

EsperTM TM

Wissenschaftliche Fakten

Farbe im Fokus – Das Einfärben von Zirkonoxid

Neben Form und Oberflächengestaltung einer Zahnrestauration spielt die Färbung eine besonders entscheidende Rolle für das Erzielen eines ästhetischen Ergebnisses. Eine Restauration lässt sich nur dann harmonisch in das Gesamtbild integrieren, wenn das natürliche Zusammenspiel der Farben exakt nachempfunden wird. Die Umsetzung dieser Anforderung, eine bis ins kleinste Detail exakte Reproduktion zu erzielen, stellt eine große Herausforderung dar. Denn sie setzt Kenntnisse über die physikalische Funktionsweise der Farbwahrnehmung des menschlichen Auges voraus.

Wie funktioniert die Farbwahrnehmung des menschlichen Auges?

Farbe ist eigentlich ein Sinneseindruck. Sie wird wahrgenommen, wenn die Rezeptoren auf der Netzhaut Licht einer bestimmten Wellenlänge absorbieren. Die Netzhaut ist eine lichtempfindliche Schicht auf der Rückseite des Augapfels, die Signale empfängt und diese als Nervenimpulse an das Gehirn weiterleitet. Hinzu kommt, dass es Unterschiede beim subjektiven Eindruck gibt, der stark von der persönlichen Wahrnehmung und den Erfahrungen der Person abhängt (z. B. Lieblingsfarbe oder mit Farben verbundene Gefühle).

Das menschliche Auge kann innerhalb eines Spektralbereichs sehen, der verschiedene Wellenlängen von violettblau (400 bis



Abb. 1 Der Regenbogen bietet das gesamte Farbspektrum, das mit dem menschlichen Auge wahrnehmbar ist (Foto: aboutpixel.de).

490 nm) bis rot (630 bis 700 nm) umfasst [Abb. 1]. Die Farbe eines Objekts ergibt sich aus der Fähigkeit seiner einzelnen Komponenten, das vorhandene Licht je nach Wellenlänge unterschiedlich zu absorbieren, zu reflektieren bzw. zu streuen. Das Auge des Betrachters erfasst den Teil des Lichts, der nicht

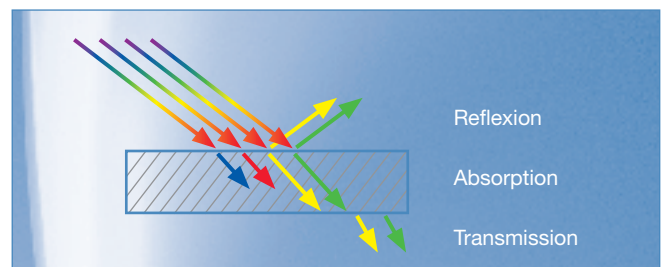


Abb. 2 Beispiel für reflektiertes und transmittiertes Licht. Der Betrachter erfasst das Licht der verbleibenden Wellenlänge, in diesem Fall die Farben grün und hellgelb.

absorbiert, sondern reflektiert oder transmittiert wird, daher hat das Objekt in seiner Wahrnehmung die Farbe des jeweiligen transmittierten bzw. reflektierten Lichts. Die Farbe eines Objekts ist demzufolge abhängig von seinem Absorptionsspektrum. [Abb. 2]

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die verschiedenen Farben abhängig von den unterschiedlichen Absorptions-

