

ALESSANDRO DEVIGUS¹
PANAGHIOTIS BAZOS²
SASCHA HEIN³

¹ Privatpraxis, Bülach

² Privatpraxis, Athen

³ Privatlabor, Bad Wörishofen

KORRESPONDENZ

Dr. med. dent.

Alessandro Devigus

Gartematt 7

CH-8180 Bülach

Tel. +41 44 886 30 44

Fax +41 44 886 30 41

E-Mail: devigus@dentist.ch

Dieser Artikel erschien erstmals in der Zeitschrift Forum Implantologicum 13: 64–71 (2017)



Fototipps: Licht in der dentalen Fotografie

SCHLÜSSELWÖRTER

Fotografie, Licht, Ausrüstung, Standards

Bild oben: Abbildung von Kompositrestaurationen und Materialien auf einem Fluoreszenzbild

ZUSAMMENFASSUNG

Nicht nur in der dentalen Fotografie ist die effektive Beleuchtung ein Schlüsselfaktor für ein gutes Bild. Verschiedene Lichtquellen gelangen hierzu zum Einsatz. Es ist wichtig, die Farbeigenschaften der Lichtquellen zu kennen und die Kamera entsprechend einzustellen. So lassen sich unerwünschte Farbveränderungen vermeiden. Die

Beleuchtung ist ein Schlüsselfaktor für ein erfolgreiches Bild. Sie bestimmt nicht nur die Helligkeit und Dunkelheit, sondern auch Ton, Stimmung und Atmosphäre. Die Manipulation des Lichts, auch durch den Einsatz spezieller Filter, kann als diagnostisches Hilfsmittel bei der Behandlung eingesetzt werden.

Einleitung

Licht und Beleuchtung bilden die Grundlagen der Fotografie. Das Wort «Fotografie» stammt von den griechischen Wörtern «phos» (Licht) und «graphis» (Zeichnung) ab. Somit kann Fotografie als das Zeichnen mit Licht beschrieben werden. Fotografie ist das Einfangen und Aufzeichnen von Licht und erfolgt heute meistens digital. Vor mehr als 50 Jahren war es nahezu unmöglich, den Blitz einer Kamera so präzise in die dunkle Mundhöhle zu richten, dass für medizinische Zwecke geeignete intraorale Bilder aufgenommen werden konnten. Die Einführung von Ringblitz- und Seitenblitzsystemen, die am Ende des Makroobjektivs angebracht werden, erlaubte in den 1950er-Jahren eine für die intraorale Fotografie ausreichende Beleuchtung. Durch die begrenzte Verfügbarkeit von Kamerasystemen, Objektiven und Blitzern sowie die nur wenigen geeigneten Filme für diese Art der Fotografie entstand ein Quasistandard. Bereits zu diesem Zeitpunkt forderten Autoren eine Standardisierung der dentalen Fotografie, um die Dokumentationsqualität zu verbessern (BENDEL 1985).

Allerdings sind wir heute jedoch in der dentalen Fotografie aufgrund der rasch wachsenden Palette digitaler Kameras und Beleuchtungssysteme weiter von Standards entfernt als jemals zuvor.

Lichtquellen

Der Schlüssel zur guten Fotografie ist insbesondere im dentalen Bereich eine effektive Beleuchtung (AHMAD 2009). Heute stehen für die dentale Fotografie verschiedene Leuchtmittelformen zur Verfügung, vor allem gepulstes Xenonlicht (D65), das wir als Blitzlicht bezeichnen, und kontinuierlich Licht emittierende Dioden (LEDs). Für eine wissenschaftliche Entscheidungsfindung müssen die beiden Schlüsselemente der spektralen Eigenschaften von Leuchtmitteln bekannt sein: die korrelierte Farbtemperatur (CCT) und der Farbwiedergabeindex (CRI).

Korrelierte Farbtemperatur (CCT)

CCT spezifiziert die Farbe des von einem Leuchtmittel abgegebenen Lichts, indem es die Farbe mit derjenigen einer Referenz-

quelle nach dem Erhitzen auf eine bestimmte, in Kelvin (K) gemessene Temperatur vergleicht. Die CCT-Angabe für ein Leuchtmittel gibt in der Regel den «Wärme»- oder «Kälte»-Anteil des Lichts an. Im Gegensatz zur Temperaturskala wird das Licht von Leuchtmitteln mit Werten < 3200 K in der Regel als «warm» bezeichnet und das Licht bei einer CCT > 4000 K als «kalt» (www.lrc.rpi.edu/education/learning/terminology/cct.asp).

