

# Licht in der dentalen Fotografie

Alessandro Devigus, Panaghiotis K. Bazos, Sascha Hein

## Indizes

Dentalfotografie, Licht, Blitzlicht, Beleuchtung, Leuchtmittel

## Zusammenfassung

Die Beleuchtung ist ein Schlüsselfaktor für ein gutes Bild. Sie bestimmt nicht nur die Helligkeit und Dunkelheit, sondern auch Ton, Stimmung und Atmosphäre. Die Wahl der Lichtquelle und deren korrekte Anwendung sind deshalb in der dentalen Fotografie entscheidend. Am häufigsten kommen Blitzlichter zum Einsatz, da sie eine gute Ausleuchtung und farblich reproduzierbare Ergebnisse garantieren. Die Position der Lichtquellen und ihre Ausrichtung ermöglichen es, an die jeweilige klinische Situation angepasste Bilder zu erstellen. Spezielle Lichtformer erweitern das Spektrum der dentalen Fotografie zusätzlich.

## Einleitung

Licht und Beleuchtung bilden die Grundlagen der Fotografie. Der Begriff 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 Ring- und Seitenblitzsystemen, die am Ende des Makroobjektivs angebracht werden, erlaubte in den 1950er Jahren eine für die intraorale Fotografie ausreichende Beleuchtung. Bedingt durch die begrenzte Verfügbarkeit von Kamerasystemen, Objektiven und Blitzern sowie den Mangel an geeigneten Filmen für diese Art der Fotografie entstand ein Quasistandard. Bereits damals forderten Autoren eine Standardisie-

rung der dentalen Fotografie, um die Dokumentationsqualität zu verbessern<sup>2</sup>. Allerdings sind wir heute in diesem Bereich aufgrund der rasch wachsenden Palette an digitalen Kameras und Beleuchtungssystemen weiter von Standards entfernt als jemals zuvor.

## Lichtquellen

Der Schlüssel zur guten Fotografie ist insbesondere im dentalen Bereich eine effektive Beleuchtung<sup>1</sup>. Heute stehen für die dentale Fotografie verschiedene Leuchtmittelformen zur Verfügung, zu denen vor allem gepulstes Xenonlicht (D65), das wir als Blitzlicht bezeichnen, und kontinuierlich Licht emittierende Dioden (LEDs) gehören. Für eine wissenschaftliche Entscheidungsfindung müssen die beiden Schlüsselemente der spektralen Eigenschaften von Leuchtmitteln bekannt sein: die korrelierte Farbtemperatur und der Farbwiedergabeindex.



## Korrelierte Farbtemperatur

Die korrelierte Farbtemperatur („correlated color temperature“, CCT) spezifiziert die Farbe des von einem Leuchtmittel abgegebenen Lichts, indem es die Farbe mit derjenigen einer Referenzquelle 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  $< 3.200$  K gewöhnlich als „warm“ und das Licht bei einer CCT  $> 4.000$  K als „kalt“ bezeichnet ([www.lrc.rpi.edu/education/learning/terminology/cct.asp](http://www.lrc.rpi.edu/education/learning/terminology/cct.asp)).