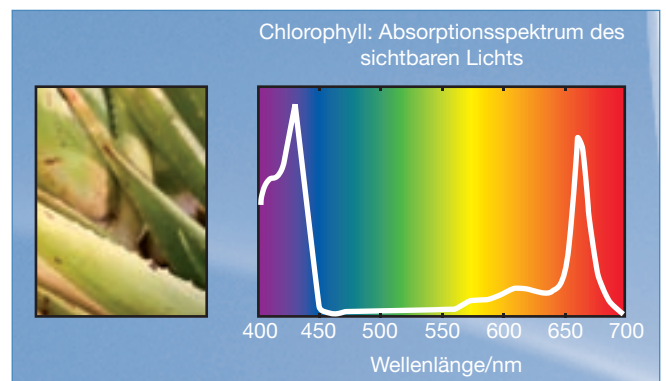
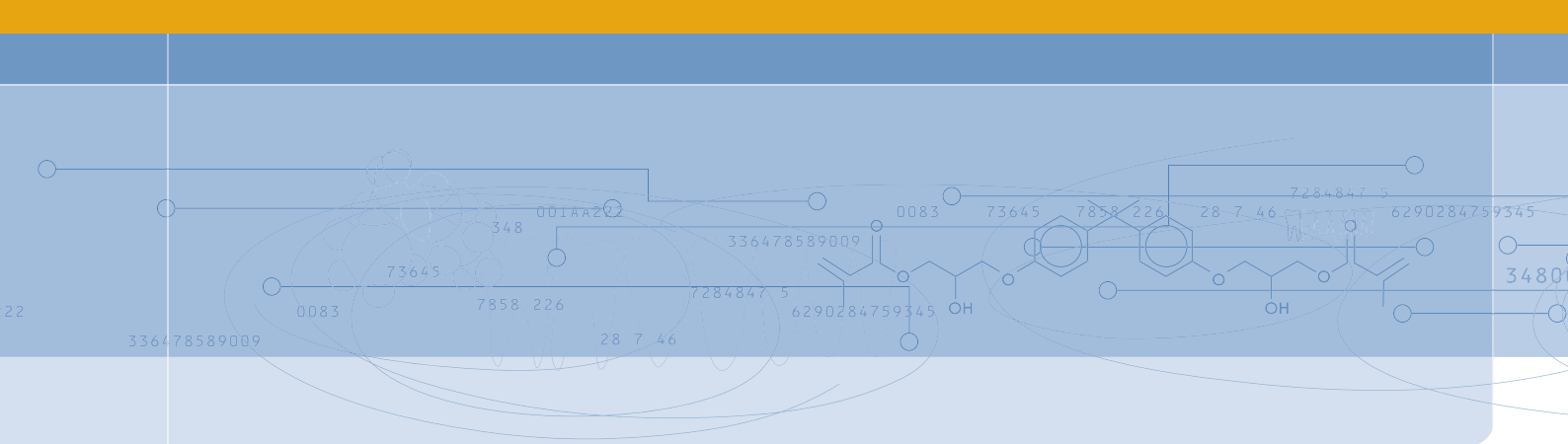


Abb. 3 Wahrnehmung der Farbe Grün beim Betrachten von Pflanzen aufgrund des charakteristischen Absorptionsspektrums von Chlorophyll.



spektren sind. Das in Pflanzen enthaltene Chlorophyll zum Beispiel absorbiert rote und violettblaue Wellenlängen. Das Licht der Wellenlänge grün wird transmittiert bzw. reflektiert und von den Rezeptoren der Netzhaut erfasst. So kommt es, dass wir beim Betrachten von Pflanzen die Farbe Grün wahrnehmen. [Abb. 3]

Auf ähnliche Weise kann sich die Farbe eines Zahnes in einem Bereich von weiß bis beige-gelblich bewegen. Dies ist abhängig von der chemischen Zusammensetzung und der Anhaftung von Farbstoffen z. B. durch Kaffee, Tee oder Rauchen. Außerdem ist die Farbe abhängig von dem verfügbaren Licht, das auf ein Objekt fällt. Eine keramische Zahnrestauration kann daher bei unterschiedlichen Lichtverhältnissen, wie z. B. Sonnenlicht, künstlichem Licht oder Schwarzlicht, eine leicht unterschiedliche oder gar eine komplett andere Farbe annehmen. Der Grund dafür ist, dass sich jede dieser Lichtquellen aus einem anderen Wellenlängenspektrum zusammensetzt und von unterschiedlicher Intensität ist.

Die Farbwahrnehmung ist abhängig vom subjektiven Sinneseindruck des Betrachters, von der das Objekt beleuchtenden Lichtquelle sowie vom Absorptionsspektrum und den chemischen Eigenschaften des Objekts.

Welche Methode wird beim Einfärben von Zirkonoxid angewendet?