Farbwiedergabeindex (CRI)

Der Farbwiedergabeindex eines Leuchtmittels ist ein quantitatives Mass der akkuraten Farbwiedergabe bei verschiedenen Objekten im Vergleich zu einer idealen oder natürlichen Lichtquelle. Allgemein gibt der CRI die Fähigkeit eines Leuchtmittels an, die Objektfarben, bezogen auf eine bekannte Referenzquelle wie das Licht einer Glühlampe oder Tageslicht, realistisch oder natürlich wiederzugeben. Je höher die CRI-Werte sind, umso natürlicher wirken die Objekte und umso eher kann der Betrachter die Farben dieser Objekte unterscheiden (www.lrc.rpi.edu/programs/nlpip/lightinganswers/lightsources/whatis-ColorRenderingIndex.asp). Für die Schattenbestimmung in der dentalen Fotografie wurde ein CRI > 90 vorgeschlagen (DYKEMIA ET AL. 1986).

Xenonlicht

Am häufigsten werden gepulste Xenonleuchtmittel (z.B. elektronische Blitze) eingesetzt. Sie enthalten ein mit Xenongas gefülltes Rohr, das beim Anlegen hoher elektrischer Spannung einen Lichtbogen auslöst, der einen kurzen Blitz grellen Lichts verursacht. Die relative spektrale Verteilung von Xenonlicht wird oft verwendet, um das CIE-Leuchtmittel D65 zu simulieren (REA ET AL. 2004) (Abb. 1). Besonders wichtig ist dies bei der Untersuchung der Farbabstimmungen, die von der Art der Lichtquellen abhängen (BERNS 2000). Derartige Farbabstimmungen werden als metamerisch bezeichnet und kommen in der Zahnheilkunde fast immer vor, da zwischen den künstlichen Restaurationen und den natürlichen Zähnen nur eine bedingte Farbabstimmung möglich ist.

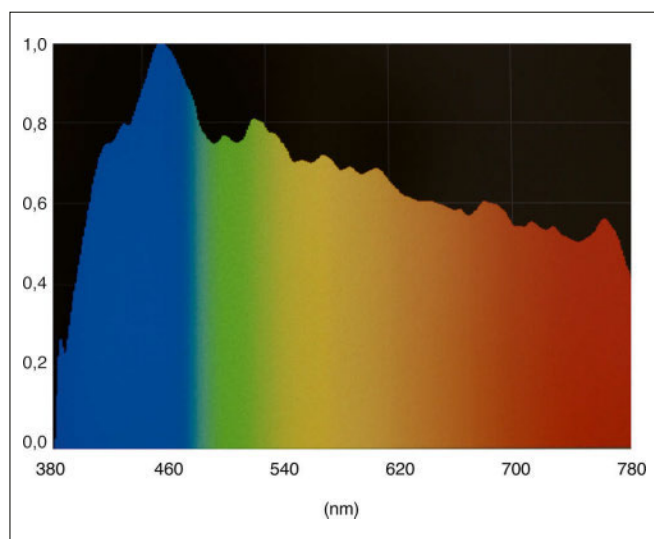


Abb. 1 Typisches Emissionsspektrum eines Xenonblitzes (Canon MT24EX) mit gleichmässiger spektraler Verteilung und einem hohen CRI > 97

