abb. 3** Das eLAB-System basiert auf einem fotografischen Protokoll, das gleichermaßen für Ring- und Lateralblitze geeignet ist, in Verbindung mit dem passenden polar_eyes-Filter.



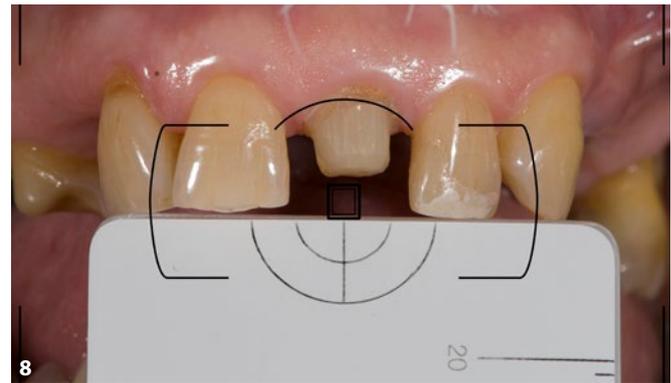
4



5



7



8

Abb. 4 Für das eLAB-System ist es von äußerster Bedeutung, auf das ansonsten bequeme E-TTL-Verfahren zu verzichten und stattdessen die Blitzleistung im manuellen Modus auf volle Leistung (1/1) einzustellen, da die Kreuzpolarisation die Lichtdichte (Luminanz) um bis zu 35 % dämpft. **Abb. 5** Alle Bilder für das eLAB-System müssen im RAW-Format fotografiert werden, zusammen mit standardisierten Einstellungen für die Belichtung (1/125 Sek) sowie für die Blende (f22). Für die meisten Kameramodelle ist ein ISO-Wert zwischen 100 und 300 geeignet. **Abb. 6** Beschreibung der white_balance-Graukarte: (a) Fadenkreuz, (b) Millimeterskala. Die Breite der Karte entspricht der mittleren intercaninen Distanz von kaukasischen Erwachsenen (c). (d) Die Farbkoordinaten der Graukarte. Achtung: Die Karte darf nicht im Autoklav sterilisiert werden. Stattdessen sollte sie mit Kaldesinfektionsmitteln gereinigt werden. **Abb. 7** Bei der Positionierung der Graukarte im Mund ist darauf zu achten, sie nicht in der habituellen Interkuspitation, sondern im Kopfbiss und unterhalb der Schneidekante der oberen Frontzähne zu positionieren und dies in einem Winkel, der senkrecht zur optischen Achse des Objektivs verläuft. **Abb. 8** Der Arbeitsabstand vom Objektiv zu den Labialflächen der oberen Frontzähne sollte circa 20 cm betragen und die white_balance-Graukarte sollte die untere Hälfte des Bildausschnittes bedecken. Die Kreise im Sucher der Kamera sollten in etwa kongruent sein mit einem der beiden konzentrischen Kreise der white_balance-Graukarte (kleiner Kreis für Vollformatkameras und großer Kreis für Kameras mit Standard APS-C Sensoren).

wie der gemessenen Stumpffarbe. Sollte letztere nicht fotografisch dokumentiert worden sein, ist es möglich, zwischen acht Natural Die Material Stumpffarben (Fa. Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) auszuwählen. Als Gerüstmaterialien stehen sowohl die klassische Metallkeramiken als auch die gesamte Bandbreite moderner Vollkeramiken zur Verfügung, und zwar für die Herstellung von Kronen sowie von geschichteten Veneers (Abb. 9).

