

Aus der Universitätspoliklinik für Zahnerhaltungskunde und Parodontologie des
Departments für Zahn - , Mund - und Kieferheilkunde
an der Martin - Luther - Universität Halle - Wittenberg
(Direktor: Univ. - Prof. Dr. med. dent. Hans - Günter Schaller)

**Veränderungen der Farbwirkung von präfabrizierten,
konfektionierten Veneers (Componeers®) durch die
unterschiedlichen Schichtstärken des Befestigungskomposits**

(eine in - vitro - Studie)

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der Zahnmedizin (Dr. med. dent.)

vorgelegt

der Medizinischen Fakultät

der Martin - Luther - Universität Halle - Wittenberg

von Benjamin Krause

geboren am 26. Oktober 1985 in Berlin

Betreuer: apl. Prof. Dr. med. dent. habil. C. R. Gernhardt

Gutachter

1. PD Dr. Christian Scheller

2. PD Dr. Dr. Konstanze Scheller

3. Prof. Dr. Oliver Thews

03.04.2018

05.12.2018

Kurzreferat

Mit den gestiegenen Anforderungen an die Zahnmedizin, schnelle, langlebige, minimalinvasive und für den Patienten finanzierbare Versorgungen der Frontzähne zu schaffen, bieten präfabrizierte Veneers einen zeitgemäßen Lösungsansatz.

Die in der in - vitro - Studie angewandten Verblendschalen der Firma Coltene Whaledent sind polymerisierte, vorgefertigte röntgenopaque, 0,3 mm starke Nano - Hybrid - Komposit - Schmelz - Schalen. Als Befestigungskomposit wurden die firmeneigenen Synergy D6 Komposite in sechs Dentinfarben, zwei Enamelmassen sowie in zwei Bleichfarbtönen eingesetzt.

Ziel war es, Veränderungen der Farbwirkung von präfabrizierten Veneers (Componeers®) durch die unterschiedlichen Schichtstärken des Befestigungskomposits zu untersuchen. Nachgegangen werden sollte dabei der Hypothese, dass die Kompositfarben und deren Schichtstärken einen entscheidenden Einfluss auf die zu erzielende Zahnfarbe haben.

Die Versuche wurden mit zwei Probekörpern in den Vita - classical Farben A4 und C2 und in jeweils zwei Schichtstärken (0,3 mm und 1,0 mm) nach standardisierten Vorgaben durchgeführt und in 40 Fallbeispielen im Vita - 3D - Master und im Vita - classical - Farbsystem mit ihren jeweiligen Einzelparametern gemessen und tabellarisch erfasst. Nach dem Vergleich der für die Farbsysteme errechneten Mittelwerte ergab sich die Schlussfolgerung, in der nachfolgenden Auswertung das Vita - classical - Farbsystem zu favorisieren.

Im Ergebnis der Untersuchungen wurde deutlich, dass die Farbunterschiede der Probekörper einen primären Einfluss auf die erzielte Zahnfarbe haben.

Im Gegensatz zu dem dunklerem Probekörper mit der Vita - classical Farbe A4, bei dem unterschiedliche Schichtstärken der Dentinfarbenkomposite keinerlei Auswirkungen zeigten, war beim hellerem Probekörper der direkte Zusammenhang von Schichtstärke und gewählter Kompositfarbe entscheidend für die zu erzielende Zahnfarbe.

Insgesamt zeigte die in - vitro - Studie, dass die zehn eingesetzten Synergy D6 Komposite die Zahnfarben von B1 über A1, C1 bis zu C3 abdecken und damit die farblichen Anforderungen an die Restauration von Zähnen mit präfabrizierten Veneers der Patienten aller Altersklassen erfüllen.

Krause, Benjamin: Veränderungen der Farbwirkung von präfabrizierten, konfektionierten Veneers (Componeers®) durch die unterschiedlichen Schichtstärken des Befestigungskomposits (eine in - vitro - Studie), Halle (Saale), Uni., Med., Fak., Diss., 76 Seiten, 2018

