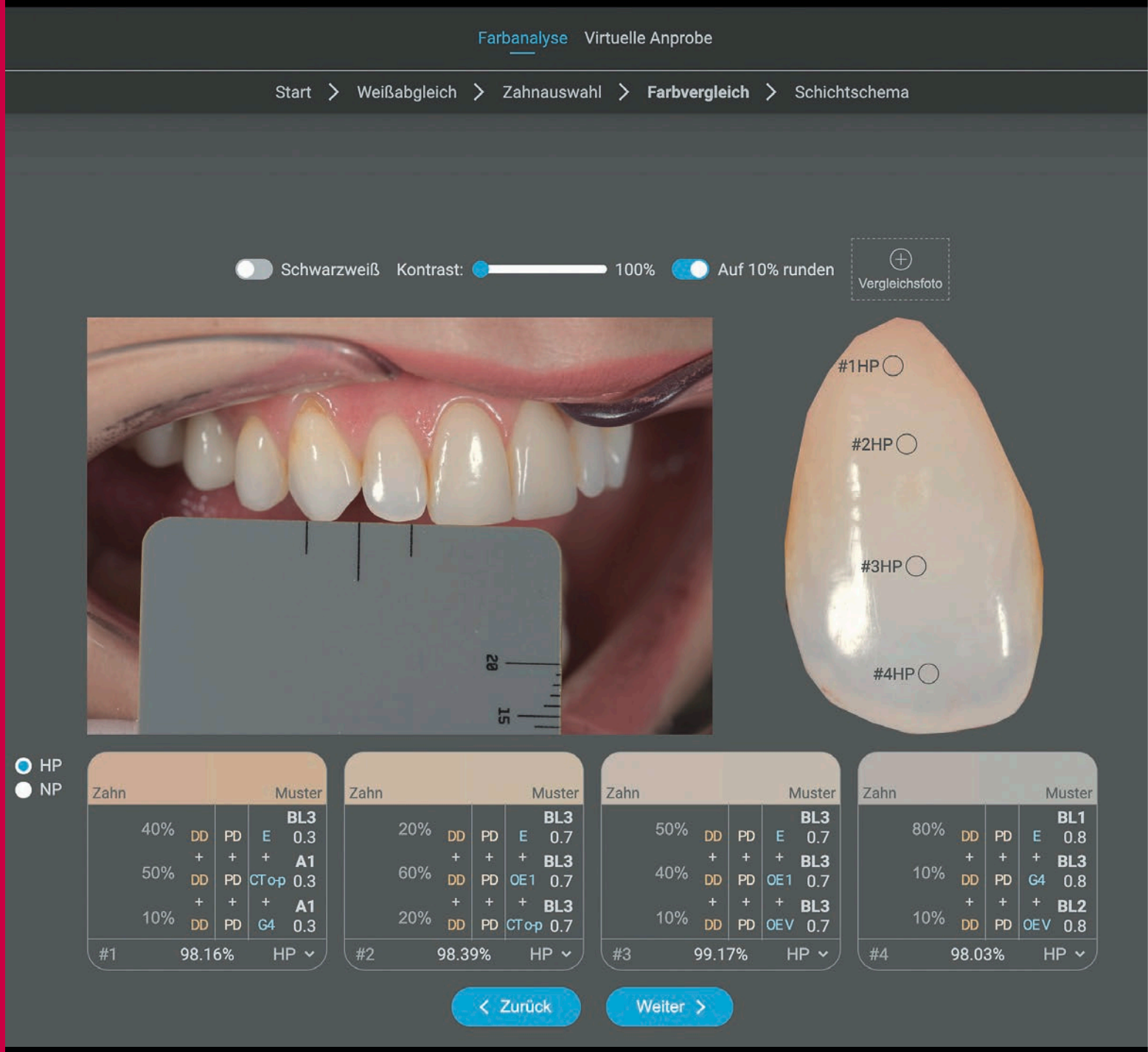
Das Farbmesssystem Dragonshade

ARNOLD DRACHENBERG

copyright by all rights reserved Quintessenz



copyright by all rights reserved Quintessenz

Einleitung

Nachdem der Autor im Jahr 2014 den Dragonshade erdacht und entwickelt hat (Abb. 1) – ein hilfreiches Werkzeug für die fotografische Dokumentation und Analyse von Zahnfarben – ist die Zeit natürlich nicht stehen geblieben und einiges wurde auch aufgrund der fortschreitenden Digitalisierung weiter gedacht. Schon damals dienten die mit dem Dragonshade angefertigten digitalen Bilder dazu, um die RAW-Fotodaten dann in einer entsprechenden Software (zum Beispiel Lightroom, Photoshop oder Keynote) farblich über einen vordefinierten Grauwert mit der Ist-Situation gleichzuschalten. Von da an war man in der Lage, die Zahnfarben mit der jeweiligen Software nur anhand von zuvor angefertigten Fotos in Ruhe am Monitor zu analysieren. Allerdings fand diese Analyse auch so statt, wie man es als Zahntechniker gewohnt war, dass heißt das dort Gesehene musste quasi auf das verwendete Keramiksystem „übersetzt" werden, um die nötigen Schritte für die entsprechende Schichtung ableiten zu können.

Sieben Jahre später entstand die Dragonshade App, die bei Frontzähnen die Farbnahme, das Analysieren von Helligkeit, Farbsättigung und Farbton vereinfacht (Abb. 2), sie wird bis heute immer weiter verbessert. Basis dieser Software ist wie bei anderen bekannten Farbanalyse-Softwares oder den anfänglichen Ansätzen in Photoshop oder Lightroom die Möglichkeit einer Tonwertkorrektur (Abb. 3). Denn nur so lassen sich unterschiedlich aufgenommene „Farben" gleichschalten und somit auch erst objektiv analysieren. Diese Möglichkeit der eindeutigen Farbkommunikation ist für die digitale Farbanalyse unbedingt notwendig. Kernstück dieser „Gleichschaltung" sind Graukarten, dass heißt physische Referenzkarten, auf denen das „Farbrezept" für das damit abgebildete Neutralgrau aufgedruckt oder zumindest bekannt ist. Wird nun der zu analysierende oder gleichzuschaltende Gegenstand zusammen mit dieser Graukarte fotografiert, dann wird es möglich, in der Bildbearbeitungs-Software über den bekannten Farbwert der Graukarte einen Weißabgleich durchzuführen, der

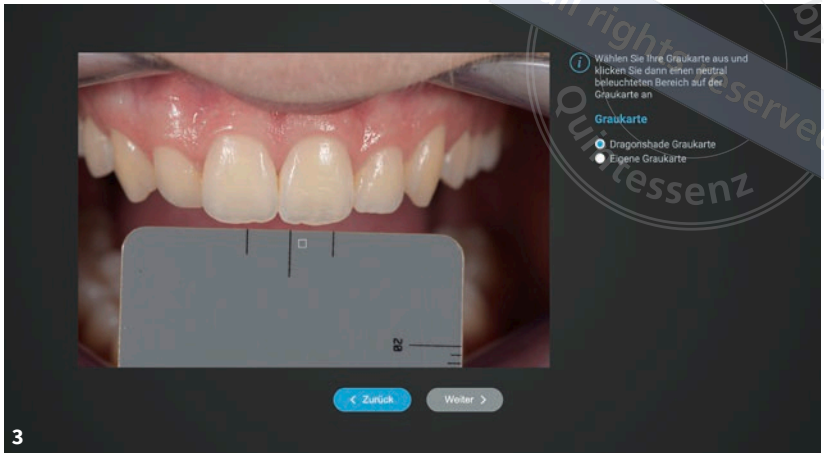
Zusammenfassung
Farbanalyse- oder Farbmesssysteme gibt es viele und vor allem schon lange. Jedes davon hat seine spezifischen Vor- und Nachteile, viele gelten als zu kompliziert. Zahntechnikermeister Arnold Drachenberg aus Windhagen hat vor neun Jahren sein analoges Dragonshade System entwickelt. Er hat es sukzessive weiterentwickelt, sodass heute ein digitales Tool für die Farbanalyse zur Verfügung steht, mit dem ein auf ein bestimmtes Keramiksystem bezogenes Farbrezept generiert werden kann.

Indizes
Farbanalyse, Farbmessung, Schichtschema, Schneide, Dentin

Abb. 1 2014 hat Arnold Drachenberg Dragonshade entwickelt, ein Werkzeug für die fotografische Dokumentation und Analyse von Zahnfarben.

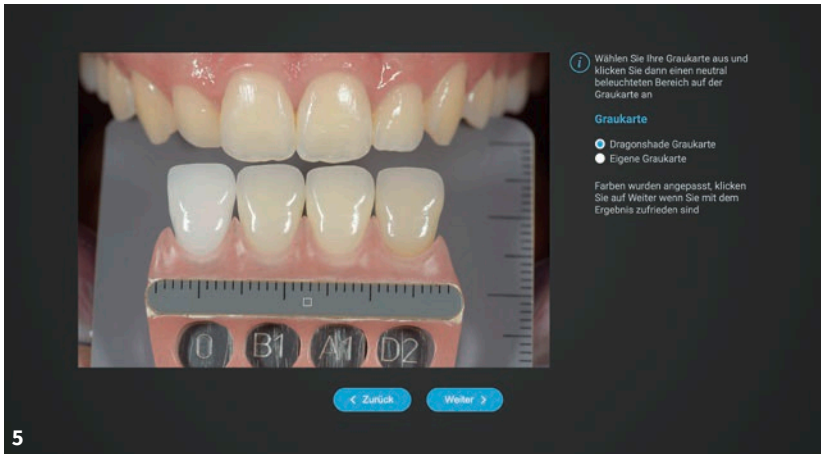
copyright by all rights reserved Quintessenz