Trichromatisches Farbmischen

Eine der besonderen Stärken des eLAB-Systems ist die völlige Loslösung vom Vita Classical System und stattdessen die Verwendung eines mathematischen Farbdarstellungsmodells. So ist es möglich, das gesamte Spektrum natürlicher Zahnfarben abzudecken und dies mit sehr geringem Aufwand und unter Zuhilfenahme von nur drei Arten von Pigmenten (E17 anthracite, E21 basic red, E22

basic yellow; Fa. Ivoclar Vivadent). Diese sind gleichermaßen für das Beimengen in alle Keramiksysteeme geeignet, unabhängig vom WAK oder von der Brandtemperatur⁹. Für das exakte Portionieren wurden eigens hochpräzise Dosierinstrumente (Fa. Emulation) entwickelt (Abb. 10). Anschließend kann der Keramiker die so erstellte patientenpersönliche Dentinmischung gemäß einer der traditionellen Schichttechniken verarbeiten (Abb. 11 und 12).

Digitale Einprobe und Berechnung des Farbabstandes ΔE^*

Das eLAB System ist ein bildgebendes Verfahren, das die quantitative Analyse mit den Vorzügen der qualitativen Beurteilung kombiniert. Dies spiegelt sich besonders in der digitalen Einprobe wieder. Nachdem die gebrannte Restauration in einem beliebigen Stadium des Fertigungsprozesses (zum Beispiel Biskuitbrand) auf dem Modell fotografiert wurde, kann diese mithilfe der Software eLAB_prime halbautomatisiert in die klinische Ausgangssituation eingeblendet werden (Abb. 13). Mit nur wenigen Klicks kann die räumliche Darstellung der Restauration im Mund optimiert werden, um anschließend den Farbabstand zwischen der Zielfarbe und dem Resultat numerisch zu ermitteln.

Auch hier kommen die Vorteile des CIELAB Systems zum Vorschein. Durch den numerischen Vergleich der Zielkoordinaten kann der Farbabstand ΔE^* be-

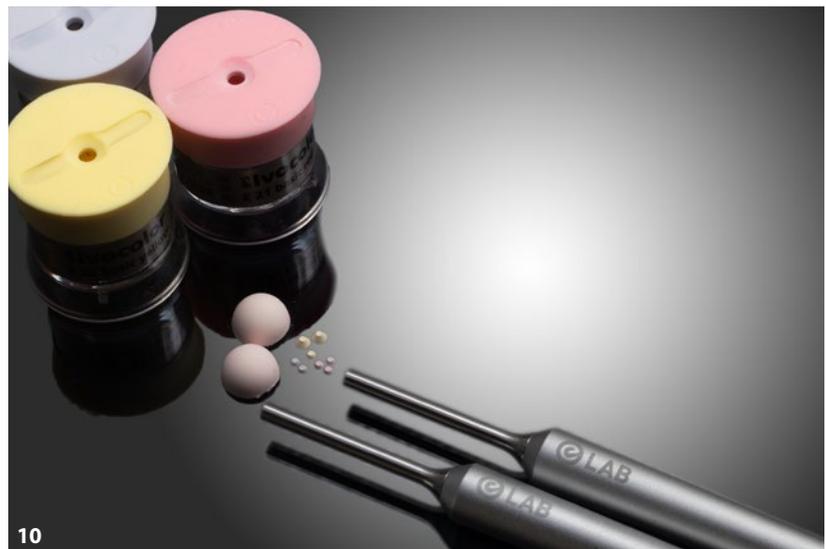
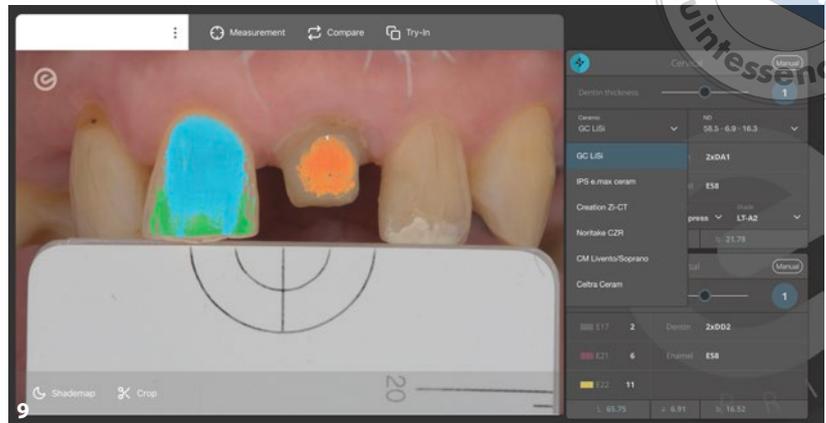