Aufgrund ihrer natürlichen Farbe und Lichtdurchlässigkeit haben sich mit CAD/CAM-Systemen hergestellte Gerüste aus dem Hochleistungsmaterial Zirkonoxidkeramik als die perfekte Basis für Zahnrestorationen erwiesen. Im Idealfall hat das Gerüst eine dentinähnliche Färbung. Auf diese Weise lassen sich auch in engen Bereichen, in denen der Platz gerade einmal für dünne Veneerschichten ausreicht, ästhetisch hochwertige Ergebnisse erzielen. In der Vergangenheit bestand die bevorzugte Methode zum Einfärben von Keramiken darin, vor dem Brennen Farbpigmente hinzuzufügen. Dies ist das gängige Verfahren zum Einfärben von beispielsweise Glaskeramik oder Verblendungen. Bei polykristallinen Keramiken wie Zirkonoxid oder Aluminiumoxid hingegen, bereitet das Hinzufügen von Farbe zum Grundmaterial aufgrund der hohen Brenntem-

peratur größere Schwierigkeiten als bei Glas- oder Verblendkeramiken.

Aus diesem Grund wird 3M ESPE Lava™-Zirkonoxid nicht mithilfe von Pigmenten gefärbt. Statt dessen werden Farbionen zum Erzielen einer dentinähnlichen Farbe verwendet. Dazu wird die vorgesinterte Restauration in eine Färbelösung mit verschiedenen Farbionen getaucht. Im vorgesinterten Zustand ist das Material noch porös und kann die Färbelösung aufsaugen. Die Ionen diffundieren in das Zirkonoxid und werden dort beim abschließenden Sinterschritt vom Materialgefüge aufgenommen. Eine Beschreibung dieses Verfahrens findet sich im US-amerikanischen Patent von 3M ESPE.

Um der Vielseitigkeit der natürlichen Farbspiele gerecht zu werden, wurden sieben verschiedene Färbelösungen zum Einfärben von Lava™ Zirkonoxid entwickelt. Dabei wurden die Kenntnisse über die physikalische Funktionsweise der Farbwahrnehmung des menschlichen Auges berücksichtigt. Die Farbe der jeweiligen Färbelösung ergibt sich aus der unterschiedlichen Konzentration von drei verschiedenen Ionen, wodurch wiederum unterschiedliche Absorptionsspektren der Flüssigkeit erzielt werden. Diese Vorgehensweise gleicht der Arbeit eines Malers, der aus drei Hauptkomponenten eine Vielzahl an Farben mischen und optimal an seine Bedürfnisse anpassen kann. [Abb. 4 oben] In gleicher Weise wurden die Adsorptionsspektren der Lava™-Farben für die VITAPAN Classical-Farbskala optimiert, um einen glatten Übergang zwischen dem eingefärbten Zirkonoxid und der Farbe der Verblendkeramik herzustellen: FS1 = A1 und B1, FS2 = B2 und C1, FS3 = A2 und A3, FS4 = A3,5 und A4, FS5 = B3 und B4, FS6 = C2, C3 und C4, FS7 = D2, D3 und D4.

Das Einfärben von Zirkonoxid durch das Auflösen eines Farbpulvers in verschiedenen Konzentrationen oder durch das Hinzufügen eines einzigen Farbiens in diversen Konzentrationen führt hingegen nicht zu unterschiedlichen Absorptionsspektren und Farben: Die Absorptionsspektren bleiben gleich, Veränderungen gibt es lediglich bei der Farbintensität. [Abb. 4 unten]

Lava™-Farben zeichnen sich durch unterschiedliche Absorptionsspektren aus, die für die VITAPAN Classical-Farbskala optimiert sind.

