



Der Einsatz einer neuen Graukarte in der dentalen Fotografie

WEISSABGLEICH

Ein Beitrag von Ztm. Sascha Hein, Bad Wörishofen/Deutschland

KONTAKT

- Ztm. Sascha Hein
Gutenbergweg 6A
86825 Bad Wörishofen
www.emulation.me



Official eLABor_aid® Group

FACEBOOK



Ztm. Sascha Hein zeigt sich unermüdlich, wenn es darum geht, die aus der Bio-Emulation Gruppe gewonnenen Erkenntnisse und Workflows mit der Community zu teilen. Die Web-Community hat bereits mit zum Teil großen Erfolg das „eLABor_aid“-System angewendet und hilft nicht nur bei der Verbesserung, sondern liefert auch wichtige Impulse zur Weiterentwicklung. In diesem Beitrag * geht Sascha Hein auf den richtigen Einsatz der Graukarte in der dentalen Fotografie ein – ein wichtiger Aspekt des „eLABor_aid“-Systems. Begleitet wird dieser Artikel von einer Video-Reihe, in der Sascha Hein das Vorgehen Schritt für Schritt erklärt und demonstriert, wie sich derart angefertigte Aufnahmen für das „eLABor_aid“-System und somit in der Praxis einsetzen lassen.

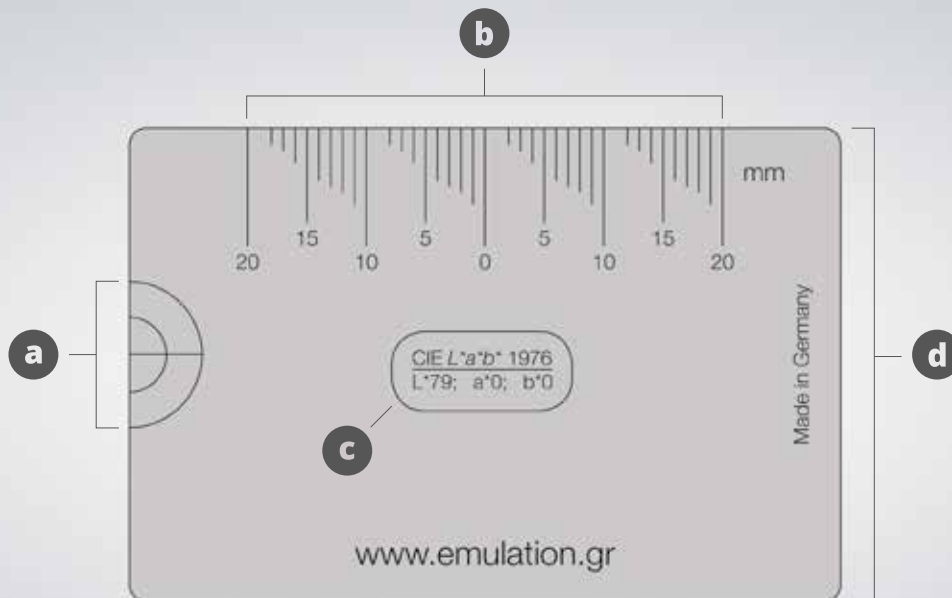
DD-CODES

- **84a8e** Part 1: Introduction
- **4tq7h** Part 2: Intraoral images
- **5p949** Part 3: Digital workflow
- **9gh55** Part 4: Practical application
- **76v95** Part 5: eLABor aid

Einfach einen dieser dd-Codes in das Suchfeld auf www.dentaldialogue.de eintragen und direkt eines der jeweiligen Videos aufrufen

HINWEIS

* Diesen Beitrag gibt es auch als übersichtliches Handout, das über Sascha Hein bezogen werden kann.



01 Beschreibung der Graukarte, die nach den Vorgaben der DIN EN ISO 9001:2008 hergestellt wird. **a** Fadenkreuz, **b** Millimeter-Skala, **c** Farbkoordinaten der Graukarte für die Kalibrierung am Computer. **d** Die Breite der Karte entspricht der mittleren intercaninen Distanz von kaukasischen Erwachsenen. Achtung: Die Karte darf nicht im Autoklav sterilisiert werden. Stattdessen sollte eine Niedertemperatur-Sterilisation erfolgen

Weißabgleich

Die in diesem Beitrag beschriebene Graukarte (white_balance gray reference card) wurde speziell für den Einsatz in der dentalen Fotografie entwickelt. Eine vorangegangene Studie konnte zeigen, dass der Einsatz einer solchen Karte zu farbtreuen Bildern in der Dentalfotografie führt [1], die speziell für die Farbkommunikation und zur Dokumentation von klinischen Ausgangssituationen (Farbnahme) sowie von klinischen Resultaten empfohlen ist.

Die white_balance Graukarte ist ideal für das bereits erwähnte eLABor_aid System geeignet, das entwickelt wurde, um die Farbkommunikation zwischen Praxis und Labor nicht nur objektiver zu gestalten, sondern auch, um eine vorhersehbare Reproduktion der gewünschten Zielfarbe zu gewährleisten. Dabei geschieht dies nicht unter Verwendung der herkömmlichen 16 Farben, da diese Art der Zahnfarbbestimmung viele bekannte Nachteile aufweist, was weitläufig in der

