

Natürliche Zähne – Eine Herausforderung

Teil 4 – Der Monitor

Ein Beitrag von Naoki Hayashi, Kalifornien/USA

Nun, da die treuen Leser des dental dialogue erfahren haben, wie Zähne allein anhand einer korrekten Fotodokumentation unauffällig rekonstruiert werden können, geht es an den letzten Schritt dieser digitalen Kommunikationskette – den Monitor. Denn was nützt alles Wissen über den Umgang mit der digitalen Spiegelreflexkamera oder die dentale Digitalfotografie, wenn das an sich aussagekräftige Foto auf dem falschen oder unkalibrierten Monitor betrachtet wird? Wie soll man sich anhand einer Digitalabbildung telefonisch mit dem Zahnarzt verständigen, wenn die Farbprofile der beiden Monitore komplett andere „Sprachen“ sprechen?! Naoki Hayashi erklärt im vierten und letzten Teil dieser Beitragsreihe, warum dem Monitor die gleiche wichtige Aufgabe zukommt, wie damals dem guten alten Diatich.

Indizes: Bildbearbeitung, Digitalfotografie, Farbmeterik, Kommunikationshilfsmittel

Der Monitor

Da ich jetzt alle Punkte, die für das Anfertigen der Digitalfotos wichtig sind, beschrieben habe, folgt das letzte Glied in dieser Prozesskette. Denn wenn wir das ideale Bild geschossen haben, müssen wir dieses schließlich irgendwo betrachten. Nichts leichter als das, werden Sie denken, aber hierbei gibt es einige Punkte, die beim Abbilden der Digitalfotos zu beachten sind. Dazu zählt in erster Linie der Monitor!

Bei einer analogen 35 mm Kamera wird für die Dentalfotografie im Allgemeinen ein Diafilm (positiver Film) verwendet. Bei einem Negativfilm werden bei der Entwicklung Filterkorrekturen durchgeführt. Bei einem Diafilm ist zu beachten, dass das Dia auf einem Leuchtkasten durch eine Lupe betrachtet werden sollte (Abb. 89). Ein Foto eines Diafilms ist mit 35 mm Breite sehr klein. Um zu gewährleisten, dass das gesamte Dia mit einer gleichmäßigen Lichtmenge durchleuchtet wird, sollte ein entsprechender Leuchtkasten mit gleichmäßiger Beleuchtung verwendet werden. Da man auf diesem zumeist mehrere Dias nebeneinander betrachtet, ist darauf zu achten, dass der Leuchtkasten ausreichend groß ist.

Wie aber verhält es sich mit Digitalfotos? Am einfachsten und praktischsten ist die Betrachtung am Monitor (Bildschirm des Rechners). Der Grund, warum ich eingangs auf die guten alten Dias zu sprechen gekommen bin, ist ganz einfach folgender: Bei der Darstellung von Digitalfotos spielt der Monitor die gleiche Rolle wie der Leuchtkasten. Das Prinzip ist ähnlich wie beim Dia, denn auch hier strahlt durchfließendes Licht die Farbe aus. Bei der Digitalabbildung werden die Farben ausgestrahlt, indem die Lichtquelle den Monitor von hinten anstrahlt (Abb. 90).

Die Farbe der Abbildung entsteht auf dem Monitor wie bei einem Leuchtkasten. Daher gilt auch für die Qualität der Farbe das gleiche wie beim Leuchtkasten. Der Monitor muss in der Lage sein, auf der gesamten Monitorfläche die gleiche Lichtmenge zu erzeugen. Denn was bringt es, wenn der ganze Aufwand, der beim Anfertigen des Fotos betrieben wurde, gar nicht vom Monitor dargestellt werden kann? Zumal wir die Zahnfarbe anhand der auf dem Monitor dargestellten Digitalfotos bestimmen wollen (Abb. 91).