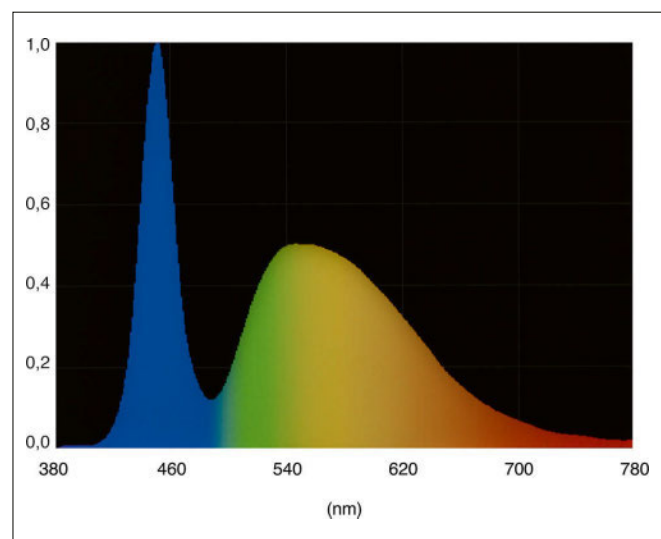


Abb. 2 Typisches Emissionsspektrum einer konventionellen kontinuierlichen LED-Lichtquelle (Smile Lite) mit einem scharfen Spitzenwert im blauen Bereich, einem plötzlichen Absinken im grünen Bereich, einem mässigen Anstieg im gelben Bereich und einer ungleichmässigen Kurve der spektralen Verteilung mit einem niedrigen CRI von 74

LEDs

LEDs wurden erstmals in den 1960er-Jahren entwickelt, waren aber erst in den letzten zehn Jahren hell genug, um sie für mehr als eine Handvoll Beleuchtungsanwendungen einzusetzen. Diese Anwendungen bedienen sich vor allem der Eigenschaft der LEDs, durch die sie am besten für diese Indikation geeignet waren (z.B. zur direkten Betrachtung als selbsterleuchtetes Objekt wie bei Zeichen und Signalen), nicht zur Beleuchtung (d.h. zur Betrachtung anderer Objekte durch das von diesen Objekten reflektierte Licht). LED-Beleuchtungssysteme entwickeln sich ständig rasant weiter, und die jeweiligen Leistungsmaßstäbe (z.B. Lichtausbeute, Lichtleistung) werden regelmässig überschritten (www.lrc.rpi.edu/programs/nlpip/lightinganswers/led/indicationillumination.asp. Letzter Zugang am 11. November 2016 durch S. Hein).

Das typische Emissionsspektrum einer konventionellen kontinuierlichen LED-Lichtquelle (Smile Lite) mit einem scharfen Spitzenwert im Blaubereich, einem plötzlichen Abfall im Grünbereich und einem mittelstarken Anstieg im Gelbbereich führt zu einer ungleichmässigen spektralen Verteilung mit einem geringen CRI von 74 (Abb. 2). Durch die aktuellen Fortschritte in der LED-Technologie werden, abhängig von Produkt und Anwendung, CRI-Werte von 68 bis 94 erreicht.

Weissabgleich

Der Weissabgleich ist eine Linearisierung der RGB-Werte eines Bildes mithilfe einer grauen Referenzkarte zur Neutralisierung des kameraspezifischen Farbbias. Dieser kann hersteller- und kameraabhängig erheblich variieren. Eine gute Kamera mit Weissabgleich muss die Farbtemperatur einer Lichtquelle berücksichtigen, also die relative Wärme oder Kälte von weissem Licht. Dies erfolgt in der Regel in einem der voreingestellten Modi der Kamera, wie «automatischer Weissabgleich» (AWB) oder «Blitz» (Blitzsymbol). Alternativ kann eine graue Referenzkarte verwendet werden (white_balance®), um den Weissabgleich des Fotos bei der digitalen Nachbearbeitung mit Programmen wie Adobe Lightroom® oder Adobe Photoshop® anzupassen.

Einfluss von Licht

Die Beleuchtung ist ein Schlüsselfaktor für ein erfolgreiches Bild. Sie bestimmt nicht nur Helligkeit und Dunkelheit, sondern auch Ton, Stimmung und Atmosphäre. Daher muss das Licht korrekt kontrolliert und manipuliert werden, um die beste Textur, Leuchtbendigkeit der Farben und Leuchtkraft der Objekte zu erreichen.



Abb. 3 Flache Beleuchtung durch eine Einzellichtquelle hinter der Kamera



Abb. 4 Eine seitliche Beleuchtung definiert die Form eines Objekts besser und wirft einen partiellen Schatten, sodass das Bild dreidimensionaler wirkt.

Die gezielte Verteilung von Schatten und Spitzlichtern erlaubt das Herstellen besserer Fotografien.

Lichtposition

Eine Lichtquelle, die sich hinter der Kamera befindet und direkt auf das Objekt zielt, erzeugt eine sehr flache Beleuchtung (Abb. 3). Eine seitliche Beleuchtung erzeugt hingegen ein weitaus interessanteres Bild, da sie die Form des Objekts besser abgrenzt und es in partiellen Schatten hüllt, sodass es eher dreidimensional wirkt (Abb. 4).