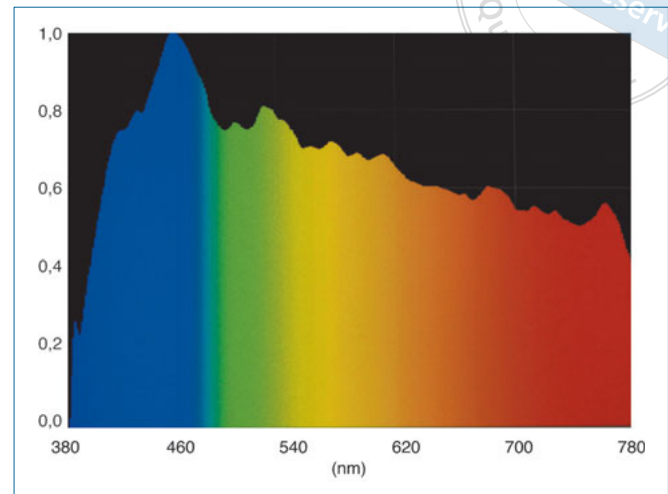
## Farbwiedergabeindex

Der Farbwiedergabeindex („colour rendering index“, CRI) 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 bzw. 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/lighting-answers/lightsources/whatisColorRenderingIndex.asp](http://www.lrc.rpi.edu/programs/nlpip/lighting-answers/lightsources/whatisColorRenderingIndex.asp)). Für die Schattenbestimmung in der dentalen Fotografie wurde ein CRI  $> 90$  vorgeschlagen<sup>6</sup>.

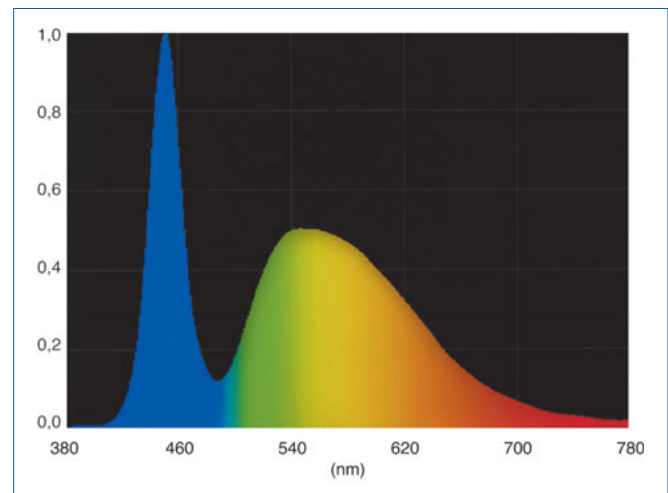
## Xenonlicht versus LEDs

### 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<sup>13</sup> (Abb. 1). Besonders wichtig ist dies bei der Untersuchung der Farbabstimmungen, die von der Art der Lichtquellen abhängen<sup>5</sup>. Derartige Farb-



**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 und einem mäßigen Anstieg im gelben Bereich, welches zu einer ungleichmäßigen Kurve der spektralen Verteilung mit einem niedrigen CRI von 74 führt

abstimmungen werden als metamerisch bezeichnet und kommen in der Zahnmedizin fast immer vor, da zwischen den künstlichen Restaurationen und den natürlichen Zähnen nur eine bedingte Farbabstimmung möglich ist.

### LEDs

LEDs wurden bereits in den 1960er Jahren entwickelt, waren aber erst in den letzten 10 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 rasant weiter, und die jeweiligen Leistungsmaßstäbe (z. B. Lichtausbeute, Lichtleistung) werden regelmäßig überschritten ([www.lrc.rpi.edu/programs/nlpip/lightingAnswers/led/indicationIllumination.asp](http://www.lrc.rpi.edu/programs/nlpip/lightingAnswers/led/indicationIllumination.asp)).

Das typische Emissionsspektrum einer konventionellen kontinuierlichen LED-Lichtquelle (Smile Lite, Fa. Smile Line, Saint-Imier, Schweiz) 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). Bedingt durch die aktuellen Fortschritte in der LED-Technologie werden in Abhängigkeit von Produkt und Anwendung CRI-Werte von 68 bis 94 erreicht.

### Weißabgleich

Der Weißabgleich ist eine Linearisierung der RGB-Werte eines Bildes mit Hilfe 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, Fa. Emulation, Freiburg), um den Weißabgleich des Fotos bei der digitalen Nachbearbeitung mit Programmen wie Adobe Lightroom oder Adobe Photoshop (Fa. Adobe, San José, USA) anzupassen.