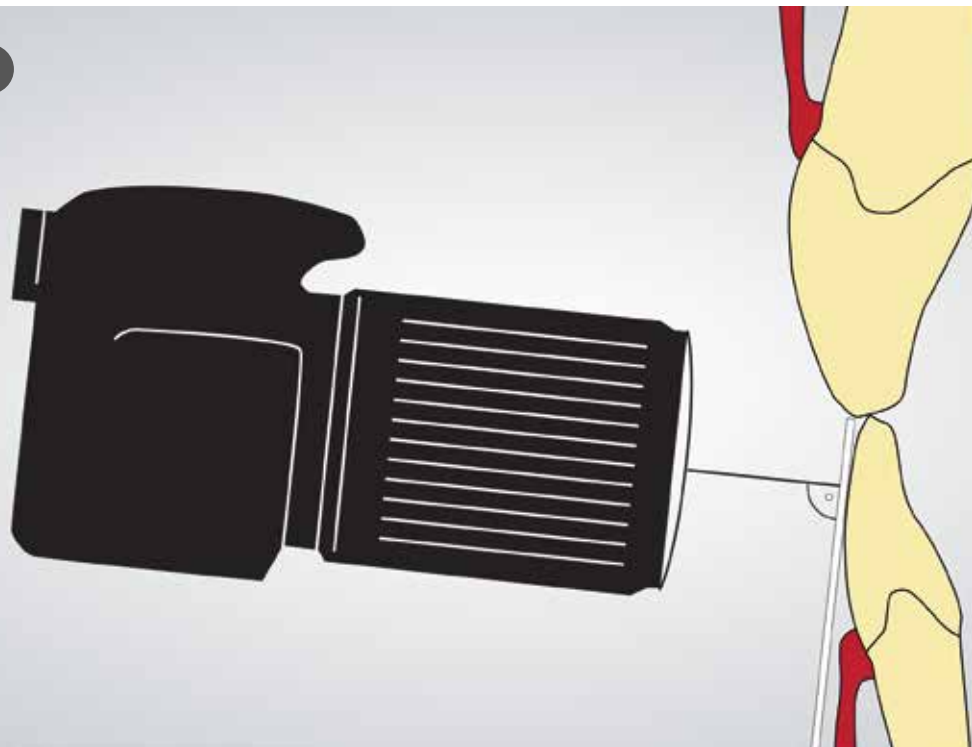
Literatur beschrieben wurde [2,3]. Mit der white_balance Graukarte ist der Zahntechniker in der Lage, die exakte Zahnfarbe zu messen und die Versorgung mithilfe einer individuell rezeptierten Dentinmischung mit einer hohen Genauigkeit zu reproduzieren. Die detaillierte Vorgehensweise wird anhand der Abbildungen 1 bis 11 beschrieben.

Kurze Fallbeschreibung

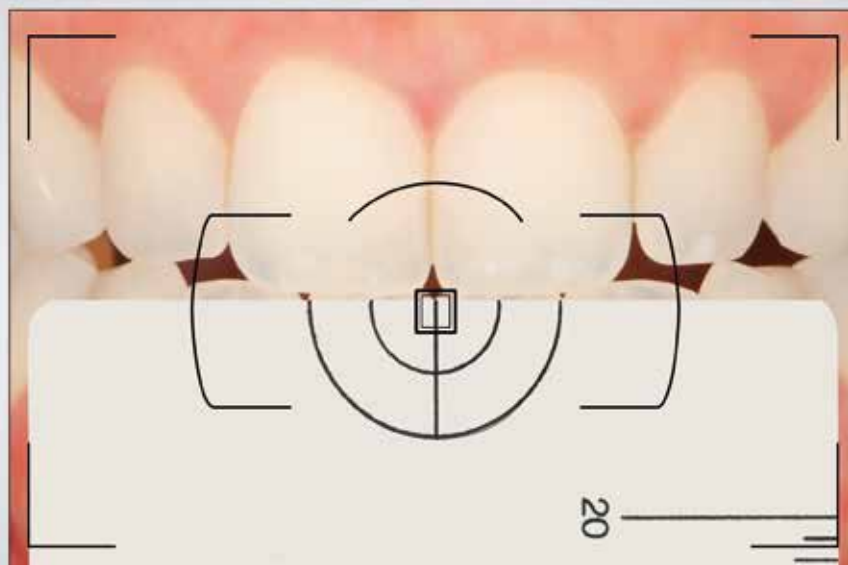
Beim vorliegenden Fall galt es, einen endodontisch behandelten und mit einem metallischen Stiftaufbau versehenen Frontzahn (21) zu restaurieren (Abb. 12 und 13). Das Behandlungsteam, bestehend aus *Dr. Javier Tapia Gaudix* (Privatpraxis Madrid, Spanien) und *Prof. Marleen Peumans* (Universität Leuven, Belgien), sowie ihr Patient waren hunderte Kilometer vom Dentallabor entfernt, was eine genaue farbliche Reproduktion unter Anwendung traditioneller Methoden erheblich erschwerte.

eLABor_aid – Capture, Calibrate & Create

Die prinzipielle Grundlage dieses einzigartigen Konzeptes basiert auf der Synchronisation verschiedener Digitalkameras und Blitzsysteme (Lateral- und Ringblitze) mithilfe der white_balance Graukarte sowie der bereits bekannten kreuzpolarisierten Dentalfotografie [4] und dem Einsatz von hochentwickelter Software [5]. Für die Farbmessung der zu reproduzierenden Dentinfarbe dient das in der Wissenschaft etablierte CIE Lab (1976) Farbsystem [6], statt des in der Zahnmedizin und Zahnmedizin weit verbreiteten Vita Classical Farbrings (Vita Zahnfabrik Bad Säckingen, Deutschland). Der $L^*a^*b^*$ -Farbraum (auch: Lab-Farben, CIE Lab, $CIE L^*a^*b^*$) beschreibt alle wahrnehmbaren Farben. Zu den wichtigsten Eigenschaften des $L^*a^*b^*$ -Farbmodells zählen die Geräteunabhängigkeit und die Wahrnehmungsbezogenheit, das heißt: Farben werden unabhängig von der Art ihrer Erzeugung oder Wiedergabetechnik so definiert, wie sie von einem Normalbeobachter bei einer Standard-Lichtbedingung wahrgenommen werden [7].

Schritt 1

02 Im ersten Schritt gilt es, den Patienten behutsam in einen Kopfbiss zu führen, das heißt, die Inzisalkanten sollten sich berühren. Die Graukarte wird nun direkt unterhalb der Schneidekante der beiden zentralen, oberen Inzisiven platziert; dabei bedeckt die Karte die Labialfläche der Unterkieferfrontzähne. Die Kamera (das Objektiv) sollte senkrecht zur Fläche der Graukarte gehalten werden

