

HVG-Mitteilung Nr. 2101

Farbe und Ästhetik von Dentalglaskeramiken

D. Tauch, H. Bürke, Ivoclar Vivadent AG, Schaan (Liechtenstein)

Vortrag im Fachausschuss I der DGG am 20. Oktober 2005 in Mainz

Auf dem Gebiet des restaurativen Zahnersatzes werden heute immer mehr Glaskeramiken eingesetzt. Dabei wird sowohl die Press- als auch die CAD/CAM-Technologie genutzt, um Restaurationen mit hoher Ästhetik und Biokompatibilität herzustellen. In diesem Beitrag stehen die Farbe und die Ästhetik von Dentalkeramiken im Mittelpunkt.

Anforderungen an die Ästhetik von Dentalkeramiken

Der Ausdruck „natürlich weiße Zähne“ führt zu einem Trugschluss, da Zähne eine außerordentliche Vielfalt von Farbnuancen besitzen. Während es für den Zahnarzt und Zahntechniker relativ einfach ist, die Form und die Oberflächenstruktur des menschlichen Zahnes nachzuempfinden, werden sie bei der Farbauswahl häufig vor größere Probleme gestellt. Die Grundfarbe von bleibenden Zähnen entspricht eher einem elfenbeinweiß mit alters- und individuell bedingten Tönungen von hellweiß über gelblich und bräunlich bis hin zu dunkelgrau. Diese Vielfalt an Farbunterschieden stellt auch das größte Problem bei der richtigen Farbbestimmung durch den Zahnarzt dar.

Die Zahnfarbe entsteht, wenn Licht auf die Zahnoberfläche trifft. Ein Teil des Lichtspektrums wird absorbiert, während der andere Teil reflektiert wird, wobei nur letzterer fürs Auge sichtbar ist. Darüber hinaus wird diese Eigenfarbe in der subjektiv unterschiedlichen Farbwahrnehmung durch Eigenschaften wie Lichtdurchlässigkeit (Transluzenz), Lichtundurchlässigkeit (Opazität), wellenlängenabhängige Lichtstreuung (Opaleszenz) und Farbeigenleuchten durch Farbverschiebung (Fluoreszenz) beeinflusst. Diese Eigenschaften des natürlichen Zahnes wiederum definieren die Anforderungen an die Ästhetik von Dentalkeramiken, da bei diesen nicht nur versucht wird, die Farbe nachzuempfinden, sondern auch Effekte wie Transluzenz, Opazität, Opaleszenz und Fluoreszenz im richtigen Maß zu erhalten.

Die Grundfarbe des Zahnes wird überwiegend visuell unter Zuhilfenahme eines industriell gefertigten Farbschlüssels bestimmt, was allerdings nur unter definierten Bedingungen hinsichtlich Umgebungsgestaltung, Beleuchtung und Betrachter zu einem optimalen Ergebnis führt.

Schichtaufbau einer Vollkeramikkrone

Eine Vollkeramikkrone wird über verschiedene Schichten vom Zahntechniker aufgebaut. Nach der Abformung des Stumpfes im Mund des Patienten durch den Zahnarzt, wird auf diesen ein Gerüst, z.B. aus Glaskeramik aufgepasst. Dieses Gerüst erhält man unter Zuhilfenahme der Heißpress- [1] oder CAD/CAM-Technologie. Nachdem das Gerüst fertig gestellt ist, wird eine dünne Schicht Glaskeramikpulver aufgebrannt, der so genannte Washbrand, um einen besseren Verbund zwischen der Gerüst- und der Schichtkeramik herzustellen. Anschließend wird die Schichtkeramik so aufgebracht, dass ein anatomisch geformter Zahn entsteht.