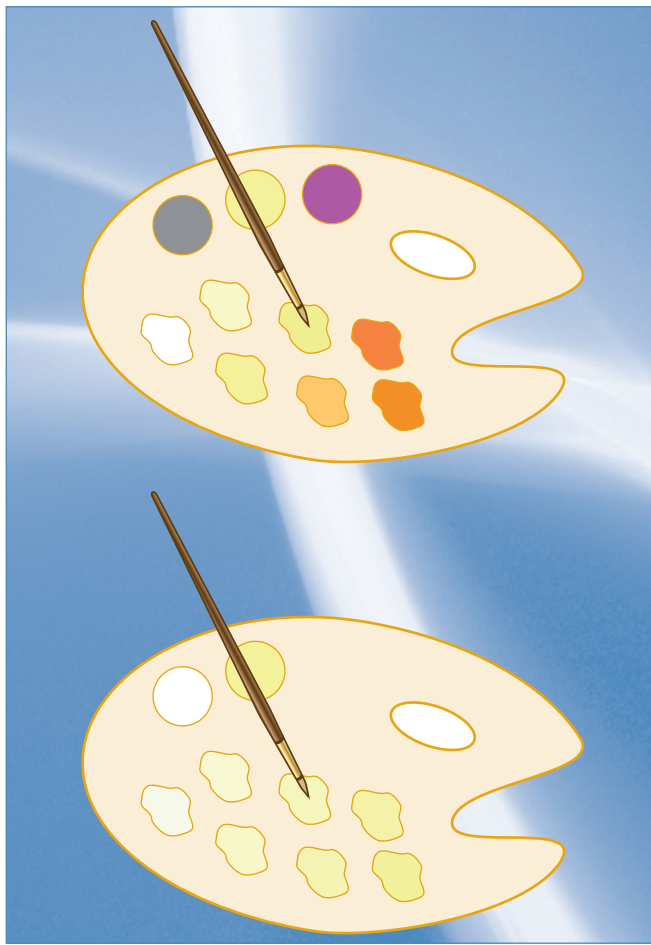
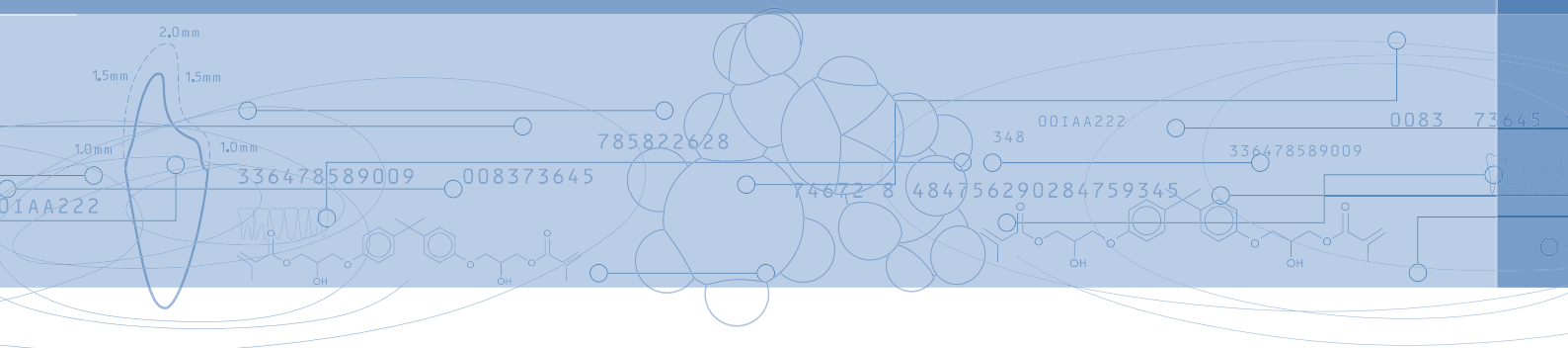


Abb. 4 3M ESPE stellt die sieben Farben für die Lava™ Färbelösungen für Gerüste durch das Mischen von drei verschiedenen Farbionen her (oben). Wird nur ein Farbpulver oder ein Farbion angewendet, bleibt das Absorptionsspektrum gleich (unten).

Wie wird eine homogene Färbung erzielt?

Im Idealfall ist die Farbe des kolorierten Zirkonoxid-Gerüsts gleichmäßig über das gesamte Materialgefüge verteilt. Die Kapillarität des Materials im vorgesinterten Zustand und die ablaufenden Diffusionsprozesse bestimmen das Maß, in dem das Keramikmaterial die Farbe absorbiert sowie die Homogenität ihrer Verteilung. Die Färbelösung wurde so entwickelt, dass sie die Kapillarbewegung optimal unterstützt. Die Kapillarbewegung ist abhängig von der Oberflächen-

energie, dem Kontaktwinkel, der Viskosität der Flüssigkeit sowie dem Porenradius im vorgesinterten Zustand. Bei ihrer Entwicklung wurden die Produkte Lava™ Färbelösungen und Lava™ Zirkonoxid unter Berücksichtigung ihrer sich gegenseitig beeinflussenden Merkmale perfekt aufeinander abgestimmt. Aus diesem Grund verfügen Lava™ Färbelösungen über eine