Schritt 2

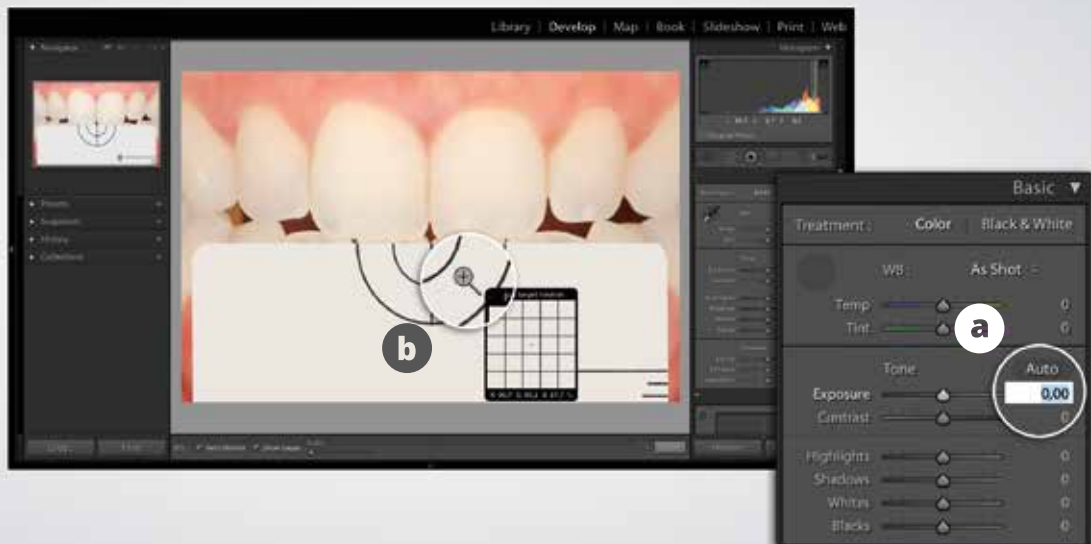
03 Der Fokussierabstand sollte so gewählt werden, dass die gesamte Breite der Graukarte im Bild knapp dargestellt wird (von Eckzahnspitze zu Eckzahnspitze). Dabei bieten die meisten modernen Digitalkameras ein einfaches Hilfsmittel in Form eines Kreises im Kamerasucher, der als Orientierung dient; bei normalen Kleinbildkameras (APS-C) sollten Sucherkreis und großer Kreis auf der white_balance Karte in etwa übereinstimmen. Bei den teureren Vollformatkameras erfüllt der kleinere Kreis auf der Karte denselben Zweck

Schritt 3



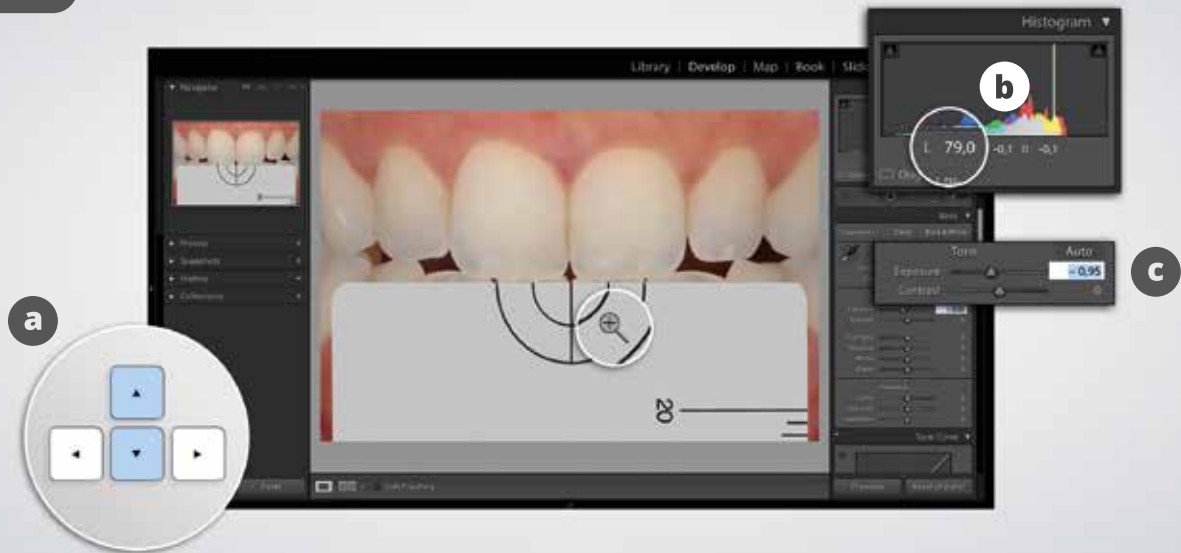
04 **a** Das so gewonnene RAW-Bild wird in Adobe Lightroom importiert. Dort wählt man das Weißabgleich-Werkzeug aus. **b** Dieses findet sich im Arbeitsbereich „Develop Mode/Entwickeln“, rechts oben in der Werkzeugleiste, und steht direkt unter „Treatment/Behandlung“. Nun klickt man mit dem Cursor auf eine beliebige Stelle der vier Segmente innerhalb des Fadenkreuzes der Graukarte. **c** Hinweis: Wenn man Adobe Lightroom das erste Mal öffnet, muss man per Rechts-Klick das Histogramm (macOS: CTRL-Klick) „Show Lab Values/Lab-Farbwerte zeigen“ aktivieren (nur ab Version 5.0 oder neuer)