2



3

4



5

Abb. 2 2002 entstand die Dragonshade App, die bei Frontzähnen bei der Farbnahme, dem Analysieren von Helligkeit, Farbsättigung und Farbton hilft. **Abb. 3** Basis der Dragonshade-Software ist die Möglichkeit, eine Tonwertkorrektur vornehmen zu können. **Abb. 4** Unabdingbar für die Tonwertkorrektur ist eine Graukarte wie die Dragon Card, die mit einer Metamerie-freien Farbe beschichtet ist, also unter unterschiedlichen Lichtfarben stets farbneutral bleibt. **Abb. 5** In der Software/App sind derzeit nur Farbmusterzähne hinterlegt, die mit einer Nikon DSLR (beispielsweise die Nikon D750) mit einem Lateralblitzsystem im 45°-Winkel aufgenommen wurden.

alle auf dem Foto abgebildeten Bereiche gleichermaßen abdeckt. Eine Vorgehensweise, die Standard in der Fotografie ist, wenn es gilt, die Belichtung zu kalibrieren. Unabdingbar dafür ist jedoch, dass die Graukarte mit einer Metamerie-freien Farbe beschichtet ist, das heißt unter unterschiedlichen Lichtfarben stets farbneutral bleibt. Die Graukarte (Dragon Card) des Dragonshade Systems ist folgendermaßen aufgebaut (Abb. 4):

- neutralgraue Oberfläche mit einem L*a*b*-Wert von 44,7–1,3-0,05
- Messskala an der längeren Kante, um die Proportionen der Zähne messen zu können
- Hilfslinien an der kürzeren Kante, zur mittigen Ausrichtung der Karte beim Fotografieren sowie beim Positionieren für die virtuelle Anprobe

Fotografieren der Patientenzähne für die Farbanalyse in der Dragonshade App

Für die Aufnahme der Ausgangsbilder, die für die Auswertung mit der Dragonshade App benötigt werden, empfiehlt Arnold Drachenberg derzeit noch eine Nikon DSLR (beispielsweise die Nikon D750) mit einem Lateralblitzsystem im 45°-Winkel, da in der Software/App derzeit Farbmusterzähne hinterlegt sind, die mit diesem Kamerasystem aufgenommen wurden (Abb. 5). Weitere Kamera-Systeme sind jedoch in Arbeit und die Dragonshade App wird sukzessive erweitert.

Für das Anfertigen der Bilder setzt man in die Dragonshade-Haltevorrichtung eine neutrale Graukarte (etwa die Dragon Card) und vier adäquate Farb-

copyright by all rights reserved Quintessenz

muster in das Gingivaschild ein[2]. Es empfiehlt sich, die Dragon Card zu verwenden, es können aber auch alle anderen Graukarten verwendet werden, deren L*a*b*-Wert bekannt ist.

Wenn man nicht mit den in der Dragon Shade App hinterlegten Farbmustern arbeiten möchte, kann man bei der Farbnahme klassische Farbmuster oder eigene Brenn-/Farbmuster verwenden. Die Farbmusterzähne wählt man dabei so, dass sie der zu reproduzierenden Zahnfarbe bereits grob entsprechen (Abb. 6). Mittig werden die Farbmuster gesteckt, die den zu analysierenden Zähnen am nächsten kommen, und seitlich einmal eine hellere und einmal eine dunklere Zahnfarbe. Statt der Graukarte kann in die Haltevorrichtung auch eine Schwarzkarte eingesetzt werden, allerdings dient diese eher der klassischen Fotodokumentation, das heißt zum Freistellen der Zähne (Abb. 7), und nicht für das Analyse-Tool der App.

Damit die Zahnfarbe optimal beurteilt werden kann und um die Reflexionen der Lateralblitze so gering wie möglich zu halten, wird die Kamera nicht frontal auf die Zähne oder die Farbmuster, sondern leicht von oben auf die zu analysierenden Zähne ausgerichtet (Abb. 8). Alternativ dazu können auch die Farbmusterzähne samt Graukarte und so weiter in der Dragonshade-Haltevorrichtung (auch dafür ist dieses Tool sehr praktisch) leicht nach hinten gekippt werden. Der Abstand der Schneidekanten der Farbmusterzähne zu den Schneidekanten der zu analysierenden Zähne sollte dabei möglichst gering sein (Abb. 9). Der Autor fotografiert in einem Abstand von 37 cm und verwendet ein 105 mm 1:2,8 FX Makroobjektiv, Blende f18, 1/200stel Sek. Belichtungszeit sowie ISO 100. Und bitte immer im RAW-Format fotografieren.

6

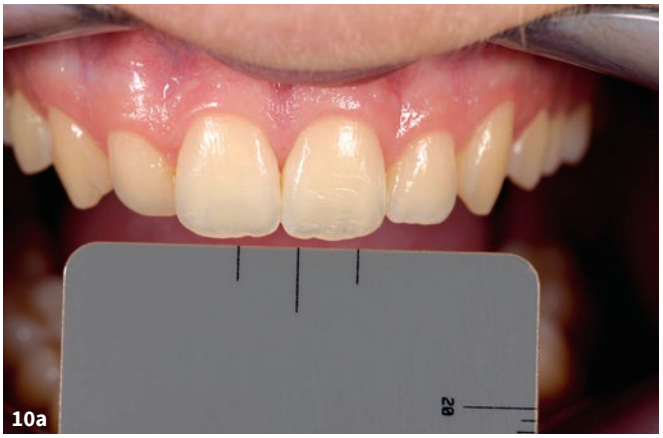
7

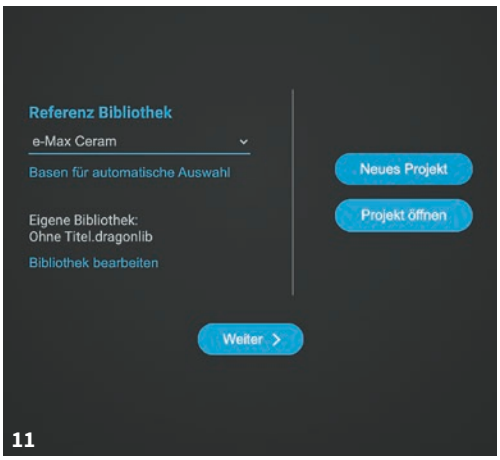
8

9

Abb. 6 Die Farbmusterzähne sollten so gewählt werden, dass sie der zu reproduzierenden Zahnfarbe bereits grob entsprechen. **Abb. 7** Eine Aufnahme mit Schwarzkarte dient zum Freistellen der Zähne. **Abb. 8** Die Kamera wird nicht frontal auf die Zähne oder die Farbmuster, sondern leicht von oben auf die zu analysierenden Zähne ausgerichtet. **Abb. 9** Der Abstand zwischen den Schneidekanten der Farbmusterzähne und denen der zu analysierenden Zähne sollte möglichst gering sein.

copyright by all rights reserved Quintessenz





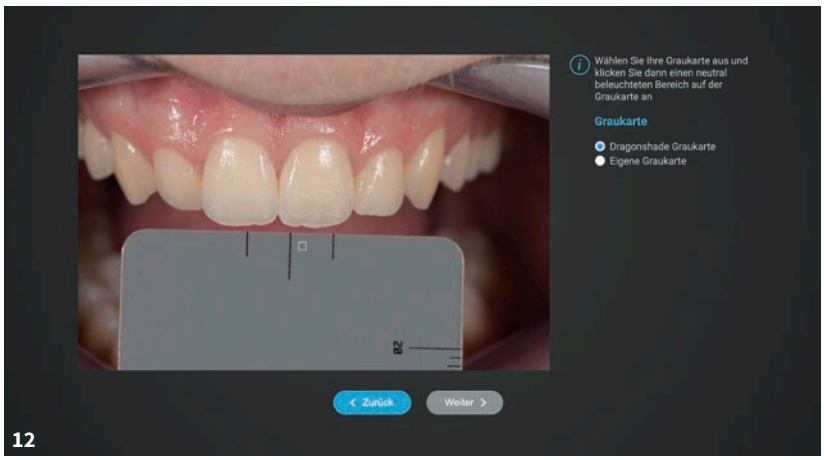


Abb. 10a und b Die Zähne des Patienten wurden mithilfe der Dragonshade Haltevorrichtung und wie beschrieben fotografiert. **Abb. 11** Die derart generierten RAW-Bilder werden beim Anlegen eines neuen Projekts mit der Dragonshade App geöffnet. **Abb. 12** Zum Farbabgleich und zur Tonwertkorrektur wird die Farbe eines Bereichs der Graukarte ausgewählt und zur Referenzierung aller auf dem Foto befindlicher Farben verwendet. Dann kann mit der Analyse der Zahnfarbe begonnen werden.

Nachdem die Zähne des Patienten mithilfe der Dragonshade-Haltevorrichtung und wie beschrieben fotografiert wurden (Abb. 10a und b), lädt man die RAW-Bilder davon auf den Rechner, um sie dann beim Anlegen eines neuen Projekts mit der Dragonshade-App zu öffnen (Abb. 11). In der App wird dann zum Farbabgleich und zur Tonwertkorrektur die Farbe eines Bereichs der Graukarte ausgewählt und zur Referenzierung aller auf dem Foto befindlicher Farben verwendet (Abb. 12). Die Analyse der Zahnfarbe kann nun starten.

Dragonshade-App

Anschließend bearbeitet man die Fotos in der Dragonshade-App. Dazu werden sie freigestellt und zur Analyse werden fotografierte Farbmuster sowie Muster aus der in der App hinterlegten Bibliothek herangezogen.

Und genau darin besteht aus Sicht des Autors der größte Unterschied zu anderen Systemen: Der Abgleich findet nicht nur mit den hinterlegten Mustern der Vita classical Farbskala, sondern auch mit einer eigenen Bibliothek statt, bestehend aus selbst erstellten Farbmustern in allen Schichtvarianten. Denn letztlich besteht die größte Hürde darin, wie man das, was man analysiert hat, dann auch auf das eigene Keramiksystem übertragen kann.