Abb. 5 Gefärbtes Zirkonoxid eines Wettbewerbers (links) und von 3M ESPE (rechts).

spezielle chemische Zusammensetzung, die die Diffusion in das vorgesinterte Material unterstützt. Diese chemischen Eigenschaften führen zu einem optimalen Färbeprozess, der sich durch eine hohe Verarbeitungsgeschwindigkeit und ein ästhetisches Ergebnis auszeichnet. Zum Einfärben wird das Lava™-Gerüst in ein Tauchbad gelegt, das eine Färbelösung in der entsprechenden Zahnfarbe enthält. Nach einer Verweildauer von zwei Minuten, weist die gesamte Materialstruktur eine homogene Färbung auf. [Abb. 5]

Die Lava™ Färbelösungen für Zirkonoxid, verfügen über eine spezielle chemische Zusammensetzung, die die Kapillarbewegung und die Diffusionsprozesse während des Einfärbens unterstützt. Auf diese Weise lässt sich eine homogene Färbung erzielen.

Inwiefern wird die Lichtdurchlässigkeit durch das Einfärben beeinflusst?

Das Einfärben eines Materials ist grundsätzlich mit der Absorption einer bestimmten Wellenlänge verbunden und re-

sultiert daher in einer verringerten Lichtdurchlässigkeit des Materials. Die besondere Herausforderung liegt darin, einen Weg zu finden, wie sich trotz der Kolorierung eine hohe Lichtdurchlässigkeit erzielen lässt. Die Farben müssen so optimiert werden, dass sich die Einbuße an Lichtdurchlässigkeit dadurch minimieren lässt, dass genau die richtige Wellenlänge absorbiert wird. Das Verblenden von Lava™ Gerüsten ist ein schneller und unkomplizierter Vorgang, da sowohl die wähl-

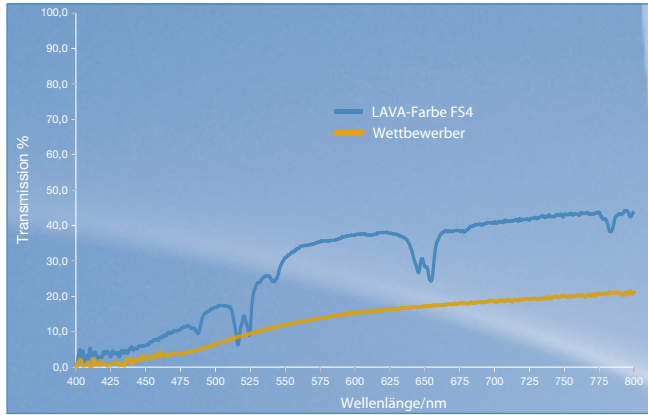


Abb. 6a

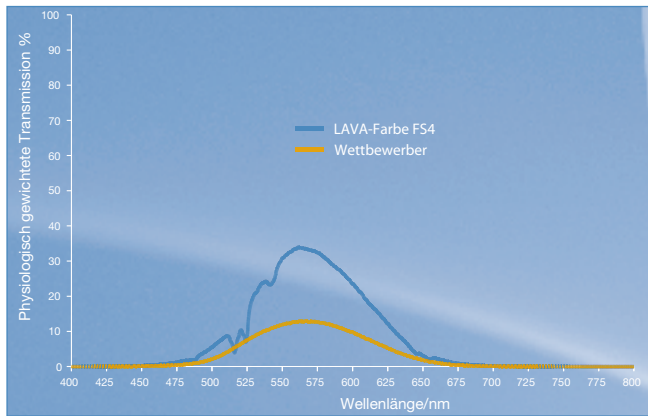


Abb. 6b

Abbildung 6a zeigt das Transmissionsspektrum von eingefärbtem Zirkonoxid des Herstellers 3M ESPE (FS4) gegenüber dem Transmissionsspektrum eines Wettbewerbsmaterials (Plättchen in einer Stärke von 1 mm). Es ist deutlich zu erkennen, dass Lava™ Zirkonoxid signifikant mehr Licht über den gesamten Bereich des sichtbaren Lichts transmittiert. In Abbildung 6b werden die Spektren aus Abbildung 6a gemäß der Empfindlichkeit des menschlichen Auges gewichtet (höchste Empfindlichkeit im grünen Bereich). Bei dieser Ansicht ist der Unterschied sogar noch auffälliger. Der Unterschied der beiden Kurven in Abbildung 6b ergibt, dass das gefärbte Lava™ Zirkonoxid über eine ca. 2,5 mal so hohe „sichtbare Transmission“ verfügt wie das Wettbewerbsmaterial.