Abb. 5a–b Vergleich zwischen schräger (45°/0°) (a) und direkter Beleuchtung (b)



Abb. 6 Direkter Blitz



Abb. 7 Indirekter Blitz

Die oben genannten Grundlagen werden in den Abbildungen 5a–b mit schräg einfallender ($45^\circ/0^\circ$) Beleuchtung (Abb. 5a) und direkter Ausrichtung (Abb. 5b, Ringblitz) nach Weissabgleich gezeigt. Die schräg einfallende Beleuchtung (Abb. 5a) erzeugt eine gute Annäherung des typischen Aussehens und beeinflusst die Art, wie das menschliche Auge eine Probe oder ein Objekt wahrnimmt.

Lichtform

Durch die Zugabe eines Diffusors zur Lichtquelle wird die Blendung des Objekts reduziert. Allerdings können Reflektoren und Diffuser eine Farbverschiebung erzeugen. Die Abbildungen 6–7

zeigen das bei der Verwendung von direktem und indirektem Blitz entstehende Bild.

Lichtmanipulation

Licht kann so manipuliert werden, dass es auf einen bestimmten Bereich des Objekts trifft. Dies lässt sich durch den Einsatz von Diffusern und Reflektoren erreichen, die überwiegend bei der Porträtfotografie eingesetzt werden (Abb. 8a–b).

Spezielle Licht-Set-ups und Überlegungen Bei verhinderter Blendung bleiben nur Farbe und Helligkeit

Die klinische Evaluation der dentalen Farbschattierung basiert in der Regel auf der direkten visuellen Beurteilung einer konventionellen Blitzlichtfotografie, die jeweils der Subjektivität unterliegt. Die Farbschattierung eines Zahns lässt sich nur schwer präzise beurteilen, weil die Fotografie mit normalem Blitzlicht durch die Physik von Licht Beschränkungen unterliegt. Spiegelnde Reflexionen (Blendung) verhindern die konsistente Darstellung subtiler Schmelzmerkmale wie Mikroverkalkungen und verwischen oft die Abgrenzung zwischen Merkmalen auf und unter der Zahnoberfläche. Blendung gilt als oberflächliche Reflexion mit den unveränderten Farbeigenschaften der Lichtquelle.

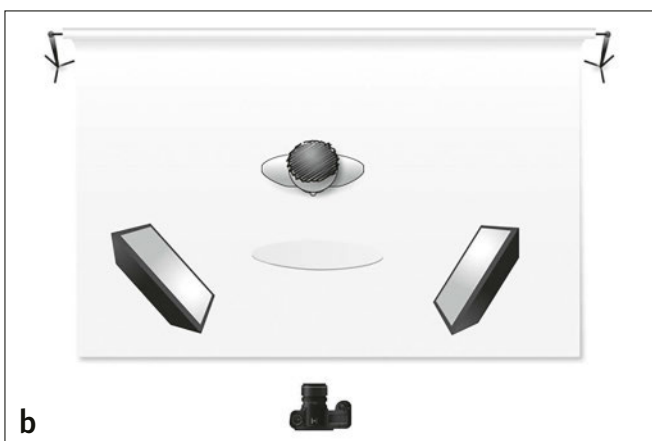
Die reflexive kreuzpolarisierte Fotografie ist eine Technik, die die dentale chromatische Farbestimmung signifikant durch bilaterale parallele Doppelpolarisatoren im Lichtpfad und einen weiteren Polarisator (Analysator) verbessert, der im rechten Winkel zu den Doppelpolarisatoren vor dem Kameraobjektiv ausgerichtet ist (Abb. 9a–b). Die Messung durch das Objektiv kann den Polarisationsfilter auf der Kamera ausgleichen. Der Belichtungswert der Blitzeinheit sollte um 1–2 Blenden erhöht werden, um den Effekt des Filters über den doppelten Blitzköpfen auszugleichen.