Abb. 89 Um sich ein besseres Bild davon machen zu können, wie wichtig der Monitor in der Kette ist, nehmen wir das gute alte Dia als Beispiel. Dessen Farbaussage hängt bei der Betrachtung auf dem Leuchttisch im Wesentlichen von der Lichtleistung desselben ab. Dabei ist die Intensität nicht so wichtig, wie die gleichmäßige Verteilung des Lichts

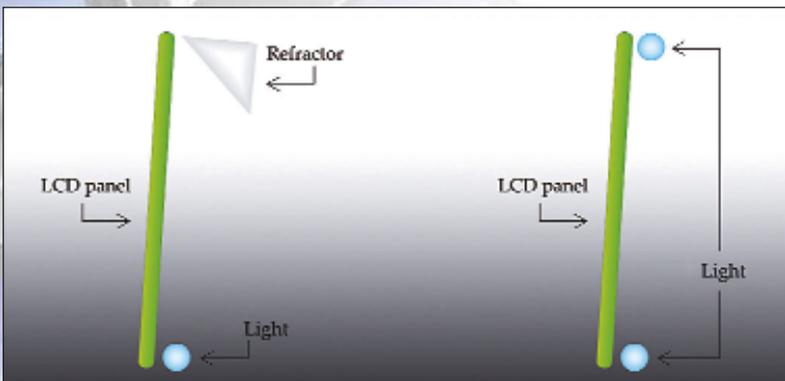


Abb. 90 Bei der Digitalfotografie übernimmt nun der Monitor die Aufgabe des Lichtkastens, nämlich das Bild gleichmäßig stark auszuleuchten. Das Ideal wäre eine gleichmäßige Lichtmenge auf der gesamten Fläche des Monitors. In dieser Grafik sind die beiden Funktionsprinzipien eines LCD-Flachbildmonitors dargestellt. Billige Monitore sind nur unten mit einer, teurere dagegen mit zwei Lichtquellen ausgestattet – einer oben und einer unten. Zwei Lampen gewährleisten eine fast gleichmäßige Ausleuchtung des Panels (rechts im Bild)



Abb. 91 Die Wahl des Monitors und die Kenntnis über die auftretenden Probleme ist wichtig, um die mit der Digitalkamera fotografierten Zähne farbecht darstellen zu können

Um die „Farbechtheit“ der auf dem Monitor dargestellten Abbildung garantieren zu können, muss man sich ein wenig mit der Materie eines Monitors beschäftigen und gewisse Vorbereitungen treffen.

Je nach dem, welche Art von LCD-Monitor verwendet wird, können manchmal interessante Beobachtungen gemacht werden. In der Abbildung 92 ist ein Monitor dargestellt, dessen Bildschirm ein einheitliches, digitales Rot darstellt. Bei genauerer Betrachtung wird allerdings deutlich, dass das Rot gar nicht gleichmäßig ist. Vielmehr nimmt die Helligkeit auf dem Bildschirm von unten nach oben ab. Deutlich wird dies, wenn wir, wie in der Abbildung 93 dargestellt, einen schwarzen Balken in der Mitte des Bildschirms platzieren, sodass unten und oben nur noch ein schmaler „roter“ Streifen zu sehen ist. Schon wird ersichtlich, dass das dargestellte Rot oben und unten nicht identisch ist.

Viele LCD-Monitore weisen diese Schwäche auf. Insbesondere Laptops haben mit diesem Phänomen zu kämpfen. Vielleicht interessiert es Sie, dass die hier abgedruckten Bilder (Abb. 92 und 93) am dargestellten Monitor bearbeitet wurden. Das heißt, der Verlauf (von hell nach dunkel), der im Monitor zu erkennen ist, wurde so gar nicht von diesem Monitor dargestellt, da es sich dabei um einen sehr hochwertigen LCD-Monitor handelt, der oben und unten mit einer LED-Lichtquelle ausgestattet ist.

Wie aber kommt es, dass der Monitor nicht gleichmäßig hell ist?