Arnold Drachenberg hat dafür bisher für das gesamte Keramiksystem von IPS e.max Ceram (Fa. Ivoclar, Schaan, Liechtenstein) sowie GC Initial LiSi (Fa. GC Europe, Bad Homburg) und Creation ZI-CT Farbmuster (Fa. Creation Willi Geller, Meiningen, Österreich) erstellt, nach seinem Protokoll abfotografiert und in der

copyright by all rights reserved Quintessenz

App hinterlegt (Abb. 13). So ist der Anwender in der Lage, die Zähne hinsichtlich eines real existierenden Keramiksystems zu analysieren und kann die ermittelten Farbbereiche und -effekte mit der adäquaten Keramikmasse des Sortiments entsprechend abgleichen und später auch umsetzen. Und auch hier gilt: Weitere Keramiksysteme werden in Kürze folgen oder aber man legt sein eigenes Keramiksystem in der App an. Selbst diese Variante ist in der Dragonshade-App vorgesehen, wie das geht, ist in einem Video-Tutorial Schritt für Schritt erklärt.

Es ist wichtig zu wissen, dass das Verhältnis von Dentin zu Schneide einen entscheidenden Einfluss auf den Helligkeitswert und Farbton einer Restauration hat. In der Dragonshade-App wird es in Zukunft daher auch möglich sein, die Gerüstart sowie die Dicke des Dentins und der Intensivmassen auszuwählen und in die Analyse sowie das vorgeschlagene Schichtschema einfließen zu lassen.

Abb. 13 Arnold Drachenberg hat für die Analyse mit seiner App bisher für das gesamte Keramiksystem von IPS e.max Ceram (Fa. Ivoclar, Schaan, Liechtenstein) Farbmuster erstellt, nach seinem Protokoll abfotografiert und in der Software hinterlegt.

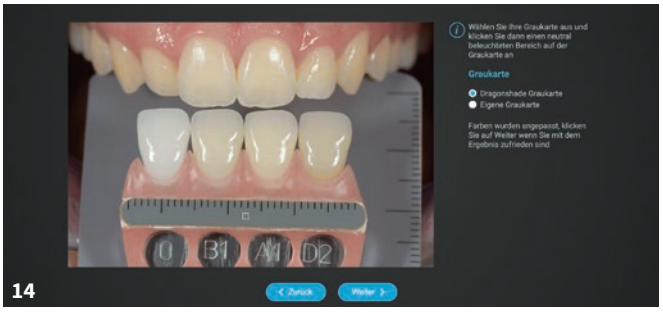
Fallbeispiele

Um die diversen Möglichkeiten, die sich den Anwendern der Dragonshade App derzeit bieten, praxisrelevant aufzuzeigen, sind nachfolgend unterschiedliche Fallbeispiele aufgeführt, anhand derer die App in der täglichen Anwendung demonstriert werden soll. Dabei wurden die Fälle so gewählt, dass sie von der Einfachschichtung bis hin zur hochkomplexen Analyse alles abdecken und somit die Leistungsfähigkeit der App gut abbilden.

Fall 1: Einfache Schichtung

Sobald die Ausgangssituation entsprechend dokumentiert ist, können die Daten in die Dragonshade-App importiert werden. Diese führt den Anwender dann Schritt für Schritt durch die Farbanalyse. Bevor man die Analyse startet, ist es jedoch wichtig, dass man das Keramiksystem auswählt, mit dessen Farbbmustern der zu analysierende Zahn abgeglichen werden sollen. Derzeit sind jedoch nur die Vita classical Farben, das IPS e.max Ceram- sowie das GC Initial LiSi- und das Creation ZI-CT-System hinterlegt.

Nun legt man, wie bereits erklärt, in der App ein Projekt an und öffnet das Foto, dass für die Analyse angefertigt wurde. Zudem wählt man aus, mit welcher Graukarte das Foto angefertigt wurde – in diesem Fall die Dragon Card (Abb. 14) – und stellt den Zahn frei,



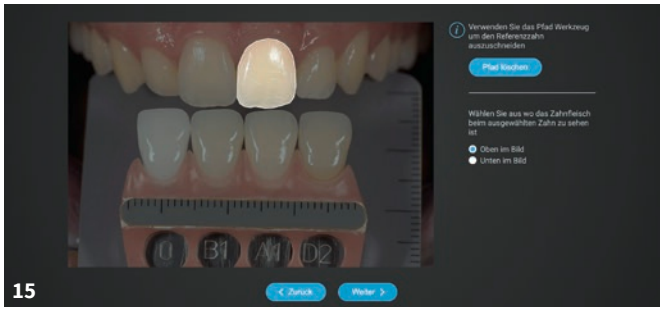
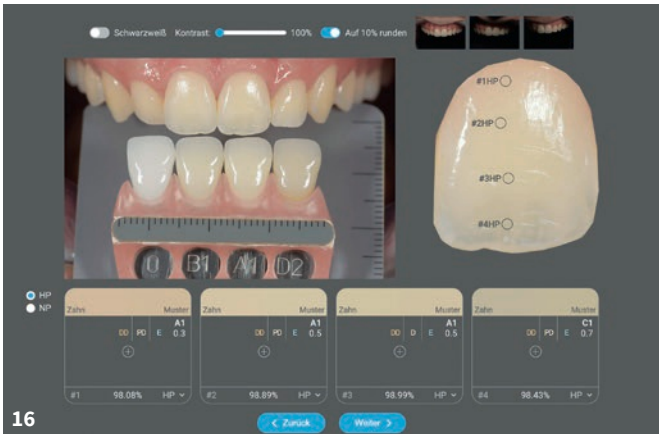
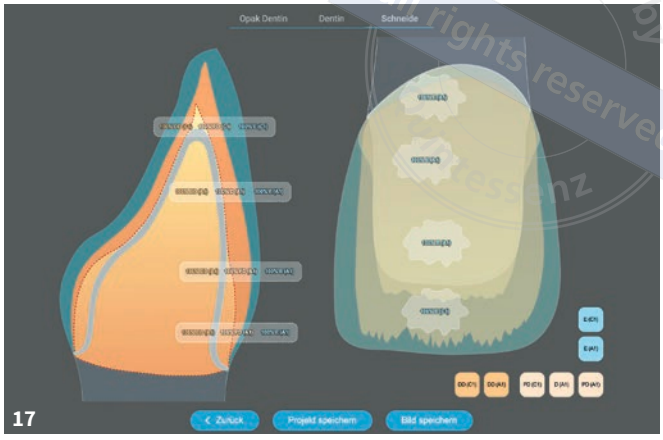


Abb. 14 Zunächst wird in der App ein Projekt angelegt und das Foto geöffnet, das für die Analyse angefertigt wurde. Außerdem muss angegeben werden, mit welcher Graukarte das Foto angefertigt wurde. **Abb. 15** Freistellen des Zahns, den es zu analysieren gilt.

copyright by all rights reserved Quintessenz



16



17

Abb. 16 Die Zahnfarbe wird anhand von vier Punkten (es sind auch bis zu acht Punkte möglich) auf dem zu analysierenden Zahn mit den in der App hinterlegten Farbmustern abgeglichen. **Abb. 17** Auf der Basis der App-Analyse kann ein Schichtschema ausgegeben werden, dass sich als PDF speichern und ausdrucken lässt.

den es zu analysieren gilt (Abb. 15). Die Zahnfarbe wird anhand von vier Punkten (normal sind vier, es sind aber auch bis zu acht Punkte möglich) auf dem zu analysierenden Zahn mit den in der App hinterlegten Farbmustern abgeglichen (Abb. 16), sodass auf der Basis der App-Analyse ein Schichtschema ausgegeben werden kann (Abb. 17). Dieses lässt sich auch von der App aus in ein Bild im PNG-Format überführen und ausdrucken.

Fall 2: Komplexere Schichtung

Bei einer genaueren Farbanalyse in der Dragon Shade App geht man am Anfang genauso vor, wie zuvor im Anleitungs-Video beschrieben. Wichtig ist, dass man nach der Auswahl „Farbanalyse“ die passende Bibliothek auswählt. In diesem Fall IPS e.max Ceram.

Nachfolgend wird das Grundprinzip des Vorgehens erklärt, das auch für alle anderen Keramik-Systeme angewendet wird, die im System hinterlegt sind oder hinterlegt werden. Zunächst wird wieder ein neues Projekt angelegt und das Foto geöffnet, dass analysiert werden soll. Da auch dieses Foto mit einem Dragon Shade und der entsprechenden Graukarte angefertigt wurde, wählt man die besagte Graukarte aus. Daraufhin wird in dem Foto mittig auf dem Neutralgrau ein Bereich angeklickt und anschließend in der App auf „weiter“ geklickt.

Als Nächstes wird in der App definiert, ob das Zahnfleisch des zu analysierenden Zahns oben oder unten liegt und daraufhin der entsprechende Zahn mittels Freistellwerkzeug ausgeschnitten. In diesem Bild werden erneut vier Bereiche bestimmt, die analysiert werden sollen. Am besten man sucht sich diese Bereiche nicht nur von unten nach oben auf einer gedachten vertikalen Linie aus, sondern hier lohnt es, die Stellen auszuwählen, die für die Farbreproduktion als besonders wichtig erachtet werden und farblich auch voneinander abweichen (Abb. 18). Ist man mit einem der ausgewählten Bereiche unzufrieden oder möchte man andere Bereiche analysieren, so können die vorab ausgewählten Bereiche gelöscht und neue bestimmt werden. Zu jedem gewählten Bereich wählt das Program aus der Bibliothek den bestmöglichen Match aus.

Jeder ausgewählte Bereich des Zahns wird links im Rechteck und das vorgeschlagene Muster aus der Bibliothek wird rechts angezeigt. Es kann durchaus sein, dass, wenn man nur einen Bereich minimal versetzt, eine ganz andere Zahnfarbe vorgeschlagen wird.

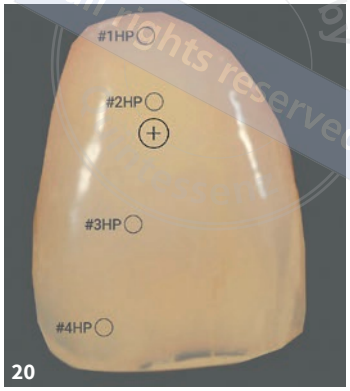
Der Zahn des 2. Falls ist schon sehr besonders, da er sehr viele Farben wie auch Helligkeitswerte aufweist. Das merkt man insbesondere dann, wenn man einen der ausgewählten Bereiche auf dem Zahn bewegt (Abb. 19).