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung	1
1.1 Der Zahn und seine Farbe	2
1.1.1 Der biologische Aufbau eines Zahnes und dessen Einfluss auf seine Farbe	2
1.1.2 Interne Verfärbungen	5
1.1.3 Externe Verfärbungen	6
1.1.4 Einfluss der Mund- und Zahnhygiene auf die Zahnfarbe	8
1.1.5 Möglichkeiten der Aufhellung der bestehenden Zahnfarbe	8
1.2 Grundlagen zur Bestimmung der Ausgangssituation	9
1.2.1 Farbe	9
1.2.1.1 Das Farbmodell nach Munsell	9
1.2.1.2 Der L*a*b* - Farbraum	11
1.2.1.3 Das Vita - Zahnfarbsystem	12
1.2.1.4 Das Zahnfarbmessgerät Easyshade Compact	14
1.2.2 Veneers	15
1.2.2.1 Vor- und Nachteile einer Veneerversorgung	15
1.2.2.2 Material für Veneers	16
1.2.2.3 Das Compreneers® System der Firma Coltene Whaledent	17
1.2.3 Befestigungskomposite für Veneers	18
1.2.3.1 Befestigungskomposite für Keramik- und Komposit - Veneers	18
1.2.3.2 Befestigungskomposite für Compreneers®	19
1.2.4 Anwendung und Präparation von Veneers	20
1.2.4.1 Anwendung	20
1.2.4.2 Präparation	21
2. Zielstellung	22

3.	Material und Methodik	23
3.1	Material	23
3.1.1	Probekörper	23
3.1.2	Abstandhalter	24
3.1.3	Synergy D6	24
3.1.4	Veneerplättchen	25
3.1.5	Easysshade Compact der Firma Vita	26
3.1.6	SmartLite PS der Firma Dentsply Detrey	27
3.2	Methodik	28
3.2.1	Messprobenherstellung	28
3.2.1.1	Vorbereitung	28
3.2.1.2	Kleben	29
3.2.1.3	Polymerisation	30
3.2.2	Messung	31
3.2.3	Schematische Darstellung des Versuchsaufbaus	33
3.3	Erstellung auswertbarer Messergebnisse	35
4.	Ergebnisse	42
4.1	Mittelwerte der Vita - 3D - Master Farben	42
4.2	Mittelwerte der Vita - classical Farben	43
4.3	Ergebnisse der Vita - 3D - Master Farbmessungen	44
4.4	Ergebnisse der Vita - classical Farbmessungen	46
4.5	Vergleich der Vita - 3D - Master mit den Vita - classical Farbergebnissen	48
4.6	Wertung der Vita - classical Farbmessungen	50
4.6.1	Einfluss der Grundfarbe des Probekörpers auf die gemessene Vita - classical - Zahnfarbe	50
4.6.2	Einfluss der Synergy D6 Kompositschichtstärke auf die gemessene Vita - classical - Zahnfarbe	51
4.6.3	Einfluss der Synergy D6 Kompositfarben auf die gemessene Vita - classical - Zahnfarbe	53

5.	Diskussion	56
5.1	Begründung des Versuchsaufbaus	56
5.2	Die Entscheidung zur ausschließlichen Wertung der Messergebnisse nach dem Vita - classical - Farbsystem	58
5.3	Beurteilung der Grundfarben der Probekörper, der Kompositschichtstärken und -farben als Einflussfaktoren auf die gemessenen Vita - classical - Zahnfarben	60
5.3.1	Einfluss der Grundfarben der Probekörper	60
5.3.2	Einfluss der Synergy D6 Kompositschichtstärken	60
5.3.3	Einfluss der Synergy D6 Kompositfarben	61
5.4	Potenzial für weiterreichende Untersuchungen	63
5.5	Schlussfolgerungen aus der in - vitro - Studie für die Umsetzung im klinischen Alltag	64
6.	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	65
7.	Literaturverzeichnis	70
8.	Tabellarischer Lebenslauf	
9.	Selbständigkeitserklärung	
10.	Erklärung über frühere Promotionsversuche	
11.	Danksagung	

Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen und Symbole

Abb.	Abbildung
a	Koordinate von grün nach rot im Vita - Farbenraum
a*	Koordinate im grün - rot Farbbereich nach Commission International de l' Eclairage
b	Koordinate von blau nach gelb im Vita - Farbenraum
b*	Koordinate im blau - gelb Farbbereich nach Commission International de l' Eclairage
bzw.	beziehungsweise
C	Farbintensität / Sättigung (Abstand von der L - Koordinate zum Farbpunkt)
CIE	Commission Internationale de l' Eclairage
DIN	Deutsches Institut für Normung
d. h.	das heißt
ΔC	Distanz zwischen zwei Farbintensitätsorten im Farbenraum
ΔE	Distanz zwischen hellsten und dunkelsten Farbort im Farbenraum / $\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$
Δh	Distanz zwischen zwei jeweiligen Farbtonorten im Farbenraum
ΔL	Distanz zwischen zwei jeweiligen Helligkeitsorten im Farbenraum
et al.	et alii (lat.), und andere (dt.)
Gew - %	Gewichtsprozent
g/cm ³	Gramm pro Kubikzentimeter
g/mm ²	Gramm pro Quadratmillimeter
h	Farbton (Winkel von der Achse + a zum Farbort)
kg/mm ²	Kilogramm pro Quadratmillimeter