Abb. 9 Die Zahnfarbe wird mithilfe von künstlicher Intelligenz automatisch analysiert und der Zahntechniker kann nun für sein bevorzugtes Keramiksystem ein patientenpersönliches Mischungsrezept berechnen lassen, und zwar unter Berücksichtigung des zur Verfügung stehenden Platzes sowie der gemessenen Stumpffarbe. Als Gerüstmaterialien stehen sowohl die klassische Metallkeramiken als auch die gesamte Bandbreite moderner Vollkeramiken zur Verfügung, für die Herstellung von Kronen sowie von geschichteten Veneers. **Abb. 10** Einer der besonderen Stärken des eLAB-Systems ist die völlige Loslösung vom Vita Classical Systems, die es ermöglicht, das gesamte Spektrum natürlicher Zahnfarben mit nur drei Arten von Pigmenten abzudecken. Diese sind gleichermaßen für das Beimengen in alle Keramiksysteme geeignet, unabhängig vom WAK oder von der Brandtemperatur. Für das exakte Portionieren wurden eigens hochpräzise Dosierinstrumente entwickelt. **Abb. 11 und 12** Die vom Keramiker erstellte patientenpersönliche Dentinmischung kann gemäß einer der traditionellen Schichttechniken verarbeiten. Zur Imitation von häufig vorkommenden Details, wie Schmelzspürungen oder Oberflächenbelägen, eignet sich die Maltechnik.

rechnet werden². Die exakte Beurteilung der Schwellwerte für visuell erkennbare oder akzeptable Unterschiede ist industrieabhängig und variiert. Das eLAB-System benutzt die Paravina-Skala¹¹, die die numerischen Farbunterschiede relativ zu klinischen Relevanz ausdrückt. Wenn der gemessene Farbunterschied zwischen einer Restauration und dem natürlichen Vorbild $\Delta E^* \leq 0,8$ ist, so ist von einem klinisch exzellenten Resultat auszugehen. Liegt der Wert bei $\Delta E^* \leq 1,8$, dann liegt das Resultat farblich durchaus im Bereich dessen, was im Allgemeinen als klinisch akzeptabel bezeichnet wird. Dementsprechend sind Resultate mit einem Farbunterschied von $\Delta E^* > 1,8$ als klinisch moderat inakzeptabel zu betrachten (Abb. 14). Für eine klinisch realistische Bewertung von Farbunterschieden zwischen natürlichen Zähnen und Restaurationen hat sich dieser Ansatz als zuverlässiger Kompass im Alltag bewährt.

Eingliederung und abschließende Betrachtung

Die Restauration ließ sich problemlos und zielsicher eingliedern. Sowohl die farbliche Übereinstimmung als auch die optische Erscheinung, perfektioniert durch viele kleine Details, waren kongruent mit der Vorhersage aus der digitalen Einprobe (Abb. 15 und 16). Die Möglichkeit, nicht nur eine qualitative, sondern auch eine quantitative Analyse des Restaurationen durchführen zu können, und zwar zu verschiedenen Fertigungsstadien und ohne die Notwendigkeit, die Zeit der Patienten zu sehr überstrapazieren zu müssen, ist von immensem Vorteil für das gesamte restaurative Team. Das Ganze ist möglich obwohl bzw. weil das eLAB-System nicht auf den tradierten Farbnahmesystemen aufbaut, sondern diese verlässt, um einen eigenen Weg zu verfolgen – weg von Einheitsfar-

ben und hin zu patientenpersönlichen Mischungsrezepten, die den gesamten Dentalfarbraum lückenlos abdecken.