Es gibt umfangreiche Indikationen und Anwendungen für diese Technik in der Zahnheilkunde:

1. Elimination von Spiegelreflexionen und Lichthöfen zur freien Sicht (BENGEL 2006; HAJTO 2006)
2. Beurteilung des Weissabgleichs und klinische Beobachtung vor allem der Schmelzläsionen in der Umgebung von kieferorthopädischen Brackets als diagnostisches Hilfsmittel (BENSON ET AL. 2008)
3. Kartierung der Eigenschaften und Nuancen unter der Schmelzoberfläche (ROBERTSON & TOUMBA 1999)



a



b

Abb. 8a–b Porträt-Set-up mit zwei seitlichen Blitzern und einem Reflektor



Abb. 9a Bild mit dem Einsatz eines polar_eyes-Filters



Abb. 9b Schattierung und Auswahl des Kompositmaterials mit polarisierten Bildern, d.h. ohne Blendung und Reflexionen

4. Nachweis und Beurteilung von Rissen in Schmelz und Restaurationen
5. Beurteilung der Farbart zur Auswahl der restaurativen Farbschattierung (Hart- und Weichgewebe) mit vergleichenden konventionellen oder angefertigten Farbtafeln
6. Bestätigung der Integration der provisorischen/finalen Restaura-tionsprothetik
7. Evaluation der Bleichung (GERLACH 2007; SAGEL & GERLACH 2007)
8. Translationale Anwendung in der oralen Medizin und oralen Pathologie zur Beurteilung der Mukosa, zur Diagnostik und geführten operativen Exzision (JACQUES ET AL. 2000, 2002, 2008)
9. Gerichtsmedizinische Beurteilung bei Kindesmissbrauch (LAWSON ET AL. 2011)
10. Forensische Anwendungen

Visuelle Integration des restaurativen Biomaterials bei UV-reicher Umgebung

Natürliche Zähne geben unter ultravioletter (UV-)Strahlung ein weisslich blaues Licht ab. Der Effekt der Fluoreszenz auf die Farbwahrnehmung unter natürlichem Umgebungslicht ist fraglich. Trotzdem muss sich eine dentale Restauration unter zahlreichen Lichtbedingungen optimal visuell integrieren; dazu gehören auch Umgebungen mit viel UV-Licht wie Nachtclubs und Tanzdielen. Die Fluoreszenz natürlicher Zähne lässt sich mit

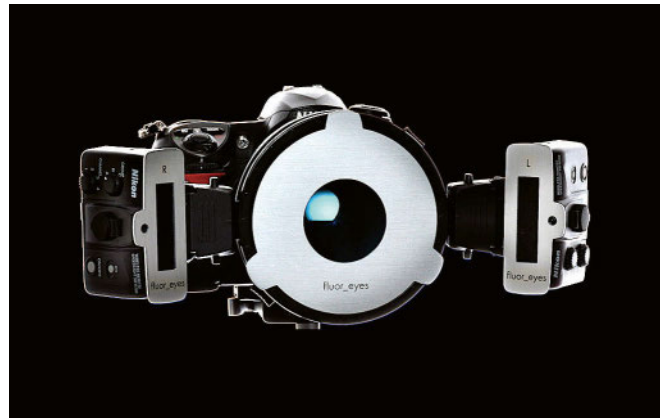


Abb. 10 fluor_eyes-Filter auf einem Nikon-R1C1-Makroblitz

einem massgeschneiderten, von den Autoren entwickelten Fluoreszenzmakroblitz (fluor_eyes, emulation) aufzeichnen (Abb. 10). Dieser Makroblitz gibt eine ideale Anregungswellenlänge von 365 nm zur UV-Strahlung ab, um die Fluoreszenz natürlicher Zähne und/oder dentaler Keramiken und Komposit-harze aufzuzeichnen (Abb. 11–12). Dieser Effekt lässt sich leicht mit einer Verschlusszeit von 1/125 Sekunde, einer Blende von f22 und einem ISO von 400–1600 erreichen, sodass Bilder mit hoher Wiedergabetreue und ausreichender Tiefenschärfe ent-