L	Helligkeit (Höhe des Farborts bezüglich der L - Koordinate)
L*	Koordinate von schwarz nach weiß nach CIE
MPa	Megapascal
mm	Millimeter
mm Al	Millimeter Aluminium
mW/cm ²	Milliwatt pro Quadratcentimeter
nm	Nanometer
µg/cm ³	Mikrogramm pro Kubikcentimeter
µm	Mikrometer
PK	Probekörper
S.	Seite
SPSS	IBM Statistiksoftware
Tab.	Tabelle
U/min	Umdrehungen pro Minute
V	Value
vgl.	vergleiche
W	Watt
3D	dreidimensional
Ø	Durchschnitt
%	Prozent
°	Winkelgrad
®	Registered Trademark

1. Einleitung

Die perfekten Zähne gelten in der heutigen Zeit als Merkmal für Gesundheit, Jugend, Schönheit und Status. Dabei sind die Form, die harmonische Stellung und die gesunde, helle Farbe für die ästhetische Erscheinung ausschlaggebend (Schmidseder et al. 2008). Ob ein Prothesenträger, der sich „endlich“ gerade und helle Zähne wünscht oder der Jugendliche, der sich dem medialen Ideal angleichen will, jeder möchte das „perfekte Lächeln“.

Hieraus erwachsen neue Anforderungen, denen sich die Zahnmedizin und -technik immer wieder aufs Neue stellen müssen.

Schaut man in der Geschichte zurück, so sieht man sehr deutlich, dass sich die Möglichkeiten einer ästhetischen Restauration des Gebisses ständig weiterentwickelt haben.

Waren in der Vergangenheit Füllungen mit Amalgam, Steinzement, Gold oder Silber auf der Tagesordnung, so sind heute Komposite und Keramiken Standard.

Hat man früher im Interesse einer langlebigen Restauration „relativ“ großzügig Zahnschmelz abgetragen („extension for prevention“, Black'sche Regeln), sind heute minimalinvasive Präparationen gefragt.

Eingeordnet in diesen zahnmedizinischen Fortschritt ist die ständige Suche nach neuen, effektiveren und nicht zuletzt für jeden Patienten auch finanziell erschwinglichen Lösungen.

Die Geschichte der Veneers in den letzten dreißig Jahren zeigt dabei, dass sie insbesondere bei der Restauration im Frontzahnbereich diesen Ansprüchen immer besser gerecht geworden ist.

Der bisherige Nachteil bestand vor allem darin, dass ein hoher Behandlungsaufwand in der Zahnarztpraxis, sowie ein zeitintensives und kostenaufwendiges Herstellungsverfahren im zahntechnischen Labor erforderlich waren.

Die Entwicklung präfabrizierter Komposit - Verblend - Schalen schafft dem gegenüber neue, weniger zeitintensive Behandlungsmöglichkeiten bei medizinischer Indikation und ästhetischer Korrektur im Frontzahnbereich.

Die damit verbundene Problemstellung der Anpassung auf die dem Patienten eigene Zahnfarbe ist hiermit zur Aufgabe des Zahnarztes geworden.

Einleitung

In der Arbeit wird deshalb am Beispiel des Veneersystems Componeers® der Firma Coltene Whaledent untersucht, wie sich unterschiedliche Schichtstärken des Befestigungskomposits Synergy D6 des gleichen Herstellers auf die farbliche Wirkung einer Restauration auswirken.

Dafür wurde in einer in - vitro - Studie der Einfluss exakt bestimmter Schichtstärken auf die Erscheinungsfarbe der Gesamtrestauration untersucht und ausgewertet.