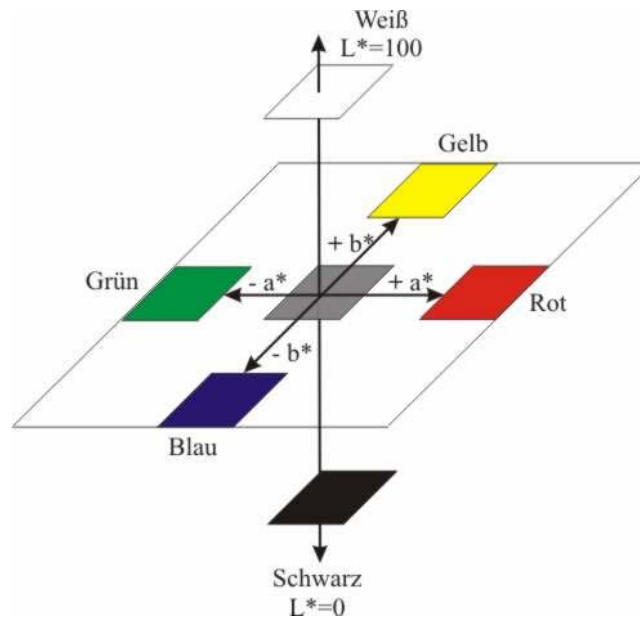


Bild 1: $L^*a^*b^*$ - Normfarbraum.

Bei der Schichtkeramik handelt es sich um eine Sinterglaskeramik, die in Pulverform mit einem Modellierliquid angemischt wird und dann auf das vorbereitete Gerüst (Washbrand) modelliert und aufgebrannt wird. Um feine Farbnuancen des natürlichen Zahnes zu imitieren kann die geschichtete Krone noch bemalt werden. Zum Abschluss wird eine Glasur aufgebracht, die den natürlichen Glanz des Zahnes nachahmt.

Farbgebung bei Dentalkeramiken

Bei der Farbgebung von Dentalkeramiken wird zwischen Sinter- und Massivglaskeramiken und damit zwischen Pigment- und Ionenfärbung unterschieden.

Für die Herstellung von gefärbten Sinterglaskeramiken wird Glaskeramikpulver mit Farb- und Trübungspigmenten gemischt. Das gefärbte Pulver wird dann entweder in Dosen abgefüllt und als Schichtkeramik verwendet oder uniaxial zu Rohlingen und Blöcken verpresst und gesintert. Diese werden dann entweder für das Heißpressverfahren oder als Fräsblöcke für die CAD/CAM-Technologie verwendet.

Farbige Massivglaskeramiken werden durch Ionenfärbung von Gläsern und deren anschließende Kristallisation hergestellt. Für die Ionenfärbung von Dentalglaskeramiken werden z. B. die Oxide CeO_2 (gelb), V_2O_5 (gelb), Er_2O_3 (rot) und MnO_2 (braun) verwendet, die in der Glasschmelze ionogen in Lösung gehen und das Glas homogen einfärben. Die trübende Komponente in den Massivglaskeramiken ist die während der Kristallisation ausgeschiedene Kristallphase.

Farbmessverfahren für Entwicklung und Qualitätskontrolle

Verschiedene Farbmessverfahren stehen sowohl für die Entwicklung der Zahnfarben als auch für die Qualitätskontrolle der fertigen Produkte zur Verfügung. Bei den verwendeten Methoden handelt es sich um die Spektralphotometrie, die UV/VIS - Spektroskopie und die visuelle Farbkontrolle.

Das Spektralphotometer (CM3700d, Minolta) misst die Remissionsanteile einer Farbe im Wellenlängenbereich von 400 bis 700 nm. Das Gerät basiert auf einer Ulbricht'schen Kugel, d.h. es wird das diffus reflektierte Licht von opaken oder nur wenig transluzenten Materialien analysiert. Aus dem erhaltenen Spektrum werden dann die korrespondierenden L^* , a^* , b^* - Werte berechnet. In Bild 1 ist der $L^*a^*b^*$ - Normfarbraum dargestellt, wobei der a^* - Wert den Bereich zwischen grün und rot und der b^* - Wert den Bereich zwischen blau und gelb darstellt, d.h. den Farbort. Des Weiteren wird der L^* - Wert bestimmt und dabei gilt, je größer dieser ist, desto heller ist die Farbe. Zusätzlich wird noch der CR - Wert (=Contrast Ratio) [2] mit dieser Methode erfasst, welcher eine Aussage über den Trübungsgrad einer Probe zulässt.

Mit dem UV/VIS - Spektrometer (Lambda 2, PerkinElmer) wird die Transmission gemessen, wobei bei dieser Methode nur transparente Materialien verwendet werden können. Streulicht wird ausgeblendet, so dass nur der ungehindert durchgehende Anteil des Lichtes analysiert wird. Als Ergebnis erhält man bei dieser Methode ein Transmissionsspektrum von 200 bis 700 nm.