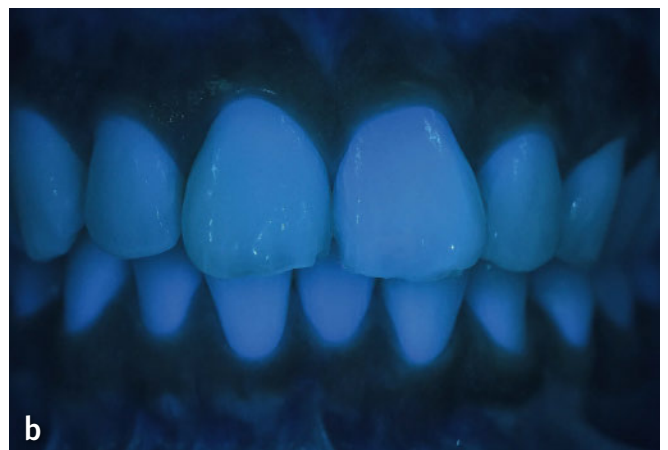


Abb. 11a–b Kreuzpolarisiertes (a) vs. Fluoreszenzbild (b) derselben intraoralen Situation.



Abb. 12 Abbildung von Kompositrestaurationen und Materialien auf einem Fluoreszenzbild



Abb. 13 polar_eyes-Filter auf einem Nikon-RIC1-Makroblitz

stehen und keine umständlichen UV-Licht-Set-ups mit fehlender Standardisierung erforderlich sind.

Notwendigkeit von Standards

Wie bei vielen Anwendungen in der Wissenschaft und auf dem Gebiet des Engineering liefert die Standardisierung die Grundlage für die Wiederholbarkeit und somit auch für die Vorhersagbarkeit. Dies sollte im Bereich der dentalen Fotografie nicht anders sein, die traditionell eine zu geringe Standardisierung aufweist.

Vor Kurzem wurden neue Hilfsmittel und Werkzeuge eingeführt, mit denen der dentale Fotograf das Aussehen der natürlichen Zähne und Weichgewebe ermitteln und präzise und reproduzierbar aufzeichnen kann.

Kreuzpolarisierte Fotografie

Der Einsatz eines speziellen kreuzpolarisierten Filters (polar_eyes®) eliminiert die Oberflächenblendung und erlaubt die Evaluation der einzelnen, oben definierten Zahnmerkmale sowie die Quantifizierung der Farbkoordinaten mit dem CIELab-System. Durch die Mechanik der Kreuzpolarisation ist diese Anwendung ideal für eine direkte Beleuchtung geeignet (90° - bis 0° -Geometrie), wie sie idealerweise von einem Ringblitz erzeugt wird. Alternativ kann zu diesem Zweck ein Satz aus Satellitenblitzen, die um das Objektiv platziert sind (Nikon RIC1/Canon MT24EX), verwendet werden (Abb. 13). Besondere Sorgfalt ist jedoch bei der korrekten Ausrichtung der Polarisatoren, die die Blitze bedecken, und des Analysators vor dem Objektiv erforderlich.

Reflexive dentale Fotografie

Um das optimale Aussehen von natürlichen Zähnen und dentalen Restaurationen so abzubilden, wie sie für den durchschnittlichen Betrachter bei normalem Umgebungslicht imponieren würden, eignet sich ein lateraler Blitz ideal für die reflexive dentale Fotografie. Es gibt im Handel zahlreiche Blitzbelichtungsreihen, die mehrere Einstellungen für die Blitzposition ermöglichen. Während diese für den künstlerisch geneigten Zahnarzt von einem gewissen Wert sind, haben die verschiedenen Einstellungen nur selten praktische Vorteile, sondern liefern reichlich Möglichkeiten für inkonsistente Ergebnisse und machen das oft bereits schwere Fotografie-Set-up unnötigerweise noch schwerer. Zumindest theoretisch ist der einzige Seitenblitz, der einen Sinn hätte, die 45° - 0° -Geometrie. Gemäss dem Gesetz von Snell wird an jeder Grenzfläche, an der sich der Brechungsindex ändert, ein Teil des Lichts reflektiert und ein Teil übermittelt. Das Ausmass, in dem die Richtung des Lichtstrahls verändert wird, hängt von der Veränderung des Brechungsindex ab (relativer Brechungsindex). Der Ausbreitungswinkel lässt sich gemäss der fresnelschen Gleichung berechnen, nach der bei einem Einfallswinkel von 45° mit einem durchschnittlichen Brechungsindex von nd_1 1,64 (menschlicher Zahnschmelz) und nd_2 1,00 (Luft) bei einem Sammelwinkel von 0° (Objektiv) eine Oberflächenreflexion von 7% aufzeichnen lässt, wobei 93% des Lichts in den natürlichen Zahn gelangen, wo es zur komplexen Lichtstreuung kommt.