1.1 Der Zahn und seine Farbe

1.1.1 Der biologische Aufbau eines Zahnes und dessen Einfluss auf seine Farbe

Die Zahnfarbe ist als solche nicht definiert, besitzt aber eine charakteristische und individuelle Farbgebung.

Einflussgrößen wie Transmission, Absorption, Reflexion und Remission von Frequenzbereichen des sichtbaren Lichtspektrums erzeugen durch den anatomischen Aufbau und die uneinheitliche Schichtung der Zahngewebe eine individuelle Zahnfarbe (Hoffmann 2004, Winter 1993, Baltzer et. Kaufmann-Jinoian 2004).

Die Grundfarbe eines Zahnes wird im Regelfall durch den biologischen Aufbau, wie in der folgenden Abbildung 1 dargestellt, bestimmt.

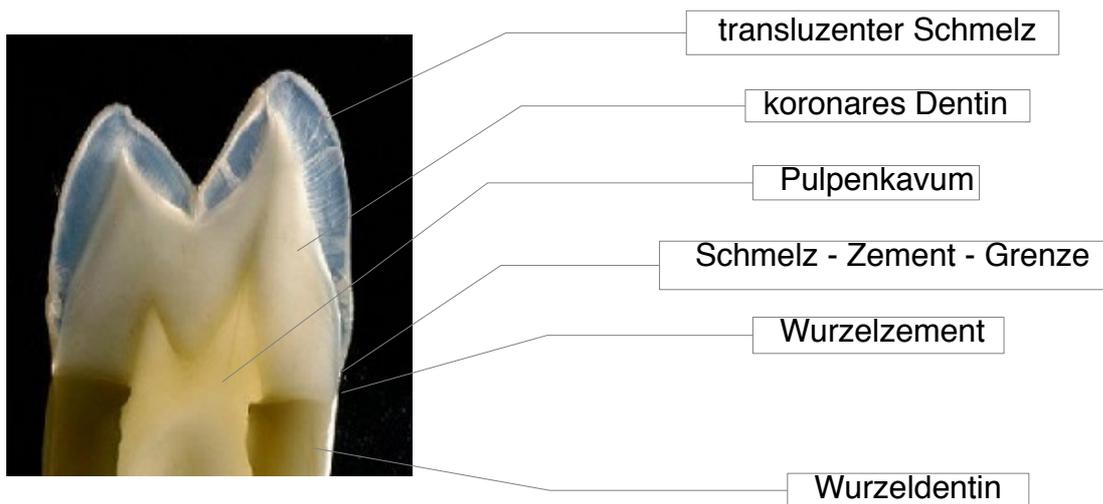


Abbildung 1 Querschnitt durch eine Zahnkrone
(Quelle:http://www.zahnzahnarztberlin.de/upload/Schliff_durch_Zahnkrone_01.jpg)

Einleitung

Im Zentrum des Zahnes liegt die Pulpa.

Sie besteht aus Bindegewebe mit Blut- und Lymphgefäßen sowie Nervenfasern und sichert die nervale und kapillare Versorgung des Zahnes.

Die Pulpa ist gut durchblutet, so dass die Pulpenhörner der Kronenpulpa rötlich durch das sie umlagernde Dentin schimmern können (Gängler et al. 2005).

In Abhängigkeit von der Dentinstärke kann auch die Pulpa direkten Einfluss auf die Zahnfarbe nehmen.

Die ausschlaggebende Wirkung auf die farbliche Erscheinung eines Zahnes hat das die Pulpa umlagernde Dentin (Muia 1982, Seghi et al. 1986, Stoll et Frankenberger 2010, Schumacher et al 1997).

Neben der Tatsache, dass es von der Masse her den größten Teil eines Zahnes stellt, ist seine grundsätzlich gelbliche Grundfarbe maßgebend für die Zahnfarbe.

Die Differenzierungen in den Gelbtönen resultieren vor allem aus genetischen und aus Altersgründen.

Ausgehend von den variablen Gelbtönen des Dentins bei der Zahnentstehung dunkelt mit zunehmendem Alter der Dentinfarbtönen durch äußere und innere Einflüsse nach (vgl. 1.1.2 und 1.1.3).

Das resultiert vor allem daraus, dass das Dentin zu 70 % aus anorganischen Kollagenen und zu 30 % aus organischen Substanzen besteht (Hellwig et al. 2006).

Zugleich ist es die Folge von altersbedingten Strukturveränderungen des bestehenden Kanalsystems, das den kommunikativen und reaktionären Austausch zwischen Pulpa und Schmelz ermöglicht.