Eine weitere Möglichkeit der Farbbeurteilung ist die visuelle Begutachtung der Proben in einem Lichtkasten mit genormter Beleuchtung. Die Proben werden direkt mit einem Referenzmuster verglichen. Bei dieser Methode handelt es sich nicht um eine Absolutbestimmung, da diese stark von der Prüfperson und deren Tagesform abhängt. Ein Vorteil der visuellen Farbbeurteilung ist, dass auch transluzente Materialien und Materialien mit Opaleffekt begutachtet werden können, die zu Verfälschungen bei den vorherigen Messmethoden führen.

Beispiele

In zwei Beispielen sollen Möglichkeiten und Effekte aufgezeigt werden, die bei der Entwicklung von farbigen Dentalkeramiken genutzt und beobachtet werden. Im ersten Beispiel wird gezeigt, wie mit Hilfe der Ionenfärbung einer Massivglaskeramik ein möglichst identischer Farbeindruck wie bei einer mit Farb- und Trübungspigmenten versetzten Sinterglaskeramik erzielt worden ist. Bild 2 zeigt den L^* -, a^* -, b^* - und CR - Wert einer Sinter- sowie einer Massivglaskeramik im Vergleich. Der a^* - und der b^* - Wert und damit der Farbort sind bei beiden Glaskeramiken fast identisch und das obwohl die Farbentstehung einerseits durch Ionen (Massivglaskeramik) und andererseits durch Pigmente (Sinterglaskeramik) gesteuert wird. Eine größere Schwierigkeit stellt die Angleichung der Helligkeit (L^*) und der Trübung (CR) dar. Um einen annähernd gleichen L^* - Wert bei der Massivglaskeramik im Vergleich zur Sinterglaskeramik zu erhalten, muss bei der Massivglaskeramik eine wesentlich größere Trübung und damit CR - Wert eingestellt werden.

Glaskeramiken mit unterschiedlicher Kristallgröße zeigen ebenfalls wesentliche Unterschiede in den optischen Eigenschaften. Die Auswirkungen auf Transluzenz und Opaleszenz dieser Glaskeramiken sowie die Reaktion unterschiedlicher Messverfahren darauf soll im Beispiel zwei aufgezeigt werden. In Bild 3 sind zwei Glaskeramiken fotografiert die von einem parallelen Lichtstrahl durchleuchtet werden. Während bei der linken Glaskeramik sich die Rotanteile im Licht geradlinig im Material ausbreiten, kommt es bei der rechten Glaskeramik zur Lichtstreuung des kompletten Lichtspektrums. Die linke Glaskeramik streut somit das Licht wellenlängenabhängig und verfügt somit über Opaleszenz.

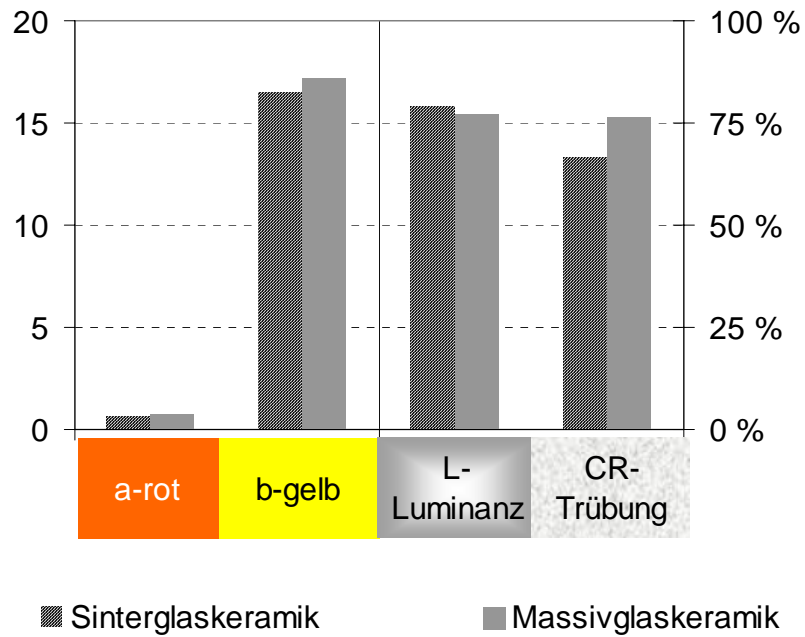


Bild 2: L^{*}-, a^{*}-, b^{*}- und CR - Wert von Sinter- sowie Massivglaskeramik bestimmt mit dem Spektralphotometer Minolta CM3700d.