Ein Achsenhalter (Abb. 14; Nachbildung) erlaubt eine fixe schräge ($45^\circ/0^\circ$) Beleuchtung bei leichtem Gewicht. Er ermöglicht eine gute Annäherung an das typische Aussehen und simuliert, wie das menschliche Auge eine Probe oder ein Objekt wahrnimmt. Das modulare Design erlaubt sowohl den Einsatz des Nikon-RIC1-Systems (dargestellt) als auch des Canon-MT-



Abb. 14 Der Achsenhalter (Nachbildung) ermöglicht ein fixiertes Bild mit seitlicher ($45^\circ/0^\circ$) Beleuchtung bei leichtem Gewicht

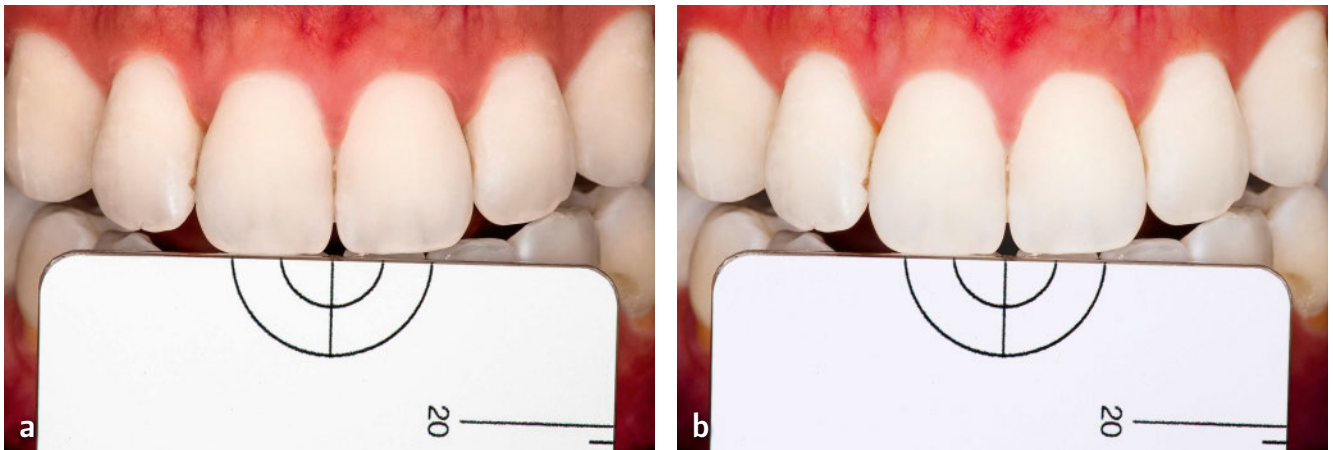


Abb. 15a–b Vergleich zwischen einem Bild mit benutzerdefiniertem Weissabgleich (a) und ohne Weissabgleich (b)

24EX-Systeme oder anderer Blitzsysteme mit einer konventionellen elektrischen Konnektion.

Neutralisieren unerwünschter Farbstiche

Beim Umgang mit gemischten Lichtquellen (Wolfram und Fluoreszenz) in einer klinischen Umgebung können unerwünschte Farben auftreten. Während unsere Augen normalerweise verschiedene Lichtbedingungen mit verschiedenen Farbtemperaturen gut ausgleichen können, benötigt eine Digitalkamera eine kalibrierte neutrale Referenz mit einer flachen spektralen Empfindlichkeitskurve mit einem Leuchtkraftwert von 79 im sichtbaren Spektrum, um metamerische Farbverschiebungen zu verhindern. Abbildungen 15a und b zeigen den Vergleich zwischen einem Bild mit benutzerdefiniertem Weissabgleich (Abb. 15a) und ohne Weissabgleich (Abb. 15b) im Adobe-Standardbildmodus mit einer white_balance® card.