Damit verbunden ist eine höhere Permeabilität für Chromogene und pathogene Reize, die zusätzlich starke Verfärbungen des Dentins verursachen können.

Umgeben ist das Dentin vom Schmelz, der die äußere Hülle des Zahnes bildet. Er ist zellfrei und besitzt einen kristallinen Aufbau mit höchster Dichte.

Zu 93 - 98 Gew - % besteht der Schmelz aus anorganischen (Phosphat und Kalzium) und nur zu 3 Gew - % aus organischen Substanzen (Hellwig et al. 2006).

Der anorganische Anteil liegt in hexagonalen Apatitkristallen und organisiert sich zu so genannten Schmelzprismen. Hieraus resultiert vor allem, dass der Schmelz nahezu vollständig transparent ist und nur durch seine Schichtstärke die vom Dentin bestimmte Zahnfarbe beeinflusst. Deutlich wird das im Zahnfarbverlauf von inzisal bzw. okklusal hell, zum Zahnhals hin dunkler, da hier die Schmelzschicht dünner ausläuft.

Einleitung

Der Einfluss des Wurzelzements und Wurzelzements auf die Zahnfarbe des gesunden Zahnes kann vernachlässigt werden, da diese im nicht sichtbaren Bereich unter der gesunden Gingiva angelagert sind.

Einleitung

1.1.2 Interne Verfärbungen

Interne, auch als intrinsische Verfärbungen bezeichnet, haben vordergründig ihre Ursache in präeruptiven als auch posteruptiven Einlagerungen von chromogenen Substanzen in das Dentin und in den Schmelz (Attin 2002). Sie können während der Zahnentwicklung entstehen und sind häufig die Folge von Stoffwechselerkrankungen, Fluorosen (Geurtens und Vernieks 1986, Glockner et al.1997), Mangelzuständen (Stöckli und Ben - Zur 1994) und Traumata (Zanter et al. 2005). Auch nach der Dentition können dentale Diskolorationen durch hämorrhagische Produkte der Pulpa, durch den Einfluss der Wurzelfüllmaterialien oder den natürlichen Alterungsprozess intrinsisch erfolgen (Glockner et al. 1997, Guldener und Langeland 1987).

Die wesentlichen Ursachen und deren Folge auf die Farbveränderung der Zähne sind dabei in der folgenden Abbildung 2 umrissen.

Ursache/Erkrankung	Farbveränderung
Präeruptiv	
Fluorose (Bailey und Christen 1968)	weißlich-opak bis gelb/braun
Turner Zähne (Kamann und Gängeln 1999)	weißlich-opak bis gelb-braun/hypoplastische Defekte und Veränderung der Kronenform
Tetrazyklinverfärbung (McEvoy 1989, Davis et al. 1985, Rinderer 1967)	gelb.braun bis grau
Erkrankungen genetischen Ursprungs: - Dentinogenesis imperfecta	rötlich-braun oder blau-grau, glasartig, bernsteinfarben
- Amelogenesis imperfecta	gelblich-braun, weiß-opak
- Erythropoetische Porphoyie (autosomal rezessiv vererbte Störung der Hämsynthese) (Trohdahl et al. 1972)	rötlich durch Einlagerung von Porphyrin
Erkrankungen des blutbildenen Systems: - Morbus haemolyticus neonatalis (Erythroblastosis foetalis, Blutgruppenunverträglichkeit) (Hermann 1965)	grünlich-blau bis braun durch Einlagerung von Biliverdin, Bilirubin
Posteruptiv	
Traumabedingte Einblutungen in Dentinkanälchen (Marin 1997)	rosa über braun nach grau-schwarz, je nach Hämoglobinabbau
Internes Granulom (Schröder 1992)	rosa
Obliterationen der koronalen Pulpa	gelb bis braun
Sekundärdentinbildung und Schmelzreduktion mit zunehmendem Alter	gelb bis braun
Unvollständige Pulpenentfernung (iatrogen)	grau-schwarz
Dentale Materialien, z.B. - Silberstifte	schwarz
- MTA	grau-schwarz
- Amalgam	grau-schwarz

Abbildung 2: Ursachen / Erkrankungen und daraus resultierende prä- und posteruptive intrinsische Farbveränderungen (Kielbassa und Wrbas 2000)

Einleitung

Darüber hinaus vollziehen sich Veränderungen der Zahnfarbe im allgemeinen biologischen Alterungsprozess der Menschen (Solheim 1988).