Schritt 4 & 5

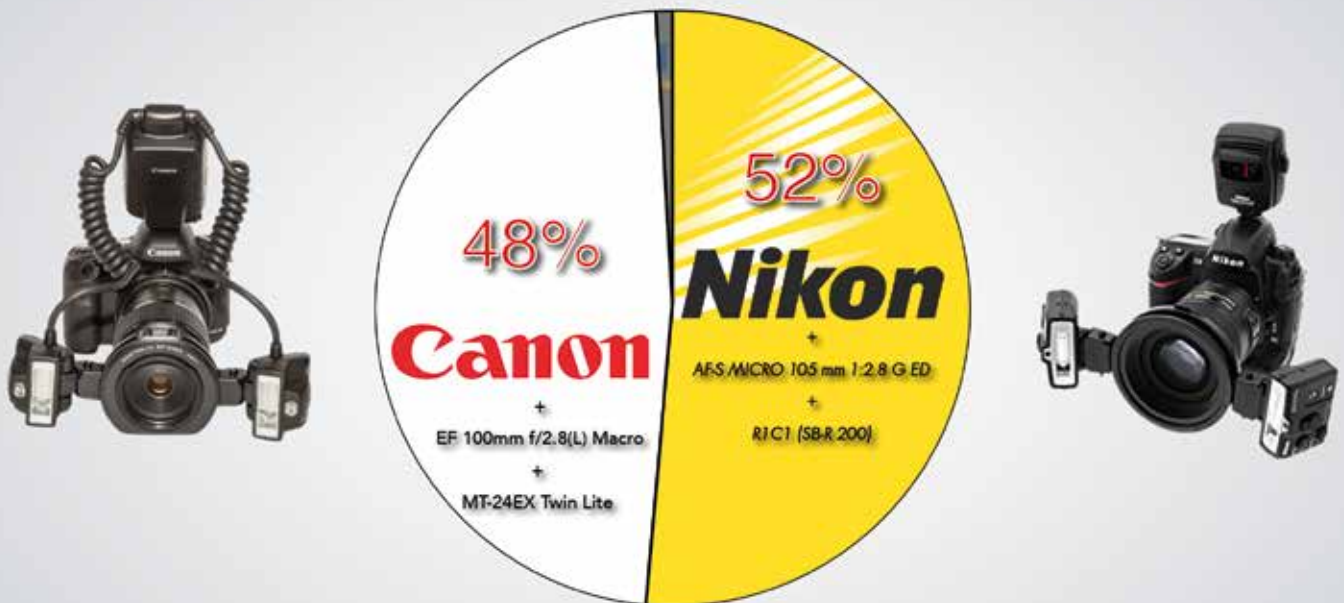


05 **a** Nun klickt man beim „Exposure/Belichtung“-Regler auf „0,00“, direkt unter dem Button „Auto“, wodurch das Feld blau hervorgehoben wird. **b** Wenn man nun den Cursor über die Graukarte bewegt, ändert er sich in eine Lupe. Diese Lupe platziert man auf einem der vier grauen Segmente des Fadenkreuzes, um unterhalb des Histogramms rechts oben mithilfe des L*a*b* Systems die Farbe zu messen. Dabei ist es wichtig, die auf der Graukarte ausgewählte Stelle nicht anzuklicken, sondern lediglich die Lupe dort zu „parken“

Schritt 6



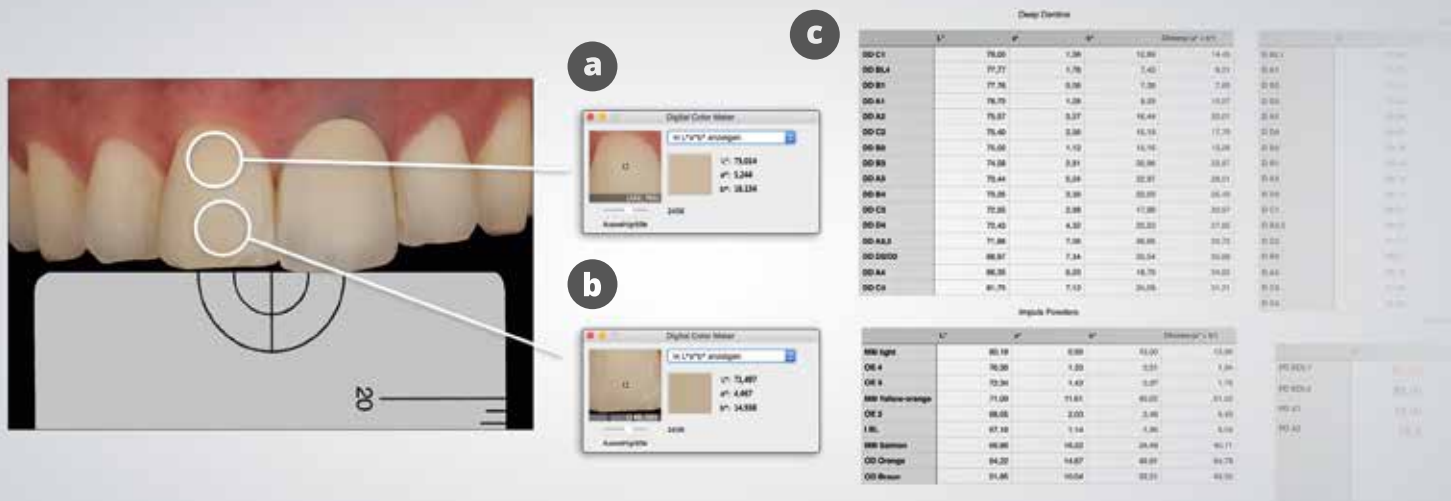
06 **a** Über die Oben-Unten-Steuerungstasten der Tastatur lässt sich daraufhin der L-Wert **b** des Histogramms einstellen, bis der Wert 79,0 ($\pm 0,5$) erreicht ist. Bitte die Maus währenddessen nicht bewegen und den eingestellten Wert mit „Enter“ bestätigen. Der Sinn dieser Vorgehensweise besteht darin, die bekannten Farbkoordinaten der white_balance Karte ($L^*79 a^*0 b^*0$) in Adobe Lightroom zu reproduzieren, um so alle Bilder aus Labor und Praxis gleichzuschalten. In diesem Fall war eine Belichtungskorrektur von EV -0,95 erforderlich, um den Zielwert von L^*79 zu erreichen. **c** Der exakte Wert für die Belichtungskorrektur variiert jedoch von Kamera zu Kamera und von Bild zu Bild, da es jedesmal kleine Unterschiede in der Blitzintensität gibt und weil nicht alle Kameras dieselbe Lichtempfindlichkeit bei gleicher ISO aufweisen



07 Eine statistische Auswertung von 264 internationalen Dental fotografie-Kursteilnehmern der letzten fünf Jahren hat ergeben, dass die Systeme von Nikon (52%) und Canon (48%) den Dentalmarkt domineieren. Das eLABor_aid System wurde daraufhin entsprechend optimiert