Als erstes empfiehlt es sich bei einem Zahn wie diesem, zunächst den Farbton des hellsten Bereichs zu bestimmen. Das ist zumeist der in Abbildung 20 mit dem Auswahlwerkzeug markierte Bereich des Zahns.

Betrachtet man nun, wo sich dieser hellste Bereich des natürlichen Zahns beim vorgeschlagen Farbmuster befindet, dann wird deutlich, dass dieser Bereich auf ungefähr der gleichen Höhe liegt (Abb. 21). Die Schichtstärke der Schneide beträgt beim Musterzahn an dieser Stelle 0,5 mm. Das kann bei dem zu analysierenden Zahn anders sein, bedeutet also, dass an dieser Stelle die Sättigungs-, Farb- und Helligkeitswerte ähnlich sind.

Wenn diese Information ausreicht und die Analyse genug Informationen

copyright by all rights reserved Quintessenz



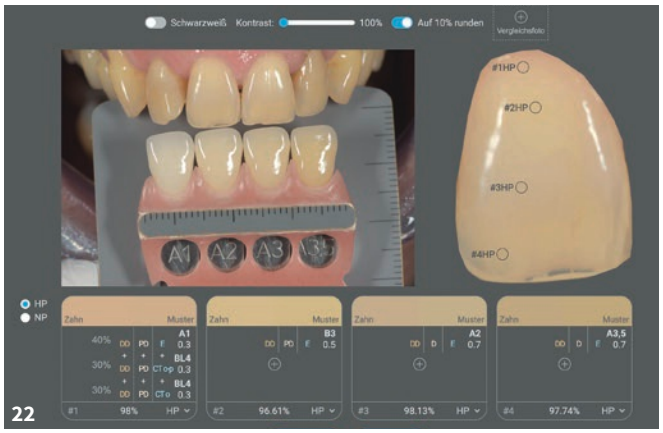


Abb. 18 Es werden vier Bereiche bestimmt, die analysiert werden sollen. Diese Bereiche sollten nicht auf einer gedachten vertikalen Linie ausgesucht werden, sondern an Stellen, die für die Farbreproduktion besonders entscheidend sind. **Abb. 19** Der Zahn wies sehr viele Farben und Helligkeitswerte auf. Das ist vor allem dann zu erkennen, wenn ein ausgewählter Bereich auf dem Zahn bewegt wird. **Abb. 20** Als Erstes empfiehlt es sich, den Farbton des hellsten Bereichs zu bestimmen. Das ist zumeist der in dieser Abbildung mit dem Auswahlwerkzeug markierte Bereich. **Abb. 21** Dieser hellste Bereich des natürlichen Zahns befindet sich beim vorgeschlagen Farbmuster ungefähr auf der gleichen Höhe. **Abb. 22** Soll der Zahn etwas genauer analysiert werden, so können in der App bis zu drei Muster untereinander gemischt werden.

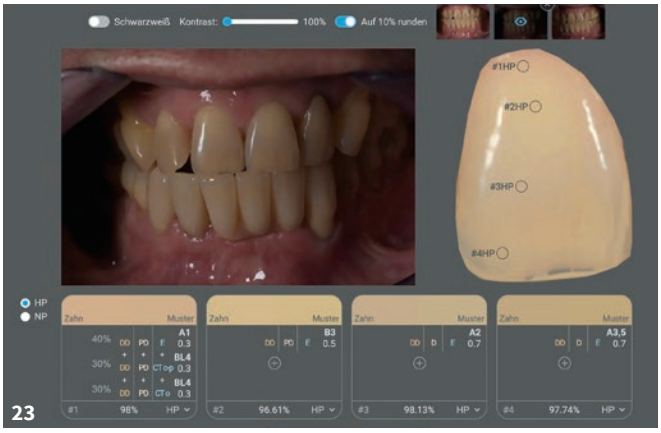
liefert, um zu verstehen, in welche Richtung sich bewegt werden muss, um die Farbe sogar noch besser reproduzieren zu können, als es mit dem vorgeschlagenen Muster der Fall ist, dann ist die Analyse dieses Bereichs auch schon abgeschlossen.

Sehr erfahrenen Kollegen reicht manchmal auch schon ein gutes Foto für die Analyse. Die App liefert aber auch Profis zusätzliche Sicherheit. So weiß jemand mit Erfahrung, wenn der Bereich zum Beispiel eher der Helligkeit von A2 entspricht, was er machen muss, um auch diesen Ton zu erreichen. Möchte man den Zahn aber etwas genauer analysieren, so gibt es in der App mehrere Möglichkeiten, dies zu tun. Es ist möglich, bei jedem Bereich bis zu drei Muster untereinander zu mischen, bis ein zufriedenstellendes Mischungsergebnis entstanden ist (Abb. 22). Auf diese Art und Weise kann ein gutes Ergebnis erreicht werden, jedoch kann es aufgrund der Transparenz des Zahns und vor allem aufgrund der sich ständig verändernden Lichtverhältnisse zu sehr großen Abweichungen bezüglich des Helligkeitswerts und des Farbtons kommen. Daher ist sehr wichtig, den Zahn, der nachgeschichtet werden soll, zu analysieren und somit zu verstehen, wie er aufgebaut ist. Diesbezüglich gilt es, sich für die Analyse vier wichtige Fragen zu stellen:

- Wie ist das Dentin aufgebaut?
- Wie dick ist die Schneide?
- Wie transparent ist die Schneide?
- Welchen Farbton hat die Schneide?

Um Fragen wie diese besser beantworten zu können, empfiehlt es sich, zusätzliche Bilder, die unter verschiedenen Lichtverhältnissen aufgenommen wurden, in die APP zu laden (Abb. 23). Es ist wichtig, Antworten auf all die zuvor aufgeführten Fragen zu bekommen, damit der Zahn besser vorstellbar wird und nachgeschichtet werden kann. Wenn

copyright by all rights reserved Quintessenz



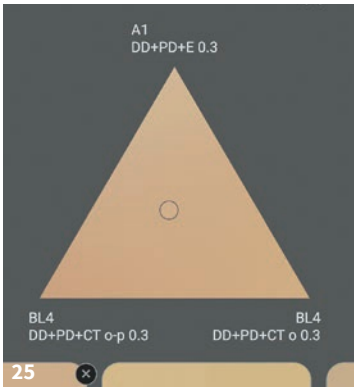


Abb. 23 Es empfiehlt sich, zusätzliche Bilder in die App zu laden, die unter verschiedenen Lichtverhältnissen aufgenommen wurden. **Abb. 24** Da durch Zugabe einer rötlicheren/wärmeren Schneide-/Transpa-/Zervikalmasse der Helligkeitswert herabgesetzt würde, sollte das Dentin ein bis zwei Stufen heller ausgewählt werden. **Abb. 25** Das adäquate Mischungsverhältnis für den Halsbereich (#1HP) wird eingestellt, indem auf die Prozentzahl geklickt und der Kreis in dem aus den drei gewählten Farbmustern aufgespannten Dreieck bewegt wird.

zum Beispiel beurteilt werden kann, ob die Schneide einen anderen Farbton aufweist, ist dies von großem Vorteil, da sich so besser ableiten lässt, welches Dentin darunter geschichtet werden muss und so weiter.

Nun aber weiter mit der Analyse, um festzulegen, mit welcher Keramikmischung das bestmögliche Ergebnis erreicht werden kann. Für die Rekonstruktion des ersten Punkts (#1HP), für den ja von der App das A1-Muster vorgeschlagen wurde, empfiehlt es sich, den Zahn etwas rötlicher und vom Kern her heller zu gestalten. Da jedoch durch Zugabe einer rötlicheren/wärmeren Schneide-/Transpa-/Zervikalmasse der Helligkeitswert herabgesetzt würde und da das in diesem Fall vorgeschlagene Muster eher etwas dunkler erscheint, sollte das Dentin ein bis zwei Stufen heller ausgewählt werden (Abb. 24). Insgesamt wurden in diesem Fall zur exakten Farbbestimmung in der App also ein Standard-Keramikmuster A1 und zwei Bleach-Keramikmuster (Bleach oder BL4) ausgewählt. Das erste BL4-Muster besteht aus Deep Dentin (Opakdentin) sowie Dentin und ist mit Cervical Transpa Orange-Pink überschichtet. Wohingegen das zweite BL4-Muster aus Deep Dentin sowie Dentin besteht und mit Cervikal Transpa Orange (CT orange) überschichtet ist. Das zweite BL4-Muster, das mit CT orange überschichtet ist, wurde mit in die Analyse einbezogen, damit die Farbe nicht zu sehr ins Rot-Orange geht und das Ergebnis transparenter wird.

Das adäquate Mischungsverhältnis für den Halsbereich (#1HP Hauptpunkt) wird eingestellt, indem auf die Prozentzahl geklickt und der Kreis in dem aus den drei gewählten Farbmustern aufgespannten Dreieck bewegt wird (Abb. 25). Der Kreis entspricht dem ausgewählten Bereich #1HP des Zahnes. An der Stelle, an der sich der Kreis nicht mehr vom Hintergrund des Dreiecks abhebt, befindet sich das bestmögliche Mischungsverhältnis der drei Muster. Zur Kontrolle kann immer auch die in der App unten aufgeführte Übereinstimmungs-Prozentzahl im Auge behalten werden. Kleine Abweichungen kann es immer geben, es müssen nicht 99 Prozent erreicht werden. Denn bereits ein minimales Versetzen des Punktes kann die Prozentzahl verändern. Zudem wird der hier zu analysierende Bereich besonders stark vom anliegenden Zahnfleisch beeinflusst.