### Einfluss von Licht

Die Beleuchtung ist ein Schlüsselfaktor für ein gutes Bild. Sie bestimmt nicht nur die Helligkeit und Dunkelheit, sondern auch Ton, Stimmung und Atmosphäre. Daher muss das Licht korrekt kontrolliert und manipuliert werden, um die beste Textur, Lebendigkeit der Farben und Leuchtkraft der Objekte zu erreichen. 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). Hingegen ergibt sich bei einer seitlichen Beleuchtung ein weitaus interessanteres Bild, da sie die Form des Objekts besser abgrenzt und es in partiellen Schatten hüllt, so dass es eher dreidimensional wirkt (Abb. 4).



**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, so dass das Bild dreidimensionaler wirkt



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



**Abb. 6** Mit direktem Blitz erstellte Aufnahme



**Abb. 7** Mit indirektem Blitz erstellte Aufnahme

Die o. g. Grundlagen werden in den Abbildungen 5a und b mit schräg einfallender (45°/0°) Beleuchtung (Abb. 5a) und direkter Ausrichtung (Abb. 5b, Ringblitz) nach Weißabgleich gezeigt. Die schräg einfallende Beleuchtung (Abb. 5a) erzeugt eine gute Annäherung an das typische Aussehen 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 Diffusoren eine Farbverschiebung erzeugen. Die Abbildungen 6 und 7 zeigen das bei der Verwendung eines direkten bzw. eines indirekten Blitzes entstehende Bild.

### Lichtmanipulation

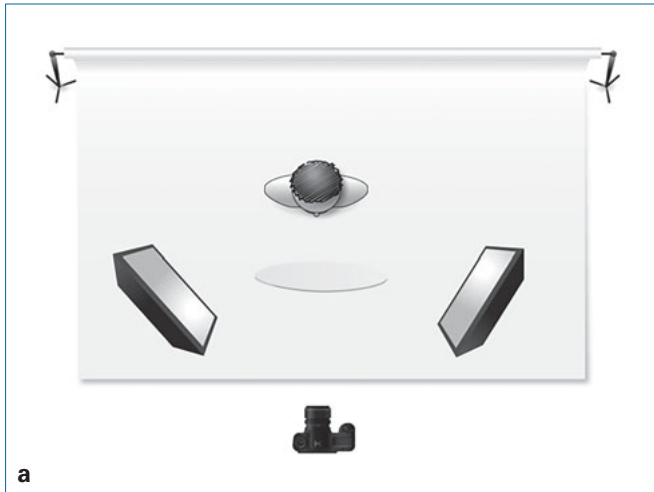
Licht kann so manipuliert werden, dass es auf einen bestimmten Bereich des Objekts trifft. Dies lässt sich

durch den Einsatz von Diffusoren und Reflektoren erreichen, die überwiegend bei der Porträtfotografie eingesetzt werden (Abb. 8a und b).

## Spezielle Licht-Set-ups und Überlegungen

### Bei veränderter Blendung bleiben nur Farbe und Helligkeit

Die klinische Evaluation der dentalen Farbschattierung basiert in der Regel auf der direkten visuellen Beurteilung einer konventionellen Blitzlichtfotografie, welche jeweils einer gewissen Subjektivität unterliegt. Die Farbschattierung eines Zahnes 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 Schmelzcharakteristika wie Mikroverkalkun-



**Abb. 8a und b**  
Portrait-Set-up mit zwei seitlichen Blitzern und einem Reflektor (a) sowie damit erstellte Aufnahme (b)



**Abb. 9a** Unter Einsatz eines polar\_eyes-Filters erstelltes Bild



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

gen und verwischen oft die Abgrenzung zwischen Merkmalen auf und unter der Zahnoberfläche. Blendung gilt als oberflächliche Reflexion mit den unveränderten Farbeigenschaften der Lichtquelle.