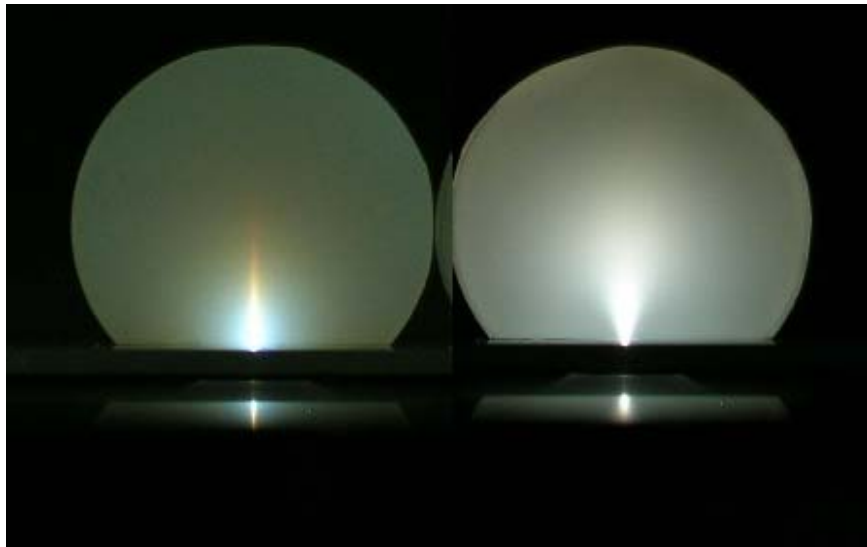


Bild 3: Glaskeramiken im Durchlicht mit unterschiedlicher Kristallgröße, links: GK1 mit Opaleszenz, rechts: GK2 ohne Opaleszenz.

Der Grund für diesen Unterschied in der Lichtstreuung dieser beiden Glaskeramiken liegt in der Kristallgröße. Die in Bild 4 dargestellten REM - Aufnahmen zeigen die Gefüge der zwei untersuchten Glaskeramiken. Die opaleszierende Glaskeramik GK1 hat stäbchenförmige Kristalle von bis zu 2 μm Länge, während bei der Glaskeramik GK2 ohne Opaleszenz breitere und längere Kristalle bis 5 μm beobachtet wurden.