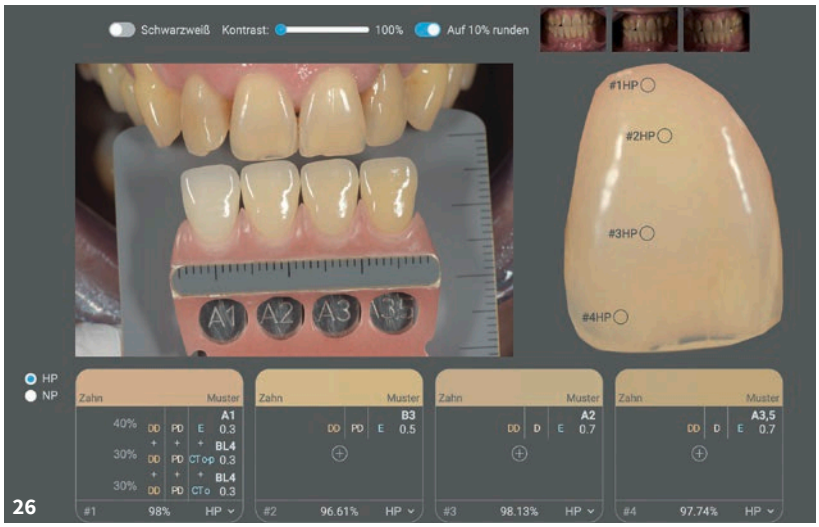
Der zweite zu analysierende Bereich des Patientenzahns (#2HP) scheint etwas wärmer, orangefarbener und heller als das vorgeschlagene B3-Muster zu sein. Zudem sagt die Erfahrung, dass die Schneide in diesem Bereich minimal dicker ist, als die vorgeschlagenen Dicke von 0,5 mm (Abb. 26). Daher empfehlen sich die folgenden Veränderungen:

- Da die Schneide minimal dicker geschichtet werden soll, als von der App beim adäquaten Muster vorgeschlagen, und auch ein wenig mehr

copyright by all rights reserved Quintessenz

ins Orangene gegangen werden soll, muss das Dentin heller gestaltet werden. Eine dickere und wärmere Schneide würde nämlich den Helligkeitswert herabsenken. Aus diesem Grund wird das vorgeschlagene Muster B3 durch ein helleres Muster (A2) ersetzt. Dabei ist es sehr wichtig, dass nur Bereiche hinzugefügt und untereinander gemischt werden, die auch eine gleiche Schneide-Schichtstärke aufweisen.

- Da der gewünschte Orange-Ton so aber zu kurz käme, werden noch ein A2-Muster, das mit CT orange, sowie ein A2-Muster, das mit OE 5 (Opal Orange) überschichtet wurde, zur Analyse hinzugefügt (Abb. 27). Werden diese Muster hinzufügt, werden sie von der App zunächst immer zu gleichen Teilen miteinander gemischt (Abb. 28). Man hat jedoch auch die Möglichkeit, die Mischung zu steuern. Dazu wird auf die Prozentzahl geklickt und der Kreis innerhalb des Farbdreiecks bewegt, der die Zahnfarbe des Patientenzahns am analysierten Punkt 2HP darstellt. Sehr wichtig ist insbesondere, den Helligkeitswert zu treffen. So kann jederzeit eine Farbe durch eine andere ausgetauscht werden. Hier haben wir A2 durch BL3 ausgetauscht. So erreicht man bereits eine sehr gute Übereinstimmung (Abb. 29). Und auch hier gilt: Es zählt nicht die maximale Prozentzahl. Zudem sollte man sich erneut folgende Fragen stellen:



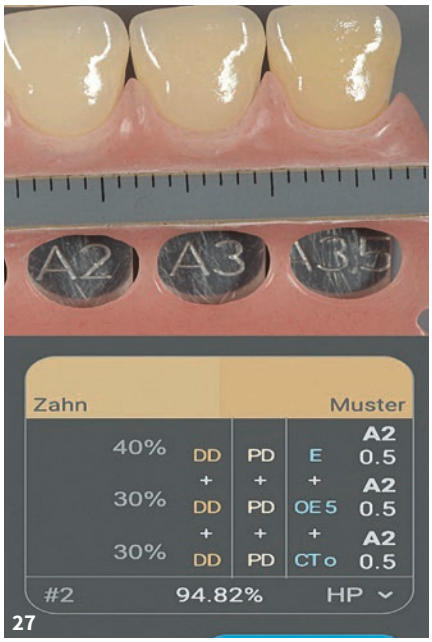


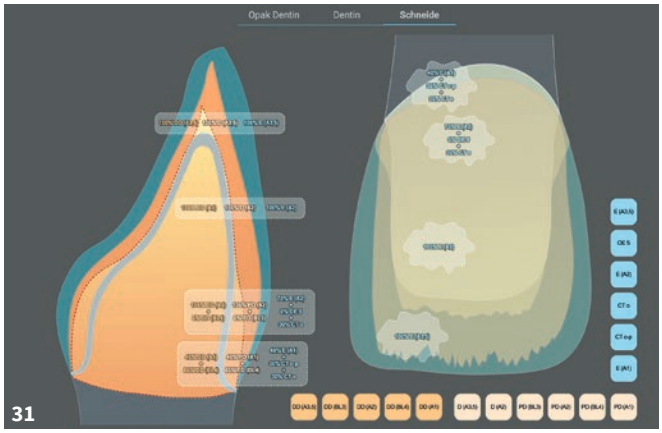
Abb. 26 Der zweite zu analysierende Bereich des Patientenzahns (#2HP) scheint etwas wärmer, orangefarbener und heller als das vorgeschlagene B3-Muster zu sein. Erfahrungsgemäß ist zudem die Schneide in diesem Bereich minimal dicker, als die vorgeschlagenen Dicke von 0,5 mm des Musters. **Abb. 27** Es werden noch ein A2-Muster, das mit CT orange, sowie ein A2-Muster, das mit OE 5 (Opal Orange) überschichtet wurde, zur Analyse hinzugefügt, um den gewünschten Orange-Ton zu finden. **Abb. 28** Die App mischt die hinzugefügten Muster zunächst immer zu gleichen Teilen miteinander. **Abb. 29** Diese Mischung kann durch Klicken auf die Prozentzahl und Bewegen des Kreises (Zahnfarbe des Patientenzahnes am analysierten Punkt 2HP) innerhalb des Farbdreiecks gesteuert werden.

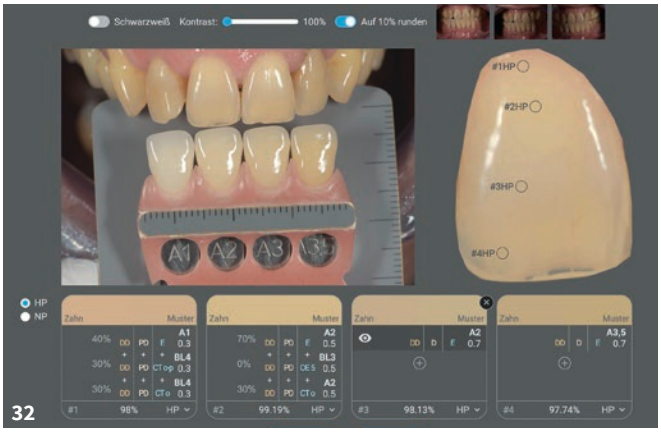
copyright by all rights reserved Quintessenz

- Wie ist das Dentin aufgebaut?
- Wie dick ist die Schneide?
- Wie transparent ist die Schneide?
- Welchen Farbton hat die Schneide?

Beispielsweise werden mehr als 99 Prozent Übereinstimmung an den Stellen erreicht, an denen die Basis zu 60 Prozent aus BL3 Dentin besteht (Abb. 30), normalerweise würde aber reines Dentin A2 verwenden werden. Doch worin liegen die Unterschiede und für welche Stelle soll man sich nun entscheiden? Da die Schneide an dieser Stelle transparenter ist und die Wärme mehr vom Dentin ausgeht, fällt die Entscheidung zugunsten des reinen Dentin A2 aus. Dafür wird dann natürlich mit einer weniger warmen Schneide (OE 5) gearbeitet, da die Wärme ja bereits vom Dentin ausgeht. Wer allerdings der Meinung ist, dass vom Dentin viel mehr Helligkeit ausgeht und die Schneide etwas kompakter und wärmer ist, dann lässt sich ein ähnliches Ergebnis erreichen, indem Dentin BL3 beigemischt und mit OE 5 überschichtet wird. Die Mischungsverhältnisse der jeweiligen Schichten ist besser am von der App ausgegebenen Schichtschema (Abb. 31) zu erkennen. Daraus wird ersichtlich, dass im zweiten Bereich das Dentin und Opak-Dentin aus 100 Prozent A2 besteht und die Schneide aus zwei Massen im Verhältnis 70 : 30 (Schneidemasse A2 : CT orange) aufgebaut ist.