Abnutzungen des Zahnschmelzes führen dazu, dass das stärker gelb durchscheinende Dentin die Farbgebung des Zahnes zunehmend bestimmt.

Dieser Zahnhartsubstanzverlust wird durch Attrition und Abrasion verursacht (Addy et. Shellis 2006).

Als Attrition wird der Abrieb durch den direkten Kontakt der antagonistischen oder der benachbarten Zahnflächen bezeichnet.

Unter Abrasion versteht man Abnutzungsprozesse durch mechanische Reibungsvorgänge mittels schleifender Medien. Als Beispiele sind die Demastikation, Mundhygienemaßnahmen und Habits bei denen auf Gegenstände gebissen wird, zu nennen.

Gleichzeitig vollzieht sich im Rahmen des Alterungsprozesses die zunehmende Bildung des Sekundär- und des reizabhängigen Tertiärdentins und die damit verbundene Invagination der Zahnpulpa (Attin und Kielbassa 1995, Goldstein und Garber 1995).

Folge dieser Entwicklung ist eine sichtbare Verdunkelung der Zahnfarbe mit zunehmenden Alter.

1.1.3 Externe Verfärbungen

Nicht weniger bedeutsam für die Veränderungen der ursprünglichen Grundfarbe der Zähne, sind äußere Einflüsse des täglichen Konsums beim einzelnen Menschen.

Sie werden als extrinsische oder externe Verfärbungen bezeichnet.

Diese Verfärbungen entstehen posteruptiv und sind verursacht durch die Aufnahme von Farbstoffen in die vorhandene Plaque, in den Zahnstein und in die Zahnhartsubstanz von außen. Die sich an- und einlagernden Farbstoffe resultieren aus den täglich aufgenommenen Lebens- und Genussmitteln, insbesondere Tee, Kaffee, Rotwein und Tabak. Aber auch Mundspüllösungen, nitrat- und eisenhaltige Medikamente können zu extern verursachten Diskolorationen führen (Attin 2002).

Die daraus resultierenden Farbveränderungen sind in der folgenden, durch Prof. Dr. Kielbassa und Wrbas erarbeiteten, Übersicht zusammengefasst.

Einleitung

Ursache	Farbveränderung
Metallische Verfärbung	
Cadmium (Cd) (berufliche Exposition) Eisen (Fe) (Medikamente, Blutbestandteile)	gelblich bis gold grau bis schwarz
Kalium (K) (Desinfektionsmittel, K-Permanganat) Kuper (Cu), Messing, Bronze (berufliche Exposition) Nickel (Ni) (berufliche Exposition)	violett bis schwarz grün bis blau-grün grün
Silber (Ag) (Desinfektionslösung/Silbernitrat) Zinn (Sn) (Spüllösung, Zahnpasta, Zinnfluorid)	grau-braun, grau-schwarz, braun-schwarz goldbraun
Nichtmetallische Verfärbungen	
Nahrungs- und Genussmittel - Kaffee, Tee - Rotwein - Curry - Beerensorten - Tabak	braun bis schwarz braun gelb-braun rot, blau, schwarz braun, schwarz
Chromogene Bakterien - Flavobacterium lutescens, Serratia marcescens (Carranza et al. 1996, Brook et al. 2007) - Penicillium- und Aspergillus-Spezies (Bartels 1939) - Actinomyces (Slots 1974)	Orange grün schwarz

Abbildung 3: Ursachen und daraus resultierende extrinsische Farbveränderungen (Kielbassa und Wrbas 2000)

Der Biologe Nathoo hat auf Grund der unterschiedlichen Reaktionen der chromogenen Substanzen mit der Zahnoberfläche eine Einteilung in drei Gruppen vorgenommen (Nathoo 1997).

Bei dem Nathoo Typ 1 ist die Farbe des mit der Zahnoberfläche reagierenden Chromogens identisch mit der der Zahnverfärbung.

Nathoo Typ 2 beschreibt die Einlagerung der Pigmente und Moleküle in das Pellikel. Dabei sammeln sich die Pellikelproteine, reagieren mit Säuren und Detergentien und führen zu einer Farbveränderung. Ursache hierfür können bakterielle Beläge sein (Erikson und Nordbo 1978).