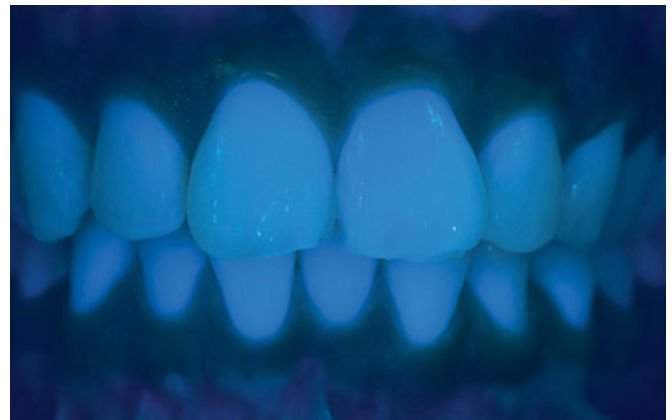
Die reflexive kreuzpolarisierte Fotografie ist eine Technik, welche die dentale chromatische Farbbestimmung signifikant durch bilaterale parallele Doppelpolarisatoren im Lichtpfad und einen weiteren Polarisator (Analysator) verbessert, der im rechten Winkel zu den Doppelpolarisatoren vor dem Kameraobjektiv ausgerichtet ist (Abb. 9a und b). Die Messung durch das Objektiv kann den Polarisationsfilter auf der Kamera ausgleichen. Der Belichtungswert der Blitzeinheit sollte um 1 bis 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 Zahnmedizin:

- Eliminierung von Spiegelreflexionen und Lichthöfen für eine ungehinderte Sicht<sup>3,8</sup>;
- Beurteilung des Weißabgleichs und klinische Beobachtung vor allem von Schmelzläsionen in der Umgebung kieferorthopädischer Brackets als diagnostisches Hilfsmittel<sup>4</sup>;
- Kartierung der Eigenschaften und Nuancen unter der Schmelzoberfläche<sup>14</sup>;
- Nachweis und Beurteilung von Rissen in Schmelz und Restaurationen;
- Beurteilung der Farbart zur Auswahl der restaurativen Farbschattierung (Hart- und Weichgewebe) mit vergleichenden konventionellen oder angefertigten Farbtafeln;



**Abb. 10** Fluoreszenzfilter fluor\_eyes auf einem Nikon-R1C1-Makroblitz



**Abb. 11a und b** Kreuzpolarisiertes (a) und Fluoreszenzbild (b) derselben intraoralen Situation

- Bestätigung der Integration von provisorischen bzw. endgültigen prothetischen Versorgung;
- Evaluation des Verlaufs und des Endergebnisses einer Bleichbehandlung<sup>7,15</sup>;
- translationale Anwendung in der oralen Medizin und der oralen Pathologie zur Beurteilung der Mukosa, zur Diagnostik und zur geführten operativen Exzision<sup>9-11</sup>;
- gerichtsmedizinische Beurteilung bei Kindesmissbrauch<sup>12</sup>;
- forensische Anwendungen.

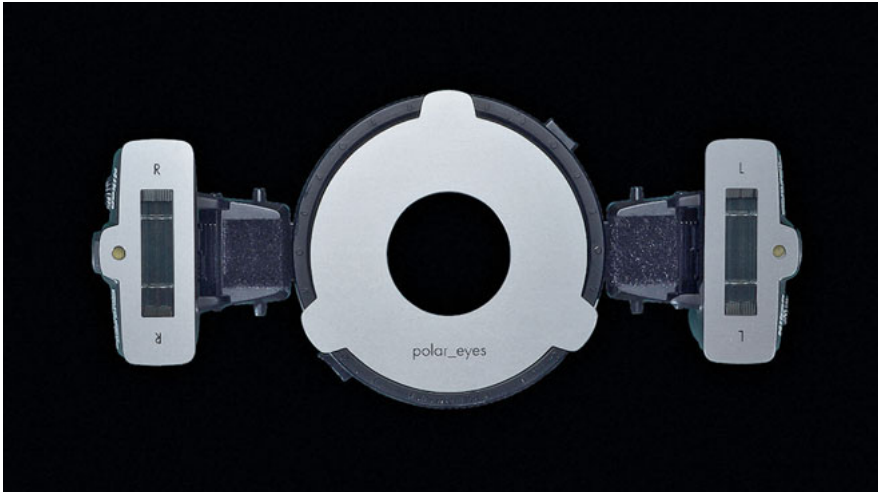
### Visuelle Integration des restaurativen Biomaterials bei UV-reicher Umgebung

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,

**Abb. 12** Abbildung von Kompositrestaurationen und Materialien auf einem Fluoreszenzbild



und hierzu gehören auch Umgebungen mit viel UV-Licht wie Nachtclubs und Diskotheken. Die Fluoreszenz natürlicher Zähne lässt sich mit einem maßgeschneiderten, von den Autoren entwickelten Fluoreszenz-Makroblitz (fluor\_eyes, Fa. 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 bzw. von Kompositmaterialien zu dokumentieren (Abb. 11 und 12).