Den vorgeschlagenen dritten Bereich würde der Autor minimal rötlicher/dunkler und die Schneide an sich etwas transparenter gestalten (Abb. 32). Da der Autor gerne auf eine transparentere Schneide, zum Beispiel mehr auf reine Opalmasse OE1, zurückgreift, aber trotzdem den Blick nicht direkt auf das darunter liegende Dentin freigeben möchte, kann beispielsweise durch das Verwenden von Dentin D3 Tiefe imitiert werden. So wird zudem der Helligkeitswert herabgesenkt. Um etwas mehr ins Rötliche zu





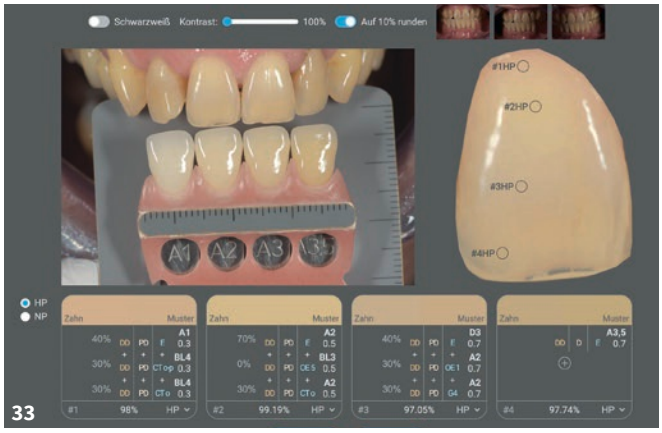


Abb. 30 An den Stellen, an denen die Basis zu 60 Prozent aus BL3 Dentin besteht, wird 99 Prozent Übereinstimmung erzielt. Normalerweise würde hierfür reines Dentin A2 genutzt. **Abb. 31** Die dezidierten Mischungsverhältnisse der jeweiligen Schichten lassen sich am besten aus dem von der App ausgegebenen Schichtschema ablesen. **Abb. 32** Der Autor würde den von der App vorgeschlagenen 3. Bereich (#3HP) minimal rötlicher/dunkler und die Schneide etwas transparenter gestalten. **Abb. 33** Um etwas mehr ins Rötliche zu gehen, wird ein Dentin A2 Muster ausgewählt, das mit Cervical Transpa-Masse CT orange-pink oder mit Gingiva 04 übergeschichtet wird.

copyright by all rights reserved Quintessenz

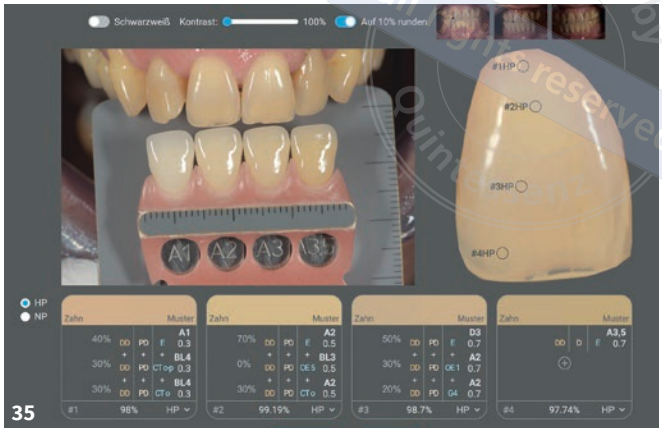


Abb. 34 Um dem Rot-/Orangeton des Bereichs näher zu kommen, werden die Muster erneut gemischt. **Abb. 35** Das Programm schlägt für den Schneidebereich (#4HP) zunächst eine A3,5 Farbe mit einer Schneidestärke von 0,7 vor. Im Vergleich zu einer Standardfarbe A3,5 fehlen aber noch ein wenig Tiefe und der Rotton.

gehen, wird das Muster Dentin A2 ausgewählt, das mit Cervical Transpa-Masse CT orange-pink oder mit Gingiva 04 übergeschichtet wurde (Abb. 33).

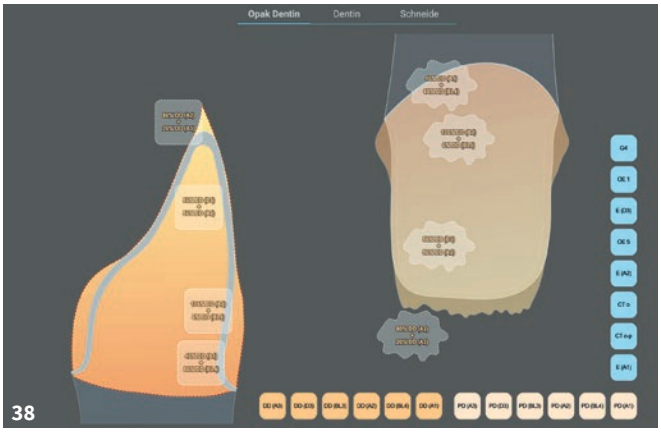
Das in der App angezeigte Muster sieht bezogen auf den zu analysierenden dritten Bereichs schon ganz gut aus, jedoch fehlt es noch an Rot/Orange. Daher wird nun versucht, durch Mischen der Muster das bestmögliche Ergebnis hinzubekommen (Abb. 34). Wenn sich – wie bei diesem Zahn – derart viele verschiedene Farben nebeneinander befinden, kann ruhig kontrastreicher geschichtet werden. Denn beim Schichten gibt es keine klaren Grenzen. Ein hellerer Bereich beeinflusst einen eher dunkleren und andersherum. Das heißt die Kontraste neutralisieren sich ein wenig. So empfiehlt es sich, die Bereiche, die sich voneinander unterscheiden sollen, kräftiger zu betonen, als es von der Analyse-App vorgeschlagen wird. Wie etwa diese warme Flecken im Inneren des gezeigten Beispiels, die sich mithilfe von Internal Staining darstellen lassen.

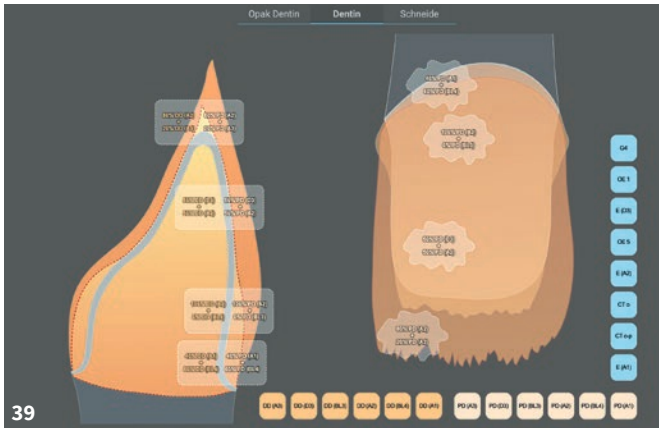
Kommen wir nun zum letzten und schwierigsten Bereich, nämlich dem in Richtung Schneidekante. Denn dort, wo die Schneide am dicksten ist und das Licht am ungehindertsten durch den Zahn scheinen kann, ist es schwierig zu analysieren, woraus der Kern besteht (aus welchem Dentin oder Opakdentin) und wie sich die Schneide zusammensetzt. Das Programm schlägt für diesen Bereich zunächst eine A3,5 -Farbe mit einer Schneidestärke von 0,7 vor (Abb. 35). Zumeist schlagen Analyseprogramme für diesen Bereich C- oder D-Farben vor. Das hier vorgestellte Programm kann, wie jedes andere auch, nicht beurteilen, wie transparent und dick das Dentin und die Schneide sind. Daher schlägt es – unabhängig von diesen Einflussgrößen – die aus rechnerischer Sicht bestmögliche Farbe vor. Und wie aus der Abbildung 35 ersichtlich wird, passt dieser Vorschlag gar nicht mal so schlecht. Jedoch fehlt im Vergleich zu einer Standardfarbe A3,5 ein wenig Tiefe, und der Zahn weist in diesem Bereich noch einen leichten Rotstich auf. Für dieses Beispiel wurde eine eher neutrale Stelle im Inzisalbereich ausgesucht, der neben rötlicheren auch aus gelberen und orangeneren Bereichen besteht. Diese ließen sich durch interne Massen (Mamelons) oder auch durch Internal Staining nachbilden.

Im Bereich #4HP gilt es, für den Kern hauptsächlich auf die gleichen Massen zurückzugreifen, wie sie auch schon für die Bereiche #2HP und #3HP ermittelt wurden. Dass heißt, es wird versucht, von innen heraus auf hellere Massen als das vorgeschlagene Muster zurückzugreifen. Tiefe und der richtige Farbton wird der Krone schließlich mithilfe einer dickeren und transparenteren Schneide verliehen. Die Krone wird durch die Verwendung von Opal Effect-Massen transparenter und wärmer/violetter. Doch das reicht noch nicht. Daher wird ein weiteres A2-Muster hinzugefügt, das mit reiner Cervical Transpa-Masse (CT orange-pink) überschichtet wurde (Abb. 36). Die Kontrollansicht in Schwarz-Weiß zeigt, dass das Ergebnis sehr zufriedenstellend ist und die Analyse somit abgeschlossen wäre (Abb. 37).

Im nächsten Fenster kann man sich das komplette Schichtschema Schicht für Schicht anzeigen lassen (Abb. 38 bis 40), und das Projekt abspeichern. Falls man an dem Schichtschema noch etwas manuell ergänzen möchten, so kann man es in der App als PNG ausgeben und ausdrucken. Unten und rechts werden alle

copyright by all rights reserved Quintessenz





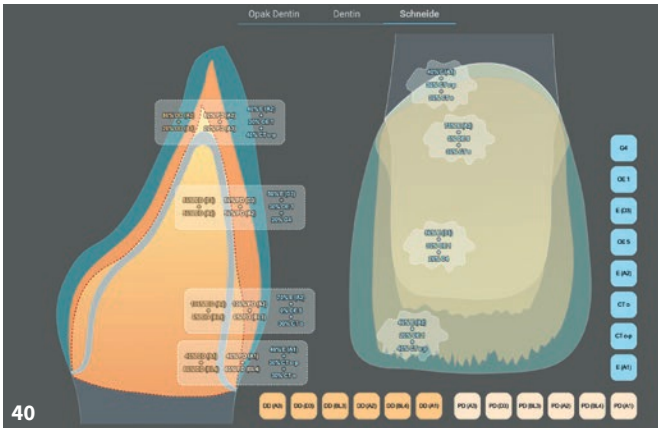
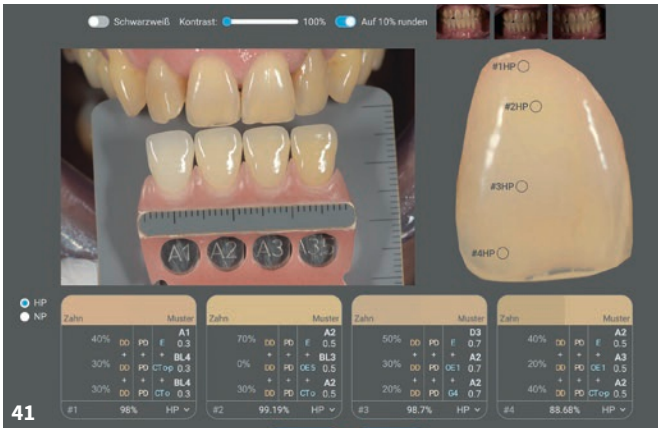


Abb. 36 In der App wird ein weiteres A2-Muster hinzugefügt, das mit reiner Cervical Transpa-Masse (CT orange-pink) überschichtet wurde. **Abb. 37** Die Kontrollansicht in Schwarz-Weiß zeigt: Das Analyseergebnis ist sehr zufriedenstellend und die Analyse somit abgeschlossen. **Abb. 38 bis 40** Es ist möglich, sich in der App das vollständige Schichtschema Schicht für Schicht anzeigen zu lassen. Zudem kann das Schichtschema als Bilddatei ausgegeben und ausgedruckt werden.