Schlussfolgerung/Ausblick

Die digitale Fotografie ist inzwischen ein integraler Bestandteil unseres klinischen Alltags. Dokumentation, Kommunikation, Behandlungsplanung und Farbabgleich sind ohne digitale Bilder nicht möglich. Dieser Artikel hat Licht als einen kleinen, aber wichtigen Aspekt mit grossen Auswirkungen auf die dentale Fotografie dargelegt. Ausserdem müssen Standards für den Einsatz der Ausrüstung etabliert werden. Kameratyp, Sensorgrösse,

Objektiv und Licht sind die Variablen, die das Erscheinungsbild sowie alle Verzerrungen bestimmen. Abhängig vom Aufnahmestil sind oft andere Kombinationen erforderlich. Zur klinischen und insbesondere wissenschaftlichen Dokumentation müssen Standards für die Ausrüstung und die Einstellungen festgelegt werden. Dieser Aspekt muss bei einem Konsensus zur dentalen Fotografie geklärt werden, an dem eine Gruppe von Zahnärzten und Zahntechnikern arbeitet. Wir ermutigen Sie, unsere Umfrage zur dentalen Fotografie auf dentist.camera auszufüllen, um unser Projekt zur Schaffung von Standards in der dentalen Fotografie zu unterstützen.

Abstract

DEVIGUS A, BAZOS P, HEIN S: **Light in Dental Photography** (in German). SWISS DENTAL JOURNAL SSO 128: 893–899

Effective lighting is a key factor in achieving a good image, not just in dental photography. A variety of light sources can be used for this. It is important to know the colour quality of the light sources and adjust the camera accordingly. This helps to avoid unwanted alterations in colour. Lighting is crucial to a successful image. It controls not only the lightness or darkness of the image, but also the tone, feel and atmosphere of the picture. Manipulating the light, for example by using special filters, can also be a useful diagnostic tool for treatment.

Literatur

- AHMAD I: Digital Dental Photography Part 5: lighting. *Br Dent J* 207: 13–18 (2009)
- BENGEL W: Standardization in dental photography. *Int Dent J* 35(3): 210–217 (1985)
- BENGEL W: *Mastering Digital Dental Photography*. Quintessence Publishing Ltd., Tokyo (2006)
- BERNS R S: *Billmeyer and Saltzman's Principles of Color Technology*. 3rd edition. John Wiley, New York (2000)
- BENSON P E, SHAH A A, WILLMOT D R: Polarized versus non-polarized digital images for the measurement of demineralization surrounding orthodontic brackets. *Angle Orthod* 78(2): 288–293 (2008)
- DYKEMIA R W, GOODACRE C J, PHILLIPS R W: *Johnston's Modern Practice in Fixed Prosthodontics*. 4th edition. WB Saunders Company, Pennsylvania (1986)
- GERLACH R W: Tooth whitening clinical trials: A global perspective. *Am J Dent* 20 Spec No A: 4A–6A (2007)
- HAJTÓ J: Anteriores – Natürlich schöne Frontzähne. Teamwork Media GmbH, Fuchstal (2006)
- JACQUES S L, ROMAN J R, LEE K: Imaging superficial tissues with polarized light. *Lasers Surg Med* 26: 119–129 (2000)
- JACQUES S L, RAMELIA-ROMAN J C, LEE K: Imaging skin pathology with polarized light. *Journal of Biomedical Optics* 7(3): 329–340 (2002)
- JACQUES S L, SAMATHAM R, ISENHATH S, LEE K: Polarized light camera to guide surgical excision of skin cancers. *Proceedings of SPIE – The International Society for Optical Engineering* 6842: 684201, 684201–7 (2008)
- LAWSON Z, NUTTALL D, YOUNG S, EVANS S, MAGUIRE S, DUNSTAN F, KEMP A M: Which is the preferred image modality for paediatricians when assessing photographs of bruises in children? *Int J Legal Med* 125(6): 825–830 (2011)
- REA M, DENG L, WOLSEY R: *NLPip Lighting Answers: Light Sources and Color*. Rensselaer Polytechnic Institute; National Lighting Product Information Program, Troy, NY (2004). Available online at: www.lrc.rpi.edu/programs/nlpip/lightinganswers/lightsources/abstract.asp
- ROBERTSON A J, TOUMBA K J: Cross-polarized photography in the study of enamel defects in dental paediatrics. *J Audiovis Media Med* 22(2): 63–70 (1999)
- SAGEL P A, GERLACH R W: Application of digital imaging in tooth whitening randomized controlled trials. *Am J Dent* 20 Spec No A: 7A–14A (2007)