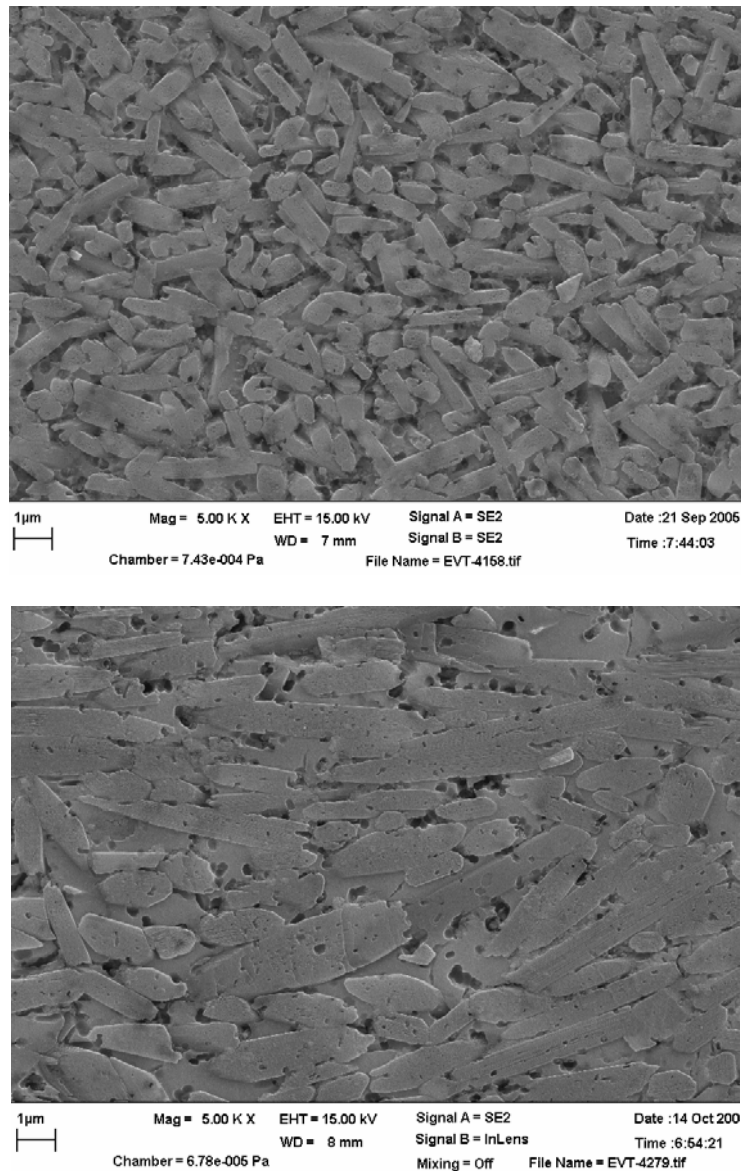


Bild 4: REM - Aufnahmen der Glaskeramikgefüge, oben: GK 1, unten: GK2.

Die scheinbare Transluzenz der beiden Glaskeramiken steht dabei zunächst im Widerspruch zu dem, was man von der Kristallgröße her erwarten könnte. Bild 5 zeigt die Farbmessplättchen im Auflicht. Die GK1 mit den kleineren Kristallen erscheint hier opaker als die GK2 mit den größeren Kristallen.

Im Durchlicht kann man dagegen bei der GK1 eine hinter der Probe angeordnete Messskala deutlich erkennen, während sie bei der GK2 nicht zu erkennen ist (Bild 6). Der Grund hierfür ist, dass die Rotanteile die GK1 nahezu ungebrochen passieren, während bei GK 2 das gesamte sichtbare Spektrum gestreut wird. Dies wird deutlich im unterschiedlichen Verlauf des Remissionsspektrums (Bild 7) und des Transmissionspektrums (Bild 8).

Die Untersuchungen zeigen, dass die Kristallgröße der ausgeschiedenen Kristallphase einen wesentlichen Einfluss auf die Opaleszenz der Glaskeramik und damit auf die Farbwirkung hat.

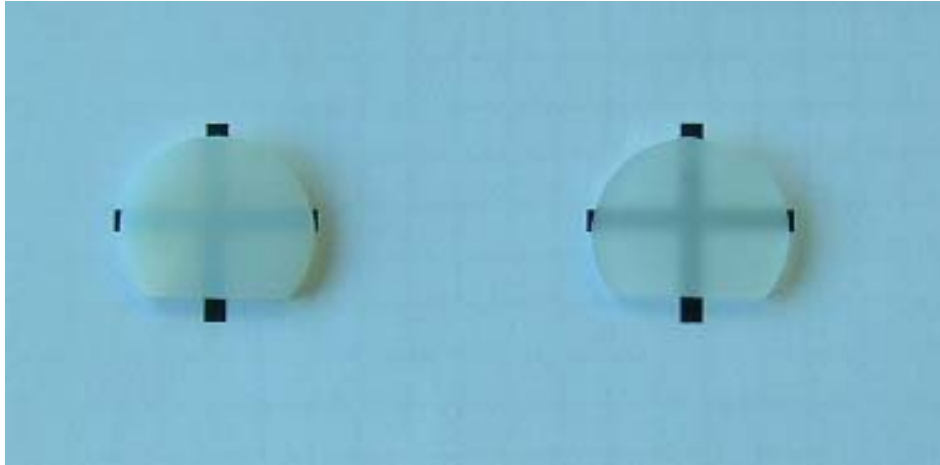


Bild 5: Visuelle Beurteilung der Farbplättchen im Auflicht, links: GK1, rechts: GK2.



Bild 6: Visuelle Beurteilung der Farbplättchen im Durchlicht, oben: GK1, unten: GK2.