Massen aufgezählt, die für die Schichtung benötigt werden. Von großem Vorteil ist, dass man sich nun keine Gedanken mehr darüber zu machen braucht, welche Massen man de facto für die Schichtung benötigt. Es müssen für diese Schichtung einfach nur die Massen bereitgehalten werden, die dem Schichtschema zu entnehmen und die dort aufgeführt sind. Diese werden zur Rekonstruktion des entsprechenden Bereichs entsprechend angemischt.

Da der Autor oft gefragt wird, was zu tun ist, wenn nicht ausreichend Platz zur Verfügung steht, wird nachfolgend aufgeführt, wie diesem Umstand begegnet werden kann. Dazu wird ein Schritt zurück gemacht und bei dem vierten Punkt werden nicht die Farben der hinterlegten Farbmuster geändert, sondern zunächst nur die Schichtstärke der Schneide. Wird diese um 0,5 mm reduziert (Abb. 41), so wird sofort deutlich, dass der nötige Farb- und Helligkeitswert mit A2/A3 nicht

copyright by all rights reserved Quintessenz



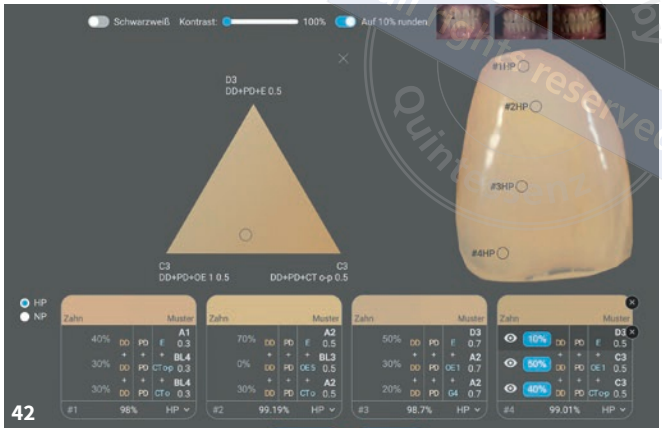


Abb. 41 Wird in der App die Schichtstärke der Schneide um 0,5 reduziert, um ein geringeres Platzangebot zu simulieren, so wird deutlich, das der nötige Farb- und Helligkeitswert mit A2/A3 nicht erreicht wird. **Abb. 42** Wenn für die Schneide nicht mehr als 0,5 mm zur Verfügung steht, muss eine Illusion geschaffen werden. In der App werden die A-Farbmuster zunächst gegen D- und C-Farbmuster ausgetauscht.

erreicht wird – es fehlt an Tiefe und an absorbierenden Massen, sowie rot und violett.

Es sollte jedem klar sein, dass – wenn für die Schneide nicht mehr als 0,5 mm zur Verfügung stehen – eine Illusion geschaffen werden muss. Ergo muss bereits von innen heraus der Kern dunkler gestaltet werden. Der nötige Farb- und Helligkeitswert wird dazu entweder durch das Bemalen des Gerüsts oder mithilfe der Dentin-Schichtung erreicht. Dennoch sollte der Kern immer noch heller sein als das gewünschte Endergebnis. Daher werden nun die A-Farbmuster gegen D- und C-Farbmuster ausgetauscht.

Natürlich muss erst einmal ausprobiert werden, welche Muster davon besser passen und welche anschließend richtig zusammengemischt werden müssen. Im vorliegenden Beispiel sieht die Auswahl bereits sehr gut aus (Abb. 42). Allerdings wird, wenn das Ergebnis nach dem Schichten genau und unter verschiedenen Lichtverhältnissen angeschaut wird, der Unterschied zu sehen sein, doch im Großen und Ganzen lässt sich so das beste Ergebnis erreichen, was den Farbton und den Helligkeitswert betrifft.

Fallbeispiel

Um zu zeigen, wie sich die Analyse-App in den zahntechnischen Alltag integrieren lässt, wird nachfolgend die Lösung eines komplexen Patientenfalls vorgestellt. Die Patientin war nicht ganz mit der Farbe ihrer vorhandenen Veneers auf den Zähnen 11 und 21 zufrieden (Abb. 43). Zudem äußerte sie grundlegend den Wunsch, ihre Zähne aufhellen zu lassen. Daher sollten ihre Zähne gebleacht und ihr Seitenzahnbereich teils durch Teilkronen/Kronen ersetzt werden.

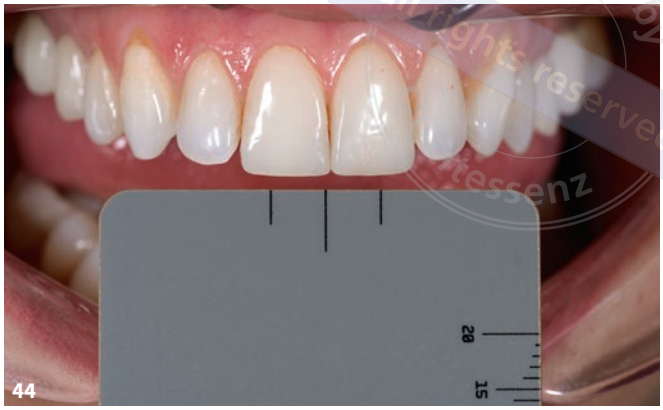
Im Rahmen der Behandlung sollten nun also auch ihre beiden zentralen Schneidezähne neu versorgt werden. Da die Form der Frontzähne beibehalten werden sollte, wurde kein Wax-up angefertigt. Daher war es möglich, sich voll und ganz auf die korrekte Farbnahme und Farbrekonstruktion zu konzentrieren. Und zwar sowohl auf die endgültige Zahnfarbe, also die natürlichen, gebleachten Zähne, sowie die eingesetzten Restaurationen, als auch die Farbe der präparierten Stümpfe (Abb. 44 bis 46). Sehr wichtig ist zu wissen, wo die Präparation aufhört, beziehungsweise, ob für die Rekonstruktion der Zähne auf Opak-Dentin, Dentin oder nur auf Schneidemassen zurückgegriffen werden kann/muss. Oft ist es schwierig, Zahnfarbe mit einem gepressten oder gefrästen Gerüst zu rekonstruieren, da zumeist ein Bereich mit einer eher transparenteren Masse und ein anderer zuerst mit einer opakerer Massen imitiert werden muss.

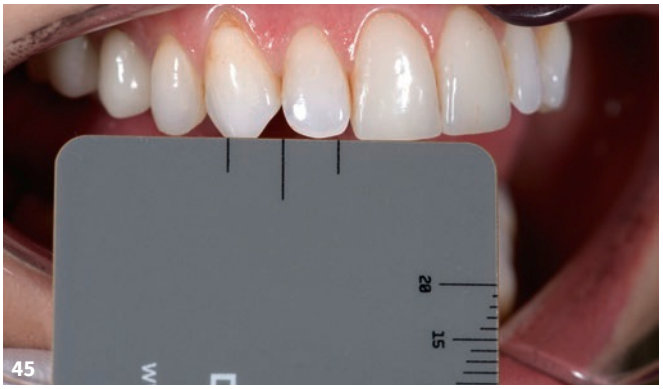
Werden anhand dieses Falls die Schneidekanten als Beispiel (insbesondere die des Zahns 21) genommen, so wird deutlich, dass in diesem Bereich der Zahn zunächst einmal mit Dentin verlängert werden muss, bevor mit dem eigentlichen Schichten der Schneidemassen begonnen werden kann (vgl. Abb. 47).

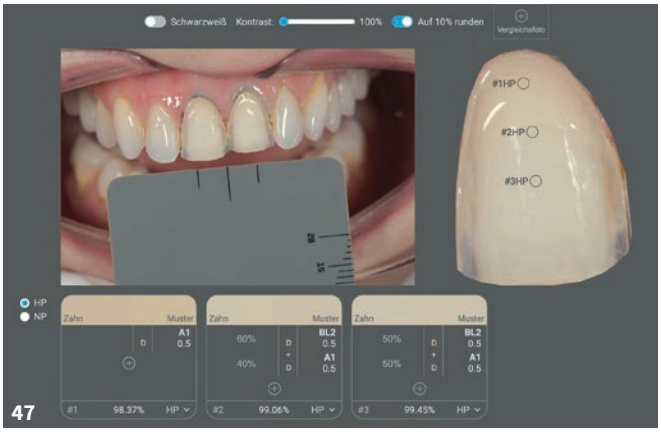
Nach dem Bleaching und der Präparation steht eine Situation zur Verfügung, die in der App analysiert werden kann. Und es zeigt sich, dass es bei den analysierten Präparationen in Richtung BL2/A1 geht (Abb. 48). Das zu wissen, erleichtert die Arbeit ungemein.