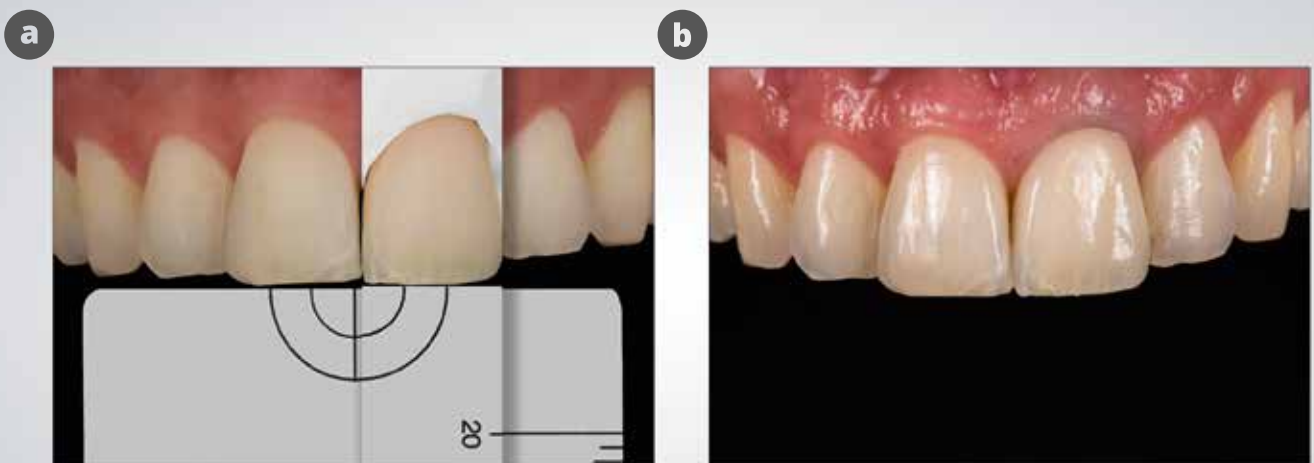
08 a Für das „eLABor_aid“-System eignen sich Nikon und Canon Kameramodelle gleichermaßen. In jedem Fall sollte zusammen mit einer ISO von 100 eine Belichtungszeit von 125 und ein Blende von f 22 im manuellen Kameramodus ausgewählt werden. **b** Da es Sinn und Zweck dieser Systematik ist, Zahnfarben zu messen, ist es notwendig, jegliche Spiegelungen auf der Zahnoberfläche zu eliminieren. Hierfür ist der Einsatz des polar_eyes Filters erforderlich. **c** Da dieser jedoch die Blitzleistung leicht verringert, ist es erforderlich, die Blitzintensität im manuellen Modus (kein E-TTL) auf die Maximalleistung 1/1 einzustellen



09 In Kombination mit der „white_balance gray reference card“ und den zuvor beschriebenen Schritten ist es nun möglich, Zahnfarben zu messen. Hierzu nutzt man die Farbmess-Software „Digital Color Meter“, die bereits auf jedem Mac installiert ist (unter „Dienstprogramme“). Diese Software arbeitet auf Basis des CIE L*a*b* (1976) Systems. Dabei beschreibt L* das Maß der Helligkeit (in diesem Fall etwa 75 %), a* die Menge an Rotanteil (hier zirka 5 %) und b* die Menge an Gelbanteil (in diesem Beispiel etwa 16 %). **a** Spezifische L*a*b*-Werte des zervikalen und **b** des inzisalen Drittels eines Zahnes. **c** Anhand einer Herstellersystemspezifischen Tabelle kann man diese Werte nun vergleichen und gegebenenfalls die am nächsten stehende Dentinfarbe aussuchen und modifizieren



10 **a** Aufgrund der bekannten Schwächen des Vita Classical Farbsystems ist es im Alltag häufig erforderlich, eine individuelle Dentinfarbe zu formulieren. Zu diesem Zweck wird meist das hellste Bleach Dentin (L^*) des jeweiligen Keramiksystems mit der visual_eyes Flüssigkeit vermischt, sodass die Farbe der ungebrannten Keramik bereits im feuchten Zustand sichtbar wird. Das Chroma ($a^* + b^*$) wird anschließend durch Beimengen einer roten (a^*) und einer gelben (b^*) Malfarbe je nach Fall gezielt eingestellt. **b** Die so entstandene Mischung wird in der jeweils zu Verfügung stehenden Verblendstärke auf das vorbereitet Gerüst geschichtet und **c** mittels digitaler Messung am Computerbildschirm überprüft



11 **a** Zusätzlich kann mithilfe des zuvor beschriebenen Workflows zu jedem Zeitpunkt ein digitales Try-in durchgeführt werden. Hierzu wird die Restauration beziehungsweise die noch ungebrannte visual_eyes Schichtung auf dem Modell fotografiert und anschließend digital in die Patientensituation eingefügt. **b** Auf diese Weise kann nicht nur die angepeilte Zahnfarbe exakt visuell und numerisch kontrolliert werden, sondern auch die Genauigkeit der Nachahmung vieler kleiner Details wie Schmelzsprünge, Mamelons und andere Mikrocharakteristiken, auch wenn diese nur auf hochauflösenden Bildern voll zur Geltung kommen und daher im Alltag weniger relevant sind



12 & 13 Im vorliegenden Fall galt es, den endodontisch vorbehandelten und mit einem metallischen Stiftaufbau versehenen Zahn 21 zu restaurieren. Das Behandlersteam sowie der Patient waren hunderte Kilometer vom Dentallabor entfernt, was eine genaue farbliche Reproduktion unter Anwendung traditioneller Methoden erheblich erschwerte



14 & 15 Aufnahmen der fertiggestellten Frontzahnsituation mit definitiv befestigter VMK-Krone auf Zahn 21. Aus diesen geht hervor, wie nah man mithilfe des beschriebenen Prozederes an das Original kommt – trotz der räumlichen Entfernung