Da das LCD (liquid crystal display oder Flüssigkristallanzeige) das ausgestrahlte Licht nicht selbst erzeugen kann, sondern die durchgelassene Lichtmenge reguliert wird, benötigt der Monitor eine zusätzliche Lichtquelle. Systeme mit rückseitig angebrachter Lichtquelle nennt man „Back-Light-Type“. Die meisten gegenwärtigen LCD-Monitore sind mit dieser Technologie ausgestattet. Teure LCD-Monito-



Abb. 92 Auf diesem LCD-Monitor, der nur mit einer Lichtquelle arbeitet, wird ein einheitliches „Rot“ dargestellt. Für uns sieht das Rot auf dem Monitor über die gesamte Fläche gleich aus. In Wirklichkeit verringert sich aber die Helligkeit von unten nach oben. Auf der gedruckten Abbildung wurde die Helligkeit von unten nach oben nachträglich verringert



Abb. 93 Um die Helligkeitsunterschiede zu verdeutlichen, ist der Monitor in dieser Abbildung mit einem schwarzen Balken in der Mitte versehen. Deutlich ist zu erkennen, dass der Monitor unten heller ist als oben. Dieser Punkt ist sehr wichtig, wenn man die Farbbestimmung via Monitor und Digitalfotos durchführen möchte. (Dieses Phänomen lässt sich fotografisch nur schwer nachstellen. Daher wurden die Aufnahmen für den Druck so bearbeitet, dass der obere rote Teil dunkler wirkt als der untere)



Abb. 94 Übertragen wir das Gedankenmodell mit den roten Monitoren auf die Dentaltechnik. Der komplette Monitor wird von der Mundaufnahme ausgefüllt. Eigentlich müsste dieses auf dem gesamten Bildschirm des teuren, mit zwei Leuchtörpern ausgestatteten Monitors gleich hell sein, wie in dieser Abbildung

re sind dagegen mit insgesamt zwei Lichtquellen, entweder oben und unten, oder rechts und links ausgestattet. Dadurch wird sichergestellt, dass die Lichtmenge auf der gesamten Fläche des Monitors gleichmäßig verteilt wird.

Viele preiswerte Computerbildschirme sind nur mit einer unten angebrachten Lichtquelle ausgestattet. Meistens ist dies auf den geringen Platz oder die Stromversorgung zurück zu führen. Um diesen Abfall der Lichtmenge von oben nach unten zu vermindern, können wir oben einen Reflektor anbringen, was natürlich nicht ausreicht, um das Problem vollständig zu kompensieren. Dies ist der Grund, warum sich die Darstellung des Rots so darstellt, wie in der Abbildung 93.

Was bedeutet nun aber diese Erkenntnis in Bezug auf die Beurteilung von digitalen Zahnbildern konkret für uns?

Die meisten betrachten ihre Digitalfotos bildschirmfüllend auf dem Monitor (Abb. 94). Eigentlich erwartet man, dass das Foto so wie in der Abbildung 94 dargestellt wird. Eine solche Darstellung ermöglicht ein teurer Monitor, der mit zwei Leuchtkörpern ausgestattet ist. Ziehen wir aber nun das zuvor erwähnte Problem (nur eine Lichtquelle) hinzu, wird anhand der Abbildung 95 deutlich (zum besseren Verständnis habe ich diesen Effekt etwas übertrieben dargestellt), dass die Helligkeit der Abbildung nach oben hin abnimmt. Somit ändert sich auch die Farbwahrnehmung, da ein und derselbe Rotton anders wirkt, wenn er heller oder dunkler dargestellt wird (bei Nacht sind alle Katzen grau).

Unter diesen Bedingungen sind wir nicht in der Lage, den richtigen Farbton und die Helligkeit der Zähne anhand des Bildschirms zu erkennen. Es handelt sich hierbei um eine Art optische Täuschung, da die Farbe eigentlich einheitlich ist, aber nicht einheitlich wahrgenommen werden kann. Dennoch wird unser Sehapparat versuchen, diese Täuschung zu berichtigen. Das geschieht unterbewusst. Wir werden also den Fehler nicht merken und die Abbildung 95 so wahrnehmen wie die Abbildung 94. Also verlassen wir uns nicht auf unseren Sehapparat und greifen auf einen LCD-Monitor zurück, der mit zwei Lampen ausgestattet ist. Die Preise hierfür bewegen sich von 1 200,- Euro im unteren, bis 8 000,- Euro im oberen Preissegment. Diese Investition fällt gering aus, wenn wir dadurch in die Lage kommen, Zahnersatz herzustellen, der farblich bereits beim ersten Mal „passt“.