bare Farbe der Gerüste als auch die Lichtdurchlässigkeit dem natürlichen Dentin ähnlich sind. Abbildungen 6a und b zeigen eingefärbtes Lava™ Zirkonoxid bzw. gefärbtes Wettbewerbsmaterial. Das eingefärbte Lava™ Zirkonoxid weist die nötigen

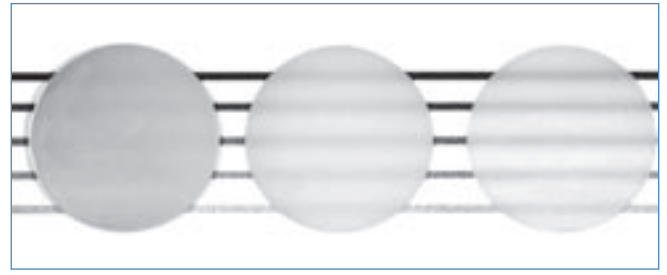


Abb. 7 Lichtdurchlässigkeit von Plättchen aus Lava™ Zirkonoxid in Abhängigkeit von der Stärke des Materials (Zur Verfügung gestellt von Prof. Dr. D. Edelhoff, Universität München).

Absorptionsmaxima auf, um die richtige Wellenlänge herauszufiltern und gleichzeitig die Gesamtlichtdurchlässigkeit so optimal wie möglich aufrechtzuerhalten.

Die Lichtdurchlässigkeit bzw. die Opazität kann außerdem durch die Stärke eines Materials bestimmt werden. Eine größere Materialstärke führt zu einer höheren Absorption und folglich zu einer stärkeren Opazität. [Abb. 7]

Entsprechend ihrer Farbe absorbieren mit Lava™-Farblösungen eingefärbte Gerüste das Licht und erhalten gleichzeitig eine möglichst optimale Gesamtlichtdurchlässigkeit aufrecht. [Abb. 6a und b]

Werden die mechanischen Eigenschaften durch das Einfärben beeinflusst?

Durch das Einfärben des Zirkonoxids lassen sich nicht nur die Lichtdurchlässigkeit, sondern auch die mechanischen Eigenschaften des Materials beeinflussen. In einigen Studien wurde nachgewiesen, dass dank der bei Lava™-Produkten angewendeten speziellen Einfärbetechnik sowohl eingefärbtes als auch nicht eingefärbtes Lava™ Zirkonoxid eine hohe Festigkeit aufweist.

Überdies wurde Lava™ und die entsprechenden Färbelösungen gleichzeitig auf den Markt gebracht. Demzufolge wurden beinahe alle Studien, in denen die hervorragende Leistungsfähigkeit nachgewiesen wurde, mit gefärbtem Lava™ Zirkonoxid durchgeführt. Anwender von Lava™ Zirkonoxid kommen daher in den Genuss der ästhetischen Vorzüge einer dentinähnlichen Färbung der Gerüste bei einem optimalen ästhetischen Endergebnis und erhalten gleichzeitig Restaurationen, die ein hohes Maß an Stabilität und eine außerordentliche Langlebigkeit aufweisen.

In zahlreichen Studien wurde nachgewiesen, dass sowohl eingefärbtes als auch nicht eingefärbtes Lava™ Zirkonoxid über hervorragende mechanische Eigenschaften verfügt.

3M ESPE

3M ESPE AG
ESPE Platz
82229 Seefeld
E-Mail: info3mespe@mmm.de
Internet: www.3mespe.com

Sie + 3M ESPE =

Neue Ideen für die Zahnheilkunde

3M, ESPE und Lava sind Warenzeichen der 3M oder 3M ESPE AG.

©3M 2008. Alle Rechte vorbehalten
70210000058/01 (9.2008)