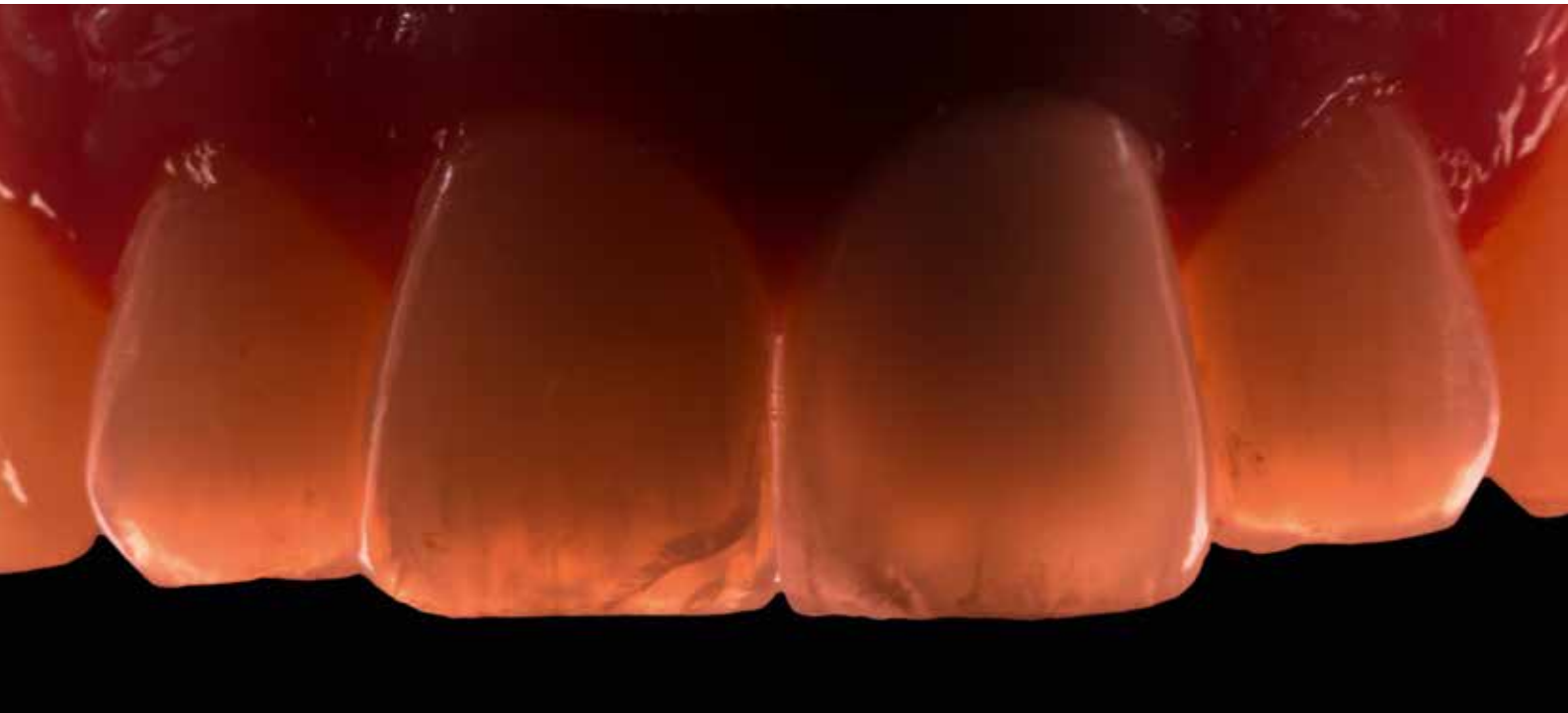
Von Behandlerseite ist lediglich ein kreuzpolarisiertes Digitalfoto (polar_eyes) notwendig, das im RAW-Format und mit der unterhalb der maxillären Frontzähne platzierten white_balance Graukarte aufgenommen wurde. Dies sollte idealerweise in einer Kopfbiss-Position geschehen und nicht im Schlussbiss, da sonst die inzisale Transluzenz blockiert wird. Eine Art „Fadenkreuz“ erleichtert es, die Karte mittig zu positionieren. Die beiden Halbkreise dienen hingegen dazu, den Kameraabstand zu definieren: Der größere von beiden sollte mit dem bei vielen APS-C Kleinformatkameras üblichen Kreis im Kamerasucher übereinstimmen (etwa Canon 450D

oder Nikon D7200), während der kleinere der beiden Halbkreise dieselbe Funktion bei den Vollformatkameras erfüllt (beispielsweise Canon 5D oder Nikon D 800).

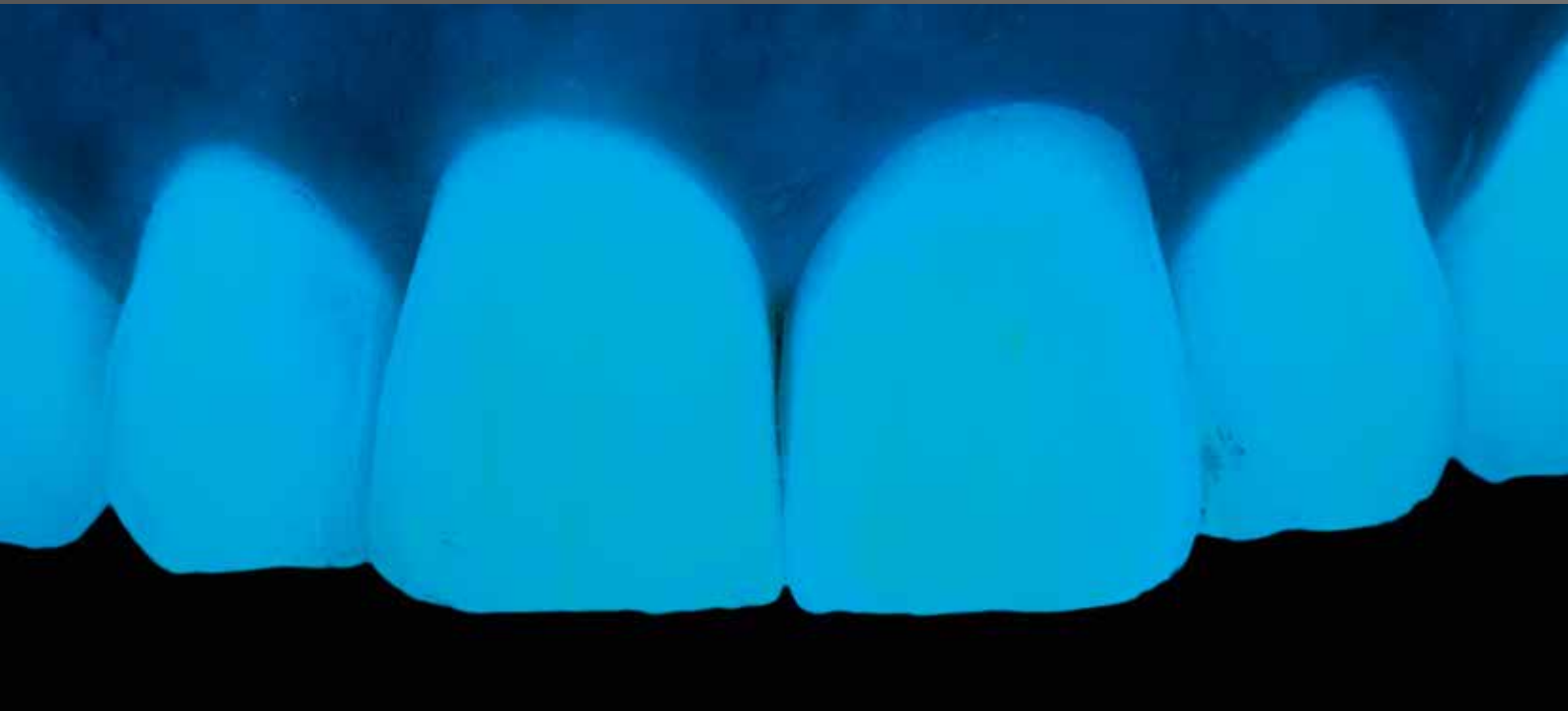
Das auf diese Weise erstellte digitale Bild im RAW-Format kann mittels Dropbox oder anderen Dienstleistern (zum Beispiel WeTransfer) einfach und schnell an das Labor übermittelt und anschließend mithilfe von Adobe Lightroom in drei einfachen Schritten „entwickelt“ werden. Die white_balance Graukarte dient hierbei nicht nur dem Zweck des Weißabgleichs, sondern auch des oft weniger bekannten Vorgangs