Wer aber nicht so viel Geld investieren möchte, dem kann ich folgenden Tipp geben. Stellen Sie das entsprechende Foto nicht bildschirmfüllend dar. Wählen Sie lieber ein kleineres Format, wie es in der Abbildung 96 dargestellt ist. Diese kleine Darstellung ist für die Bestimmung der Zahnfarbe um ein Vielfaches sinnvoller als die Bildschirmfüllende. Am besten wäre es allerdings, wenn Sie den Typ Ihres LCD-Monitors noch einmal überdenken würden.

Kalibrierung des Monitors

Selbst wenn wir alle bis dato erklärten Schritte genau eingehalten haben, sind alle Anstrengungen hinfällig, wenn wir die so erstellten Fotos auf einem 8000,- Euro Monitor betrachten, der nicht einem be-



Abb. 95 Auf einem billigen Monitor mit nur einem, unten angebrachten Leuchtkörper wird das Foto wie in dieser Abbildung dargestellt. Das Foto ist oben dunkler als unten. Unsere Augen gleichen diesen Verlauf automatisch aus. Das heißt, der Unterschied wird nicht bewusst wahrgenommen, spiegelt sich aber in unserer Farbbestimmung wider

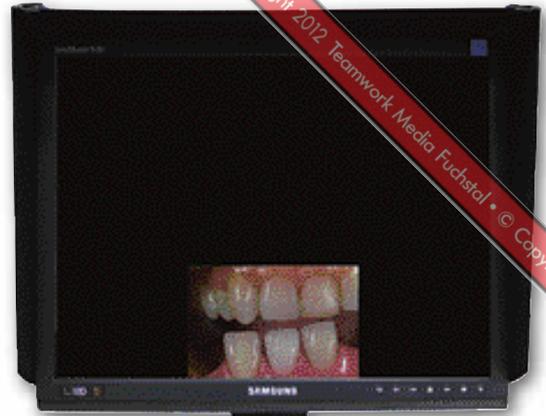


Abb. 96 Um diesem Phänomen bei einem einfachen Monitor zu begegnen, hat es sich bewährt, die Farbinformationen aus einem „kleinen“, am unteren Bildrand des Monitors positionierten Foto zu gewinnen. Dadurch verringern wir die Wahrscheinlichkeit, dass die Helligkeit unserer danach angefertigten Restauration nach oben hin absinkt

stimmten Farbraum entsprechend kalibriert wurde. Der dadurch entstandene Fehler pflanzt sich fort und so werden die am Monitor bearbeiteten und kontrollierten Fotos unbrauchbar. Das gilt auch für gedruckte Fotos!

Wenn wir mithilfe der Digitaltechnik Farbe kommunizieren wollen, ist es wichtig, gleiche Verhältnisse zu schaffen. Hierbei hilft uns die Norm. Sie müssen also Ihren Monitor nach Normwerten einstellen. Probieren Sie es aus. Stellen Sie Ihr Notebook mit dem schönen High-gloss-Bildschirm neben den Bildschirm eines anderen Computers. Beide Rechner zeigen das gleiche Bild (das sie mittels USB-Stick übertragen) – aber nicht dasselbe Bild (Farbe, Sättigung, Kontrast, ...)! Es ist wichtig, dass Sie verstehen, dass es nicht darum geht, welches der Bilder schöner dargestellt wird. Sie werden mit einem nicht kalibrierten System nie in der Lage sein, diese „schönen Farben“ zu kommunizieren. Gerade bei mehreren Betrachtern (zum Beispiel Zahnarzt und Zahntechniker), die sich über die Digitalfotos austauschen wollen, ist es unumgänglich, die Systeme aufeinander abzustimmen.