Das eLAB-System ist somit ein neues und innovatives Tool für die objektive Farbkommunikation zwischen Praxis und Labor. Wie jede echte Innovation erfordert auch die Implementation des eLAB-Systems im Alltag eine Verhaltensänder-

ung, um mehr Sicherheit durch erhöhte Vorhersehbarkeit zu erlangen. Dies bezieht sich besonders auf die penible Einhaltung des fotografischen Protokolls für das eLAB-System. Es ist nicht beabsichtigt, die Erfahrung und das Know-how eines gut ausgebildeten Zahntechnikers zu ersetzen, sondern diese Attribute mithilfe des eLAB-Systems zu ergänzen.

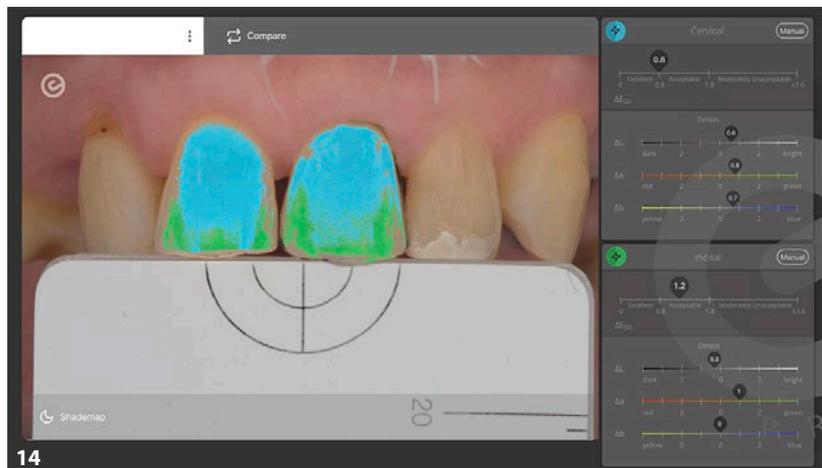


Abb. 13 Mit der digitalen Einprobe lässt sich die gebrannte Restauration zu jedem beliebigen Stadium des Fertigungsprozesses (z.B. Biskuitbrand) mithilfe der eLAB_prime-Software überprüfen. **Abb. 14** Der Farbabstand zwischen der Zielfarbe und dem Resultat lässt sich mithilfe der Paravina-Skala numerisch ermitteln, indem sie die Farbunterschiede relativ zur klinischen Situation Relevanz ausdrückt. Wenn der gemessene Farbunterschied zwischen einer Restauration und dem natürlichen Vorbild $\Delta E^* \leq 0,8$ ist, so geht man von einem klinisch exzellenten Resultat aus. Liegt der Wert bei $\Delta E^* \leq 1,8$, dann liegt das Resultat farblich durchaus im Bereich dessen, was im Allgemeinen als klinisch akzeptabel bezeichnet wird. Dieser Ansatz hat sich als zuverlässiger Kompass im Alltag bewährt.