Bei dem Nathoo Typ 3 binden sich primär farblose Substanzen an die Zahnoberfläche, wo eine chemische Reaktion stattfindet und so zu einer Verfärbung führt. Als Beispiel sind hier vor allem Chlorhexidin oder Zinnfluorid zu nennen.

1.1.4 Einfluss von Mund- und Zahnhygiene auf die Farbe

Als dritter wesentlicher Aspekt zur Veränderung bzw. zum Erhalt der Grundfarbe von Zähnen erweist sich die Zahn- und Mundhygiene.

Mangelnde Mundhygiene führt im Regelfall zu vermehrter Plaquebildung, Karies und Rezession.

Verstärkte Plaquebildung begünstigt die extern verursachten Verfärbungen (vgl. 1.1.3).

Verfärbungen in Folge von Karies sind vor allem den Farbtönen grün bis braun und weiß zuzuordnen.

Bei auftretender Rezession wird das deutlich dunklere Wurzelzement des Zahnes sichtbar.

1.1.5 Möglichkeiten der Aufhellung der bestehenden Zahnfarbe

Eingeordnet in die Mund- und Zahnhygiene sowie die zielgerichtete Beseitigung interner und externer Zahnverfärbungen bieten die professionelle Zahnreinigung und das Bleaching Möglichkeiten zur Aufhellung oder Wiederherstellung der dem einzelnen Menschen charakteristischen Zahnfarbe.

Die professionelle Zahnreinigung hat neben ihrer medizinischen Indikation die Aufgabe, externe Zahnverfärbungen zu beseitigen. Das erfolgt vordergründig durch die Entfernung von Plaque, Zahnstein und bakteriellen Toxinen. Die Breite der Möglichkeiten reicht dabei von manueller Arbeit mit Scalern und Küretten bis zur maschinellen Bearbeitung der Zähne mit Pulverstrahlgeräten und Polierbürsten. Die Strahlmittel als auch die Polierpasten besitzen verschiedene relative Dentin - Abrasionswerte (RDA - Wert) und können nach dem Grad der Verfärbung ausgewählt werden.

Deutlich anders vollzieht sich die Aufhellung der Zahnfarbe beim Bleaching.

Hierbei wird auf den vestibulären Teil der Zahnkrone ein Bleichmittel aufgetragen, das in den Schmelz und auch oberflächlich in das Dentin eindringt.

Als Bleichmittel werden zumeist Wasserstoffperoxide oder auch Carbamidperoxide, je nach verwendeter Technik und System, in verschiedenen Konzentrationen eingesetzt.

Die Peroxide zerfallen durch lichtinduzierte Oxidations- und Reduktionsreaktionen.

Die daraus entstehenden Sauerstoffradikale reagieren zwischen den Schmelzprismen an den Bindungen der eingelagerten Farbpigmente (Attin 1998, Christensen 1989, Christensen 1991, Feinman et al. 1991, Goldstein und Garber 1995). Das führt zur Auflösung der chromogenen Moleküle und letztlich zur sichtbaren Aufhellung der Zahnfarbe (Lips 2004).

1.2 Grundlagen zur Bestimmung der Ausgangssituation

1.2.1 Farbe

1.2.1.1 Das Farbmodell nach Munsell

Der Begriff Farbe als Sinnesempfindung wird nach der DIN-Norm 5033 definiert:

„Farbe ist diejenige Gesichtsempfindung eines dem Auge strukturlos erscheinenden Teils des Gesichtsfeldes, durch die sich dieser Teil bei einäugiger Beobachtung mit unbewegtem Auge von einem gleichzeitig gesehenen, ebenfalls strukturlosen angrenzenden Bezirk allein unterscheiden kann“ (DIN 5033, Blatt 1).

Ausgehend von dem Begriff Farbe und seiner schwer definierbaren Größe sind in der Geschichte viele Definitionen, Theorien und Systeme entwickelt worden, wobei hier nur die wichtigsten erwähnt werden. Viele der heutigen Einordnungen von Farben und Zahnfarben basieren auf deren Grundlage.

Das Munsell - Farbsystem (Abbildung 4 und 5) ist eines der ersten anerkannten und noch heute gültigen unsymmetrischen Farbsysteme.

Dabei wird nach drei Merkmalen beurteilt

- Hue (Farbton) / h
- Chrome (Sättigung) / C
- Value (Helligkeit, Wertigkeit) / V

Hauptkriterium bildet der Farbton (Strub 2005, McLean 1978).