Um dies besser zu verstehen, lasse ich wieder Bilder sprechen. Betrachten wir die beiden identischen Digitalabbildungen 97 und 98 (basieren doch beide auf genau derselben Folge von Einsen und Nullen). Die Fotos sollen zur Farbbestimmung herangezogen werden. Dennoch sehen die Fotos komplett unterschiedlich aus. Der einzige Unterschied, der zwischen diesen beiden Abbildungen besteht, ist der, dass sie auf unterschiedlichen Bildschirmen dargestellt und betrachtet werden (die Aufnahmen sind natürlich nachgestellt, da es schwierig ist, den Farbunterschied durch

abfotografieren darzustellen). Ich frage Sie, wie mithilfe dieser Bilder eine Farbbestimmung durchgeführt werden soll? In einem Fall wie diesem sprechen die beteiligten Parteien niemals von derselben Farbe!

Um einheitliche Verhältnisse zu schaffen, ist es daher notwendig, das Farbprofil der Monitore einem gemeinsamen Farbraum anzupassen. Die Farbräume sind bei Digitalabbildungen, je nachdem welcher Monitor verwendet wird, unterschiedlich. Wird der Farbraum einer weltweit einheitlichen Norm verwendet, erhöht das die Wahrscheinlichkeit, Farben zwischen einzelnen Geräten einheitlich zu übermitteln. Am häufigsten werden „sRGB“ und „Adobe RGB“ Farbräume verwendet. Der sRGB-Farbraum lässt sich ungefähr mit der reproduzierbaren Farbpalette des Monitors vergleichen und ist der bekannteste.

Adobe RGB deckt einen größeren Farbraum als sRGB ab. Daher können mit diesem also mehr Farben reproduziert werden. Da aber Adobe RGB nur mit einem entsprechenden Equipment/Farbmanagement die tatsächlichen Farben darstellen kann und der Farbraum zu groß ist, um die Farbinformation problemlos übermitteln zu können, ist er für die Dental fotografie eher nicht geeignet. Es bietet sich daher an, den sRGB Farbraum zu verwenden. Da der sRGB Farbraum dem reproduzierbaren Farbraum des Monitors entspricht, lassen sich Farben relativ gut kommunizieren und reproduzieren. Manchmal weicht die Farbeinstellung des Monitors ein wenig vom sRGB Farbraum ab. Ich empfehle Ihnen daher, Ihren Monitor dahingehend zu prüfen und entsprechend zu kalibrieren.



Abb. 97 und 98 Da wir Farbe oft über größere Distanzen und zwischen Zahnarzt und Zahntechniker kommunizieren wollen (eine identische Digitalabbildung unter anderen Bedingungen betrachten und als Diskussionsgrundlage verwenden wollen), ist es notwendig, dass die Monitore aufeinander abgestimmt sind. Hierzu eignen sich bestimmte Normen. Am Beispiel der beiden Abbildungen wird klar, dass die Farbkommunikation auf zwei unterschiedlichen, nicht genormten Monitoren unmöglich ist

Um das Farbprofil Ihres Monitors an den entsprechenden Farbraum anzugleichen, stehen uns zwei Möglichkeiten zur Verfügung. Entweder nach Augenmaß, oder aber – was viel einfacher und präziser ist – mit einer Kalibrierungssoftware und einem speziellen Farbmessgerät (Abb. 99 und 100). Sollten Farbinformationen mithilfe von Digitalfotos übermittelt werden, muss mindestens der Farbraum des Monitors auf sRGB eingestellt werden.

Für den Fall, dass sowohl der eine (zum Beispiel die Praxis) wie auch der andere (das Labor) über ein identisches, ausgedrucktes Foto kommunizieren will, müssen beide Monitore, aber auch beide Drucker kalibriert werden. Dies ist jedoch ein sehr komplexes, kompliziertes Thema, mit dem sich sogar die Farbwissenschaft beschäftigt. Daher werde ich dieses in meinem Artikel auch nicht näher beschreiben. Da Verlage mit diesem Problem zu tun haben (Farbinformationen von Digitalbildern 1:1 an eine Druckerei weiter zu geben), empfiehlt es sich, mit diesen Kontakt aufzunehmen.