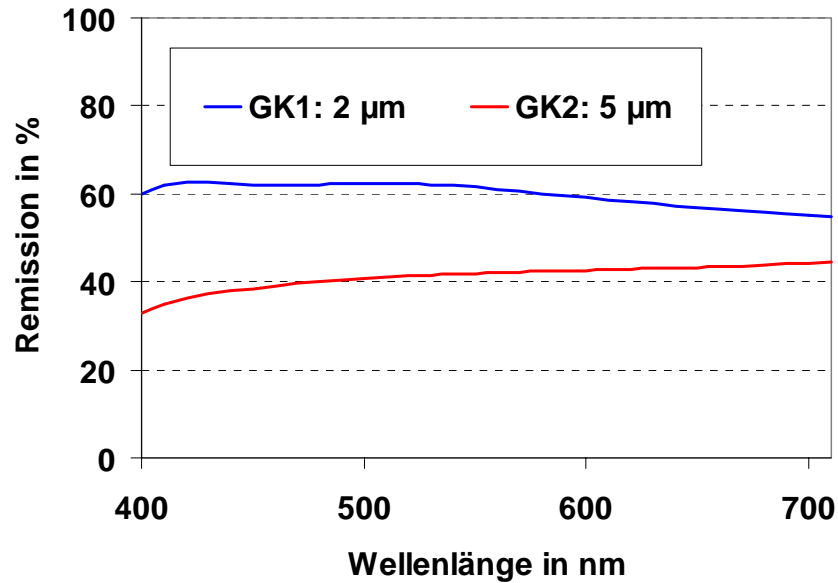


Bild 7: Remissionskurve der beiden Glaskeramiken (Minolta CM3700d).

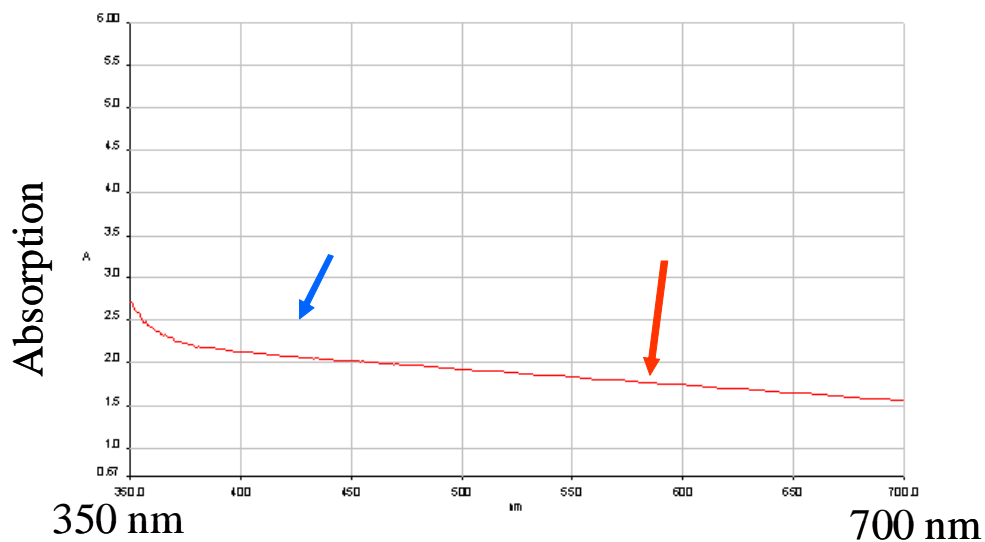


Bild 8: UV-VIS-Spektrum, Transmissionskurve (Lambda 2) der beiden Glaskeramiken.

Zusammenfassung

Es konnte festgestellt werden, dass für transluzente und opaleszierende Materialien kein quantitatives Messverfahren existiert, während opake Materialien mit dem Spektralphotometer und transparente Materialien mit dem UV/VIS - Spektrometer charakterisiert werden können. Erst die Kombination unterschiedlicher Messverfahren gibt ein vollständiges Bild über die optischen Eigenschaften einer Glaskeramik.

Literatur

- [1] Ivoclar-Vivadent Report; Schaan, Liechtenstein, 6 1990; IPS-Empress: eine neue Keramik-Technologie
- [2] British Standard, BS 7612