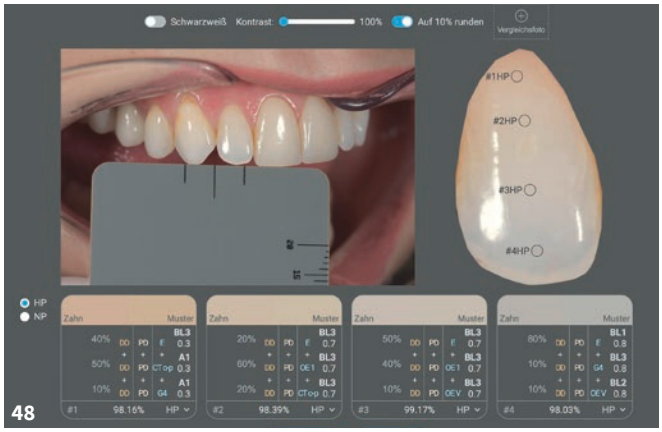
Der Analyse des Zahns 12 zufolge sollte eine BL3/BL2/A1 angestrebt werden (Abb. 49); es wird also ein ähnlicher Helligkeitswert vorgeschlagen wie beim präparierten Zahn. In diesem Fall würde es keinen Unterschied machen, ob man mit Dentin oder sofort mit Schneide an-

copyright by all rights reserved Quintessenz









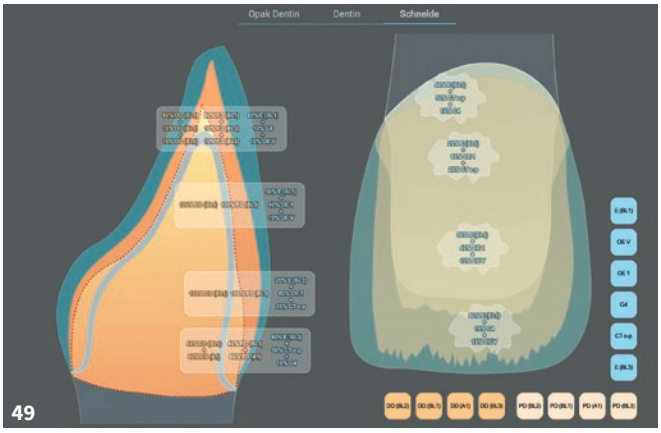


Abb. 43 Ausgangssituation. Die Patientin war mit der Farbe der vorhandenen Veneers auf den Zähnen 11 und 21 unzufrieden und äußerte den Wunsch, ihre Zähne aufhellen zu lassen. **Abb. 44 bis 46** Für die Neuversorgung der beiden zentralen Schneidezähne kam es auf die korrekte Farbreproduktion an, weshalb viel Wert auf die Fotodokumentation gelegt wurde. **Abb. 47** Situation nach dem Bleaching und der Präparation: In der Analyse-App zeigte sich, dass die Farbe bei den analysierten Präparationen ungefähr BL2/A1 betrug. **Abb. 48** Die Analyse des Zahns 12 ergab, dass eine BL3/BL2/A1 anzustreben sei. Es wurde also ein ähnlicher Helligkeitswert vorgeschlagen wie beim präparierten Zahn. **Abb. 49** Aus dem von der Analyse-App generierten Schichtschema ging hervor: Das aufgeführte Opak-Dentin und Dentin dienten dazu, das endgültige Ergebnis richtig zu ermitteln. Geschichtet wurde in diesem Fall größtenteils nur mit Schneidemassen.

copyright by all rights reserved Quintessenz

gefangen hätte zu schichten, da die Helligkeit des präparierten Stumpfes auch der gewünschten Helligkeit des Nachbarzahns entspricht.

Wäre der präparierte Stumpf dunkler, etwa eine A1/A2, und würde nur mit Schneide geschichtet werden, müsste dies dann auch bei der Analyse berücksichtigt werden. Denn dann müsste mit den in der App hinterlegten Mustern aus dem Dentinbereich A1/A2 die angestrebte Farbe erreicht werden – und zwar durch die Auswahl der adäquaten Schneide und deren Schichtstärke.

Bei einer großen Korrektur der Helligkeitswerts sollte dennoch auch das Dentin mit einbezogen werden. Aus dem von der Analyse-App generierten Schichtschema geht hervor, dass das aufgeführte Opak-Dentin und das Dentin nur dazu da sind, das endgültige Ergebnis richtig zu ermitteln (Abb. 50); geschichtet wird in diesem Fall (und wurde in diesem Fall auch) größtenteils nur mit Schneidemassen.

Es ist sehr wichtig zu wissen, welche Befestigungsmaterialien verwendet werden sollen, das sie den Helligkeitswert maßgeblich verändern können. Da in diesem Fall die Restaurationen für die beiden mittleren Inzisiven auf feuerfesten Stümpfen hergestellt wurden (Abb. 51), mussten die Schneidekanten zuerst mit Dentin verlängert werden, bevor die so geschaffene Form dann mit den Schneidemassen, die bei der Analyse ermittelt wurden, ergänzt werden konnte (Abb. 52). Die Zähne hätten auch mit Gerüsten aus Lithiumdisilikat rekonstruiert werden können, doch das Ergebnis wurde mit auf feuerfesten Stümpfen geschichteten Teilkronen lebhafter, als dies bei monolithischen Gerüsten der Fall gewesen wäre (Abb. 53 bis 55).

Abb. 50 und 51 Da in diesem Fall die Teilkronen auf feuerfesten Stümpfen hergestellt wurden, mussten die Schneidekanten zuerst mit Dentin verlängert werden, bevor es an die Komplettierung der Form mit den von der Analyse-App ermittelten Schneidemassen gehen konnte. **Abb. 52 bis 55** Das Ergebnis wurde mit auf feuerfesten Stümpfen geschichteten Teilkronen lebhafter als dies bei monolithischen Gerüsten der Fall gewesen wäre.

copyright by all rights reserved Quintessenz

Abschließende Gedanken/ Hinweise

Jeder, der sehr individuell schichtet, weiß, dass das Gerüst hinsichtlich des Endergebnisses eine große Rolle spielt. Genauso beeinflussen die internen Massen und die zweite mögliche Schneideschicht, die als Korrekturschicht aufgetragen wird, das Ergebnis.

Aus diesem Grund sind auch diese Aspekte wichtig für die Analyse. Allerdings werden diese erst in der nächsten Erweiterung der Dragonshade App implementiert. Bis diese erhältlich sein wird, wird empfohlen, sich bezüglich der Gerüstwahl an folgenden Punkten zu orientieren:

- Wurde vom Zahn zu viel Substanz abgetragen, so empfiehlt sich eher die Verwendung eines opaken Gerüsts (HO), damit die Restauration nicht vergraut.
- Wurde nicht viel/ausreichend präpariert und der Präparationsbereich liegt noch im Dentin, so empfiehlt sich eher ein Gerüst mittlerer Opazität (MO).
- Bei minimaler Präparation sollte hingegen ein Gerüst gewählt werden, das dem Schmelz ähnelt (LT, MT).

Soll ein Zahn heller gestaltet werden, sollte kein opakeres Gerüst verwendet werden. Das heißt, wenn aus einem A3-Zahn ein A2-Zahn werden soll und nicht allzu/nicht viel Substanz abgetragen wurde, darf beispielsweise kein HO-Rohling verwendet werden. In einem solchen Fall würde sich ein Gerüst aus einem MO- oder LT-Rohling empfehlen – allerdings dann in A1 oder sogar als BL-Farbe – um dieses anschließend durch Bemalen und Schichten der Schneide farblich anzupassen.

Diskussion und Schlussfolgerung

Dem Autor ist sich durchaus bewusst, dass sich die Thematik schwieriger darstellt, als es viele gerne hätten. Zu verlockend ist der Gedanke, eine App zu haben, die per Knopfdruck ein „Rezept“ oder gar via angeschlossenem Mischgerät eine fertige Mischung der benötigten Massen „ausspuckt“, die auf Anhieb passt. Applizieren, in Form schieben, fertig. Doch so einfach ist es nicht und kann es gar nicht sein, denn die zu kopierenden Zähne sind viel zu komplex, um sie auf ein derart einfaches Schema herunter zu brechen. Allein das „Zurechtschieben“ der entsprechenden Massen, dass heißt ihre korrekte dreidimensionale Platzierung im Zahn, ist nicht trivial und hat einen enormen Einfluss auf das Farbergebnis[1].

Somit sind auch weiterhin zahntechnisches Wissen, Erfahrung und ein gewisses Maß an „Intuition“ notwendig, um zum bestmöglichen Ergebnis zu kommen. Allerdings nimmt eine Vorgehensweise, wie die in diesem Beitrag beschriebene, dem gesamten Prozess viel von seiner Willkür und hilft dem erfahrenen Keramiker dabei, etwaige Irrwege zu umgehen und zielgerichteter zum Ziel zu kommen. Außerdem besteht die Möglichkeit, virtuell zu mischen, dass heißt es ist nicht notwendig, real Dinge auszuprobieren, um den Effekt bestimmter Keramikmassenkombinationen bewerten zu können. Die Vorabvisualisierung in der App reicht vollkommen aus.

Dem Autor ist ebenso klar, dass seine App noch ausbaufähig ist, insbesondere hinsichtlich der hinterlegten Muster unterschiedlicher Keramikanbieter sowie möglicher Kamerasysteme. Sie ist aber eine gute, vorhandene und vor allem funktionierende Basis, die „nur“ noch entsprechend gefüttert werden muss, um den individuellen Ansprüchen ihrer User gerecht zu werden.

Alles in allem ein sehr hilfreiches, aber auch lehrreiches Tool, das dem Thema Farbanalyse und Schichtschema viel von seiner Subjektivität nimmt.

Literatur

1. Bellmann JH, Seubert G.: Arbeiten nach dem Picasso-Prinzip – Der farbliche Einfluss von Opal-Schmelz auf die Zahnfarbe. Quintessenz Zahntech 2023;48:16–25.
2. Drachenberg A.: Individuelle Zahnästhetik durch instrumentelle Farbbestimmung und digitalen Farbabgleich. Das Farbempfinden mit dem Dragonshade objektivieren. Quintessenz Zahntech 2018;44:652–658.

Arnold Drachenberg
ZTM
Dental Labor Drachenberg
Köhlershohner Straße 29
53578 Windhagen
Korrespondenzadresse:
E-Mail: info@drachenberg-dental.de