Epilog

„Jede Arbeitssituation kann ein bisschen mit einem Kampf verglichen werden ...“ – das ist in jedem Beruf mehr oder weniger gleich. Wir Zahntechniker tragen diesen täglichen Kampf mit der Wissenschaft und Technik aus. Wie wir diesen bestreiten, liegt an jedem einzelnen von uns. Das Ziel sollte allerdings immer das gleiche sein: perfekter Zahnersatz.

Die exakte Rekonstruktion der Zahnfarbe ist meiner Meinung nach sehr wichtig. Das dies jedoch nicht einfach ist, dürfte mittlerweile allen klar sein. Die Schwierigkeiten beginnen bei der Farbbestimmung und set-

zen sich bei der Anfertigung des Zahnersatzes fort. Daher wäre es ideal, wenn einem dies so einfach wie möglich gemacht werden würde. Um Ihnen das Mysterium Zahnfarbrekonstruktion ein wenig zu erleichtern, habe ich diese Artikelreihe verfasst.

Jeder hat so seine eigenen Geheimnisse, wenn es um die Farbbestimmung geht. Ich sage bewusst nicht, was richtig und was falsch ist, sondern gebe nur meine Erfahrungen weiter. In einem sollten wir uns aber einig sein: Eine Farbauswahl am Patienten durchzuführen heißt, hundertprozentig den Wunsch des Patienten zu erfüllen.

Wenn Sie die Farbauswahl nach dem von mir beschriebenen Vorgehen und unter Berücksichtigung der einzelnen Phänomene und Probleme durchführen, wird es Ihnen möglich sein, die Zahnfarbe zu rekonstruieren. Natürlich ist es nicht einfach. Halten Sie sich jedoch vor Augen, dass einheitliche Bedingungen die Grundvoraussetzung ist. Haben Sie einheitliche Bedingungen geschaffen, ist es möglich, die Zahnfarbe zu rekonstruieren.

Auf jeden Fall setzt Kommunikation voraus, dass alle Beteiligten die eigene, aber auch die Disziplin des anderen gut beherrschen. Zudem ist es sehr wichtig, ein möglichst breit gefächertes Wissen zu haben und zu erlernen. Zum Aufgabenbereich des Zahntechnikers und Zahnarztes gehört es, die Zahnfarbe bestimmen zu können. Maschinen können uns diese Aufgabe nicht abnehmen (allerdings erleichtern). Daher müssen wir versuchen, unsere Sinne zu schärfen – sozusagen unseren „siebten Sinn“ zu aktivieren.

Wir müssen uns ständig bemühen und unseren Wissensstand überprüfen und erweitern. Vergleichbar mit vielen Mosaiksteinchen, die immer neu geordnet und wieder zusammengesetzt werden.

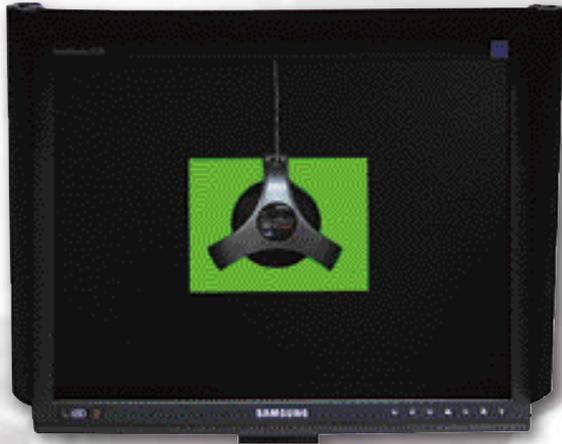


Abb. 99 und 100 Um eine einheitliche Norm des Farbraums auf dem Monitor darzustellen, ist es nötig sRGB oder Adobe RGB als darzustellenden Farbraum zu verwenden. Für die Dental fotografie ist es ausreichend, wenn für die Übermittlung der Farbinformationen mit sRGB gearbeitet wird. Das Farbprofil des Monitors lässt sich auch mit dem bloßen Auge an das entsprechende Profil anpassen. Viel genauer und effektiver sind aber Farbmessgeräte und Monitor-Kalibrierungssoftwares. Die Abbildung 99 zeigt Colorvision Spyder 2 Pro und die Abbildung 100 X-rite huey