**Abb. 13** Polarisationsfilter polar\_eyes-Filter auf einem Nikon-R1C1-Makroblitz



**Abb. 14** Der Achsenhalter (Nachbildung) ermöglicht ein fixiertes Bild mit seitlicher (45°/0°) Beleuchtung bei leichtem Gewicht

Der Effekt lässt sich leicht mit einer Verschlusszeit von 1/125 Sekunde, einer Blende von f/22 und einem ISO-Wert von 400 bis 1.600 erreichen, so dass Bilder mit hoher Wiedergabetreue und ausreichender Schärfentiefe entstehen 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 Ingenieurwesens liefert 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 einiger Zeit wurden neue Hilfsmittel und Werkzeuge eingeführt, mit denen der dentale Fotograf das Aussehen der natürlichen Zäh-

ne und Weichgewebe ermitteln sowie präzise und reproduzierbar aufzeichnen kann.

## Kreuzpolarisierte Fotografie

Der Einsatz eines speziellen kreuzpolarisierten Filters (polar\_eyes, Fa. Emulation) 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 Zweckein Satz aus Satellitenblitzen, die um das Objektiv platziert sind (Nikon R1C1/ Canon MT24EX), verwendet werden (Abb. 13). Besondere Sorgfalt ist jedoch bei der korrekten Ausrichtung der die Blitze bedeckenden Polarisatoren und des Analysators vor dem Objektiv erforderlich.



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

## Reflexive dentale Fotografie

Um das optimale Aussehen von natürlichen Zähnen und dentalen Restaurationen so abzubilden, wie sie sich dem durchschnittlichen Betrachter bei normalem Umgebungslicht darstellen würden, ist ein lateraler Blitz ideal für die reflexive dentale Fotografie geeignet. Es gibt im Handel zahlreiche Blitzbelichtungsreihen, die mehrere Einstellungen für die Blitzposition erlauben. Während diese für den künstlerisch ambitionierten Zahnarzt von einem gewissen Wert sind, haben die verschiedenen Einstellungen nur selten praktische Vorteile. Im Gegenteil liefern sie reichlich Möglichkeiten für inkonsistente Ergebnisse und machen das oft bereits nicht einfache Fotografie-Set-up unnötigerweise noch komplizierter. Zumindest theoretisch ist der einzige Seitenblitz, der einen Sinn hätte, einer mit  $45^\circ/0^\circ$ -Geometrie. Gemäß dem *Snellius'schen* Brechungsgesetz 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 *Fresnel'schen* Gleichung berechnen, nach der bei einem Einfallswinkel von  $45^\circ$  mit einem durchschnittlichen Brechungsindex von  $nd_1$  1,64 (menschlicher Zahnschmelz) und  $nd_2$  1,00 (Luft) bei einem Sammelwinkel von  $0^\circ$  (Objektiv) eine Oberflächenreflexion von 7 % aufzeichnen lässt. Hierbei gelangen 93 % des Lichts in den natürlichen Zahn, wo es zur komplexen Lichtstreuung kommt.

Ein Achsenhalter (Abb. 14) 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 den Einsatz des Nikon-R1C1- (in Abb. 14 dargestellt), des Canon-MT-24EX- 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 unterschiedlichen Farbtemperaturen gut ausgleichen können, benötigt eine Digitalkamera eine kalibrierte neutrale Referenz mit einer flachen spektralen Empfindlichkeitskurve (Leuchtkraftwert von 79 im sichtbaren Spektrum), um metamerische Farbverschiebungen zu verhindern. Die Abbildungen 15a und b zeigen den Vergleich zwischen einem Bild mit benutzerdefiniertem Weißabgleich (Abb. 15a) und einem ohne Weißabgleich (Abb. 15b) im Adobe-Standardbildmodus mit der grauen Referenzkarte `white_balance`.