des Belichtungsabgleichs. Auf diese Weise gelingt die perfekte Synchronisation der digitalen Bilder des Zahntechnikers mit dem intraoralen Bild des Zahnarztes, das der Farbmessung zugrunde liegt.

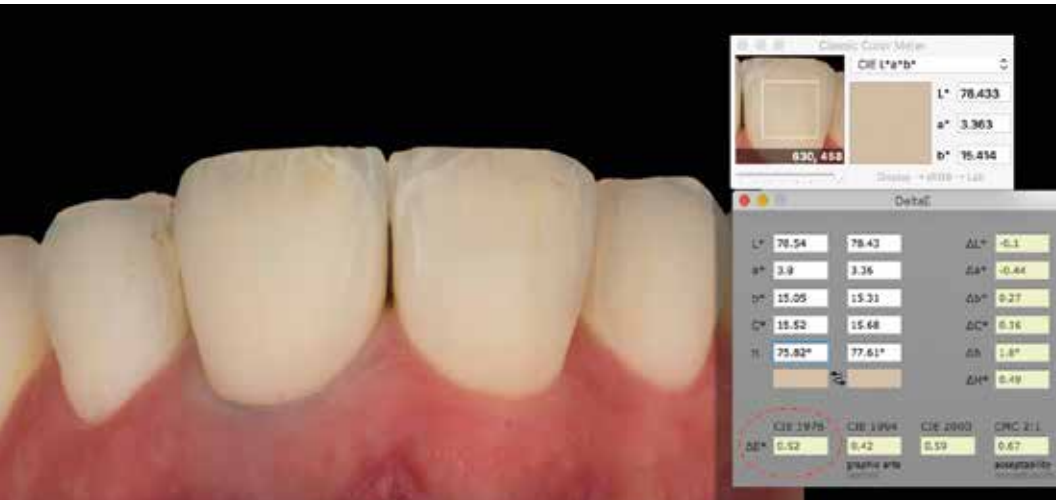
Anhand des so kalibrierten Bildes kann anschließend der L*a*b*-Wert der zu kopierenden Dentinfarbe bestimmt werden (vgl. Abb. 11). Die zahntechnische Umsetzung geschieht entweder anhand der eLABor_aid Tabelle, in der die L*a*b*-Farbwerte aller gängigen Keramiksyste­me aufgelistet sind (vgl. Abb. 9) oder durch die Rezeptierung einer individuellen Keramikmischung, was



16 Die Durchlichtaufnahme widerlegt einen weiteren Mythos, nämlich den, dass eine metallkeramische Restauration generell eine vermeintlich schlechte Wahl sei. Als Grund wird hier oft die negative Schattenbildung genannt, die allerdings voraussetzt, dass die Patienten von der Natur mit einer intraoralen Taschenlampe ausgestattet wären. Wie man sehen kann, zeigen auch natürliche, unbehandelte Zähne einen ähnlichen Schatten. In jedem Fall hat dieser Schatten unter Alltagsbedingungen keine negativen Auswirkungen auf das Resultat



17 Diese Fluoreszenzaufnahme wurde mit einem dafür speziell konzipierten Blitz (fluor-eyes) angefertigt, der eine optimale Emissionswellenlänge von < 380 nm aufweist, um eine maximale Fluoreszenz von zirka 450 nm auszulösen. Das Bild zeigt eindrucksvoll, dass die fluoreszierenden Eigenschaften der meisten modernen Dentalkeramiken durchaus mit der Referenz, nämlich dem natürlichen Zahn, mithalten können. Obwohl dies unter normalen Lichtverhältnissen keine Rolle spielt, kann eine der Natur nachempfundene Fluoreszenz peinliche Momente im Nachtclub vermeiden und sollte daher berücksichtigt werden



18 Das e_LABor_aid System zusammengefasst in einem Bild: Aufgrund des beschriebenen Workflows ist es möglich, Zahnfarbe über tausende Kilometer hinweg objektiv und exakt zu kommunizieren und vorhersehbar zu reproduzieren. Die farbliche Genauigkeit, die hierbei erzielt werden kann, ist beeindruckend. Der Wert ΔE^* beschreibt die Farbdifferenz zweier Objekte, in diesem Fall der Krone und des natürlichen Zahns. Ein Wert zwischen 1.0 und 2.0 wird laut CMC-System als „unmerklicher Farbunterschied“ kategorisiert, Werte zwischen 0 und 0.5 hingegen als „kein bis fast kein Unterschied“

häufig aufgrund der bekannten Schwächen des Vita Classical Farbsystems erforderlich ist. Für eine individuelle Mischung wird das hellste Bleach Dentin (L^*) des jeweiligen Keramiksystems mit der visual_eyes Flüssigkeit vermischt, sodass die Farbe der ungebrannten Keramik bereits im feuchten Zustand sichtbar wird [8]. Das Chroma ($a^* + b^*$) wird anschließend durch Beimengen einer roten (a^*) und einer gelben (b^*) Malfarbe kontrolliert durch Messung am Computerbildschirm erzielt (vgl. Abb. 10).

Eine der Stärken des „eLABor_aid“-Systems ist die Möglichkeit, die entstehende Dentinfarbe virtuell überprüfen zu können und zwar zu jedem beliebigen Zeitpunkt. So ist es zum Beispiel mithilfe der digitalen Einprobe möglich, die ungebrannte Keramik virtuell im Patientenmund einzuprobieren, um die Genauigkeit der farblichen Übereinstimmung visuell und numerisch zu überprüfen und exakt anzupassen (Abb. 14).