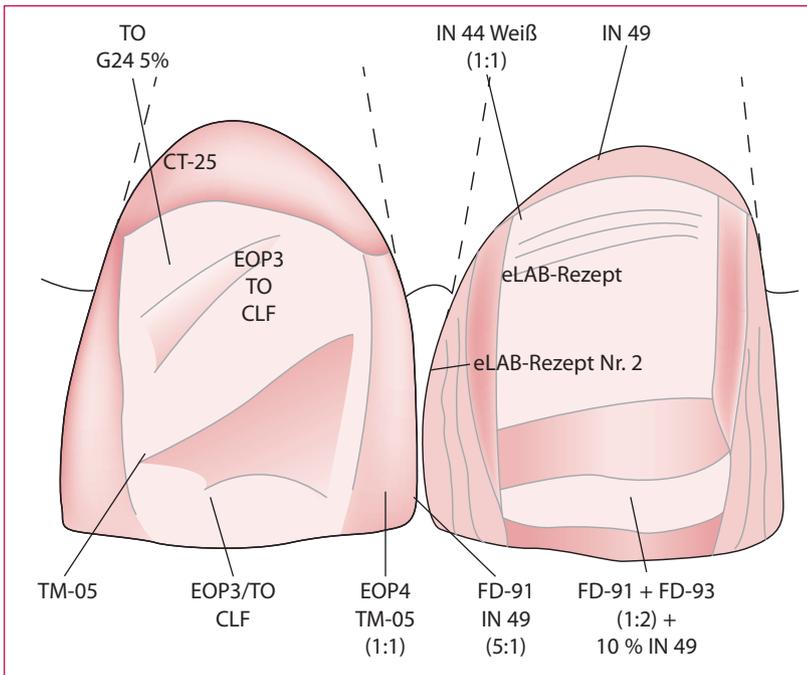


Abb. 15 Die Restauration ließ sich problemlos und zielsicher eingliedern. Sowohl die farbliche Übereinstimmung also auch die optische Erscheinung, perfektioniert durch viele kleine Details, waren kongruent mit der Vorhersage der digitalen Einprobe.

Abb. 16 Das Schichtschema des Autors.

Literatur

1. Berns RS. Billmeyer and Saltzmann's Principles of Color Technology. 3rd Ed. New York: Wiley, 2000.
2. Commission Internationale de l'Eclairage. CIE Technical Report: Colorimetry. CIE Pub No. 15.3. Wien: CIE Central Bureau, 2004.
3. Corcodel N, Zenthöfer A, Setz J et al. Estimating costs for shade matching and shade corrections of fixed partial dentures for dental technicians in Germany: a pilot investigation. Acta Odontol Scand 2011;5:319–320.
4. Fazi G, Vichi A, Corciolani G et al. Spectrophotometric evaluation of color match to VITA classical shade guide of four different veneering porcelain systems for metal ceramic restorations. Am J Dent 2009;1:19–22.
5. Gordon P, Wander P. Specialised equipment for dental photography. Br Dent J 1987;9:346–359.
6. Hein, Sascha. eLAB photo protocol. <https://elabprime.com/photo-protocol>. Zugriff am 04.12.2020.
7. Hein S, Tapia J, Bazos P. eLABor_aid: a new approach to digital shade management. Int J Esthet Dent 2017;2:186–202.

8. Hein S, Zangl M. The use of a standardized gray reference card in dental photography to correct the effects of five commonly used diffusers on the color of 40 extracted human teeth. Int J Esthet Dent 2016;2:246–59.
9. Ivoclar Vivadent. IPS Ivocolor. Malfarben und Glasuren. https://www.ivoclarvivadent.de/medias/sys_master/celum-connect2-assets/celum-connect2-assets/h3b/ha6/10112585826334/IPS-Ivocolor-ifu-DE-de.pdf. Zugriff am 04.12.2020.
10. Lipson A, Lipson SG, Lipson H. Production of polarized light. In: Optical Physics. 4th Ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2011.
11. Paravina RD, Pérez MM, Ghinea R. Acceptability and perceptibility thresholds in dentistry: a comprehensive review of clinical and research applications. J Esthet Restor Dent 2019;1–10.
12. Vichi A, Fazi G, Carrabba M, et al. Spectrophotometric evaluation of color match of three different porcelain systems for all-ceramic zirconia-based restorations. Am J Dent 2012;4:191–194.
13. Westland S, Luo W, Ellwood R et al. Color assessment in dentistry. Annals of the BMVA 2007;4:1–10.



ZT Emir Smajovic
Smile Tech GmbH
In Huebwiesen 9
8600 Dübendorf
Schweiz
Email: info@smile-tech.ch



ZTM Sascha Hein
Rennweg 17
79106 Freiburg im Breisgau
E-Mail: s.hein@bio-emulator.com