Wenn wir, das heißt der Patient, der Zahnarzt und der Zahntechniker, perfekt zusammen arbeiten und ein gemeinsames Ziel verfolgen, können wir mit einem hervorragenden Erfolg der ärztlichen Behandlung rechnen. Oder glauben Sie das etwa nicht?

Wir müssen uns gegenseitig respektieren, die Probleme und Aufgaben jedes einzelnen versuchen zu verstehen, die Sorgen und die Situation des Patienten überdenken – eben all das, was uns dem Erfolg näher bringt.

Danksagung

Ich möchte hiermit *Dr. Rodger K. Uchizono*, *Dr. James M. Kahal* und *Dr. Christian W. Hahn* meine Hochachtung und Ehrerbietung ausdrücken. Die Zusammen-

arbeit war sehr kollegial und verständnisvoll. Die geführten Patientengespräche haben zu hervorragenden Endergebnissen geführt.

Vielen Dank für die gute Zusammenarbeit auch an „Ultimate Styles Dental Laboratory“ und „WORLD LAB/USA“ – trotz teilweise zeitaufwändigen Arbeiten haben sie mich jederzeit tatkräftig unterstützt.

Frau Kiyoko Ban hat uns menschlich wie beruflich durch ihr Verständnis und ihre Unterstützung bei den Vorführungen sehr beeindruckt, wofür ich ihr sehr danke.

Ein herzliches Dankeschön auch an *Herrn Hiroshi Matsumura*, Vorsitzender der Tokushinkai Group, für die Motivation und professionelle Unterstützung. Ich habe mich sehr über die gemeinsam verbrachte Zeit in einem so netten Team gefreut. □

Zur Person

Naoki Hayashi schloss seine Ausbildung 1993 am „Dental Institute College“ in Osaka/Japan ab. Hayashi ist nicht nur ein talentierter Keramiker, er ist vor allem auch ein brillanter Fotograf. Er gehörte zu den ausgewählten Preisträgern des „QDT Meisterstücks“ für seine zahntechnischen Fotografien. Er hat eine Vielzahl von Fachartikeln in japanischen Dentaljournalen veröffentlicht. Zudem wurden viele seiner Beiträge ins Deutsche, Italienische, Russische übersetzt und zusätzlich in den Vereinigten Staaten und Kanada veröffentlicht.

Hayashi ist ein begehrter Referent und Kursleiter, was er in diversen Vorträgen und Kursen weltweit unter Beweis stellen konnte und kann. Er genießt international einen guten Ruf und wird wegen seiner Vorträge von vielen Kapazitäten aufgesucht. Hayashi hat zudem „A Diary Through the Lens“, ein Buch, das eine Vielzahl klinischer Fälle dokumentiert und den Zahnärzten bei der Patientenberatung helfen soll, veröffentlicht. Außerdem wird Zahntechnikern darin Schritt für Schritt die keramische Schichtung bis hin zu hochästhetischen Restaurationen erklärt und bebildert vorgestellt. Naoki Hayashi ist stellvertretender Geschäftsführer des „Ultimate Styles Dental Laboratory“ in Kalifornien/USA.



Kontaktadresse

Naoki Hayashi • Ultimate Styles Dental Laboratory • 12 Mauchly • Unit M • CA-92618 • Fon +1 946 727-0822 • Fax +1 949 727-0577
info@ultimate-dl.com

Originalbeitrag: Naoki Hayashi „A Challenge to Natural Teeth – Colors&Beyond“

Erschienen in: The International Journal of Dental Technology, Vol.36, no.1 and no.2, Ishiyaku publishers, INC.