Wie hoch die Vorhersagbarkeit und letztendlich auch die Genauigkeit dieser neuen Verfahrensweise ist, kann bei der tatsächlichen Anprobe der fertigen Restauration im Patientenmund überprüft werden (Abb. 15). Die Abbildungen 14 bis 17 verdeutlichen, wie nah man mithilfe der Graukarte, des

Weißabgleichs und der anderen genannten Hilfsmittel dem natürlichen Vorbild kommt (Zahn 11). Aufgrund des beschriebenen Workflows ist es möglich, Zahnfarbe über tausende Kilometer hinweg objektiv und exakt zu kommunizieren und vorhersehbar zu reproduzieren. Die farbliche Genauigkeit, die hierbei erzielt werden kann, ist beeindruckend. Der ΔE -Wert beschreibt die Farbdifferenz zweier Objekte, in diesem Fall der Krone und des natürlichen Zahns. Ein Wert zwischen 1.0 und 2.0 wird laut CMC-System als „unmerklicher Farbunterschied“ kategorisiert. Werte zwischen 0 und 0.5 hingegen als „kein bis fast kein Unterschied“ [9] (Abb. 18). Die Fluoreszenzaufnahmen wurden mit einem speziell dafür konzipierten Blitz (fluor-eyes, Emulation) geschossen, der eine optimale Emissionswellenlänge von < 380 nm aufweist, um eine maximale Fluoreszenz von etwa 450 nm auszulösen [10]. Die Bilder zeigen eindrucksvoll, dass die fluoreszierenden Eigenschaften der meisten modernen Dentalkeramiken durchaus mit der Referenz, nämlich dem natürlichen Zahn, mithalten können. Obwohl dies unter normalen Lichtverhältnissen keine Rolle spielt [11], kann eine der Natur nachempfundene Fluoreszenz peinliche Momente im Nachtclub vermeiden und sollte daher berücksichtigt werden (vgl. Abb. 17).

Fazit

Die beschriebene Vorgehensweise wurde von deren Erfindern, *Ztm. Sascha Hein, Dr. Panagiotis Bazos* und *Dr. Javier Tapia Guadix* über einen Zeitraum von drei Jahren anhand einer wissenschaftlich fundierten Systematik entwickelt (Abb. 18). Um die Alltagstauglichkeit und Robustheit dieses neuen Protokolls zu testen, wurde das eLABor_aid System seit Beginn des Jahres bereits über 100 Kollegen und Kolleginnen auf der ganzen Welt vermittelt. In dieser Zeit wurde eine Online-Community gegründet (facebook: Official eLABor_aid Group), die mittlerweile über 1500 Mitglieder zählt. Ziel war und ist es, mithilfe dieser modernen „Crowd-sourcing“-Methode, das heißt durch die Unterstützung einer fachkundigen Community, weitere Vereinfachungen und Verbesserungen zu erzielen. Die bisherigen Ergebnisse, die innerhalb dieser Community von den weltweiten Anwendern regelmäßig geteilt werden, geben Anlass zur Hoffnung, dass es mithilfe dieser neuen Methodik gelingen könnte, tradierte Denkmuster aufzubrechen und uns letztendlich einen Schritt weiterzubringen auf dem Weg zur vorhersehbaren Reproduktion der Zahnfarbe – und zwar ohne regelmäßige Neuanfertigungen und Frustration. ■

VERWENDETE PRODUKTE

Nachfolgend sind alle Produkte der Reihe nach aufgeführt, die den in diesem Beitrag beschriebenen Workflow ermöglicht haben.

- **GRAUKARTE**

white_balance gray reference card (www.emulation.me)

- **KAMERA**

Eine beliebige digitale Spiegelreflexkamera mit entsprechendem Makroobjektiv und Makroblitz

- **POLARISATIONSFILTER**

polar_eyes (www.emulation.gr)

- **BILDBEARBEITUNGS SOFTWARE**

Adobe Lightroom und Keynote

- **ANMISCHFLÜSSIGKEIT**

visual_eyes (www.emulation.me)

- **FARBMESS-SOFTWARE (MACOS)**

Digital Color Meter

- **SCHIENE FÜR LATERALBLITZE**

Axis 45° (www.emulation.me)

KURSE & KONGRESSE

Wichtige Termine des eLABor-aid Kursprogramms 2017 finden sich in dieser Ausgabe unter der Rubrik „Kurse & Kongresse“ bei den Einträgen der Firmen HPdent und Ivoclar Vivadent auf Seite **XXX**.

Zudem wird Sascha Hein am 16. September 2017 im Rahmen des diesjährigen colloquium dental in Nürnberg das eLABor-aid-System vorstellen. Nähere Informationen hierzu sind auf der Kongress-Website zu finden (www.colloquium-dental.de).

LITERATUR

- [1] 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;11:246-59.
- [2] Westland S, Luo W, Ellwood R, Brunton P, Pretty I. Colour Assessment in Dentistry. *Annals of the BMVA* 2007;4:1– 10.
- [3] Bayindir F, Kuo S, DDS, Johnston WM, Wee AG. Coverage error of three conceptually different shade guide systems to vital unrestored dentition. *J Prosthet Dent*. 2007 Sep;98(3):175-85.
- [4] Gordon P, Wander P. Specialised equipment for dental photography. *Br Dent J*. 1987;9:346-59.
- [5] Jiang J, Liu D, Gu J, Süssstrunk S. What is the Space of Spectral Sensitivity Functions for Digital Color Cameras? Workshop on Applications of Computer Vision (WACV), Jan, 2013.
- [6] Berns RS. Billmeyer and Salzman's Principles of Color Theory, ed 3. New York: John Wiley and Sons, 2000:4.
- [7] Commission Internationale de l'Eclairage. CIE Technical Report: Colorimetry. CIE Pub No. 15.3. Vienna, Austria: CIE Central Bureau; 2004.
- [8] Hein S, Bazos P, Tapia Guadix J. Beyond Visible: Exploring Shade Interpretation. *Quint Dent Technol*. 2014; Vol 37.
- [9] Hunt R. The Reproduction of Color. 6. Auflage. Wiley, Chicester 2004
- [10] ten Bosch JJ, Zijp J.R. Dentine and dentine reactions in the oral cavity. In Thylstrup A, Leach S.A, Qvist V. (IRL Press Ltd, Oxford, England, 1987) 59-65.
- [11] Lee YK. Fluorescence properties of human teeth and dental calculus for clinical applications. *J Biomed Opt* 2015; 20:040901.