## Fazit

Die digitale Fotografie ist inzwischen ein integraler Bestandteil unseres klinischen Alltags. Dokumentation, Kommunikation, Behandlungsplanung und Farbabgleich sind ohne digitale Bilder nicht möglich.





Dieser Beitrag hat sich dem Licht als einem kleinen, aber wichtigen Aspekt mit großen Auswirkungen auf die dentale Fotografie gewidmet. Es müssen Standards für den Einsatz der Ausrüstung etabliert werden. Kameratyp, Sensorgröße, Objektiv und Licht stellen die Variablen dar, die das Erscheinungsbild und 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 soll im Rahmen eines Konsensus zur dentalen Fotografie geklärt werden, an dem eine Gruppe von Zahnärzten und Zahntechnikern arbeitet.

### Hinweis

Bei dem Artikel handelt es sich um eine geringfügig modifizierte Fassung des im „Forum Implantologium“ erschienenen Beitrags Devigus et al. (Forum Implantol 2017;13:48-55).

## Literatur

1. Ahmad I. Digital dental photography. Part 5: lighting. Br Dent J 2009;207:13-18.
2. Bengel W. Standardization in dental photography. Int Dent J 1985;35:210-217.
3. Bengel W. Mastering digital dental photography. London: Quintessence Publishing, 2006.
4. Benson PE, Ali Shah A, Robert Willmot D. Polarized versus non-polarized digital images for the measurement of demineralization surrounding orthodontic brackets. Angle Orthod 2008;78:288-293.
5. Berns RS. Billmeyer and Saltzman's principles of color technology. 3. ed. New York: John Wiley, 2000.
6. Dykemia RW, Goodacre CJ, Phillips RW. Johnston's modern practice in fixed prosthodontics. 4. ed. Pennsylvania: W. B. Saunders, 1986.
7. Gerlach RW. Tooth whitening clinical trials: A global perspective. Am J Dent 2007;20(Spec No A):4A-6A.
8. Hajto J. Anteriores – Natürlich schöne Frontzähne. Fuchstal: Teamwork Media, 2006.
9. Jacques SL, Ramelia-Roman J, Lee K. Imaging skin pathology with polarized light. J Biomed Opt 2002;7:329-340.
10. Jacques SL, Roman JR, Lee K. Imaging superficial tissues with polarized light. Lasers Surg Med 2000;26:119-129.
11. Jacques SL, Samatham R, Isenath S, Lee K. Polarized light camera to guide surgical excision of skin cancers. Proc SPIE 2008;6842:68420I, 68420I-7.
12. Lawson Z, Nuttall D, Young S et al. Which is the preferred image modality for paediatricians when assessing photographs of bruises in children? Int J Legal Med 2011;125:825-830.
13. Rea M, Deng L, Wolsey R. NLPIP lighting answers: Light sources and color. Troy: Rensselaer Polytechnic Institute, 2004.
14. Robertson AJ, Tumba KJ. Cross-polarized photography in the study of enamel defects in dental paediatrics. J Audiov Media Med 1999;22:63-70.
15. Sagel PA, Gerlach RW. Application of digital imaging in tooth whitening randomized controlled trials. Am J Dent 2007;20(Spec No A):7A-14A.



### Alessandro Devigus

Dr. med. dent.

E-Mail: devigus@dentist.ch

Privatpraxis  
Gartematt 7  
8180 Bülach  
Schweiz

### Panagiotis K. Bazos

DDS, MClintDent Orthodontics,  
MOrth (RCS Edin)  
Privatpraxis, Aigio, Griechenland

### Sascha Hein

ZTM  
Emulation Sascha Hein, Freiburg im  
Breisgau