Bei der Betrachtung verteilen sich die Farben in einem zylindrischen Raum, der in zahlreiche Teilräume mit unterschiedlichen Helligkeits- und Sättigungsstufen unterteilt werden kann.

Munsell unterteilt in fünf **Hauptfarbtöne** Rot (R), Gelb (Y), Grün (G), Blau (B) und Purpur (P) und

in fünf **Zwischenfarben** Gelb - Rot (YR), Gelb - Grün (YG), Blau - Grün (BG), Purpur - Blau (PB) und Rot - Purpur (RP) (Munsell 1929).

Einleitung

Die durch Munsell getroffene Einteilung ergibt somit eine zehnteilige Farbfläche bestehend, aus den Grund- und Zwischenfarbtönen, die sich in weitere zehn Abstufungen differenzieren lässt.

Das ermöglicht in dieser Ebene jegliche Mischverhältnisse. Eine Drehung in der Basisebene um einen festen Betrag führt immer zu einer gleich empfundenen Farbänderung.

Von innen nach außen vollzieht sich eine zunehmende Sättigung. So sind Sättigungsstufen für jeden Farbton in unterschiedlicher Anzahl vorhanden (Sproull 1973).

Value als senkrecht angeordnete Achse vervollständigt den Farbkörper. Die Helligkeit reicht dabei von $V = 10$, einem idealen Weiß am oberen Punkt, bis $V = 0$, einem aus Farbmitteln hergestellten Schwarz am unteren Ende. Über die ebenso zehnteilige Graduierung wird damit die Grauskala gewährleistet.

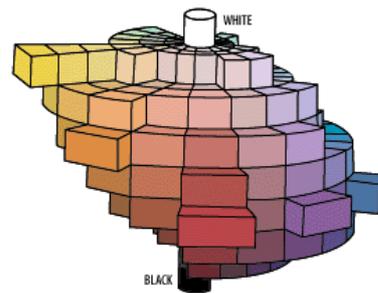
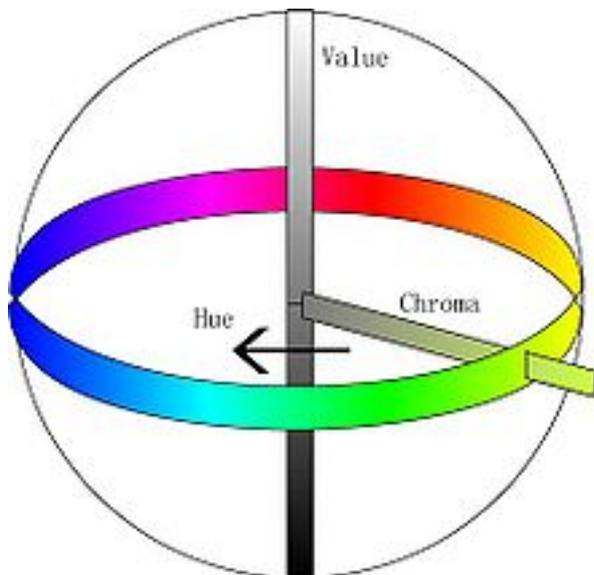


Abbildung 4: Das Munsell Farbsystem

(Quelle:https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/70/Munsell_Color.jpg/220px-Munsell_Color.jpg)

Abbildung 5: 3D - Munsell Farbsystem

(Quelle:http://dba.med.sc.edu/price/irf/Adobe_tg/models/images/munsell_solid.gif)

1.2.1.2 Der L*a*b* - Farbraum

Der L*a*b* - Farbraum wurde von der Commission International de l'Éclairage entwickelt, um die von den Menschen wahrnehmbaren Farben und deren Abstände besser vergleichen zu können. Er basiert auf der additiven Farbmischung (CIE 1985).

Das System orientiert sich an dem Munsell - Farbsystem.

Die Farbwerte werden über ein dreidimensionales Koordinatensystem L*, a* und b* abgebildet (Chu et al. 2010, Stoll et Frankenberg 2010) (vgl. Abbildung 6).

Auf der a* - Achse erstreckt sich das Spektrum von grün nach rot, auf der b* - Achse die Farben von blau nach gelb und die L* - Achse zeigt das Spektrum von schwarz nach weiß. Sie steht senkrecht auf der a* - und b* - Achse (Baltzer et al. 2004a).

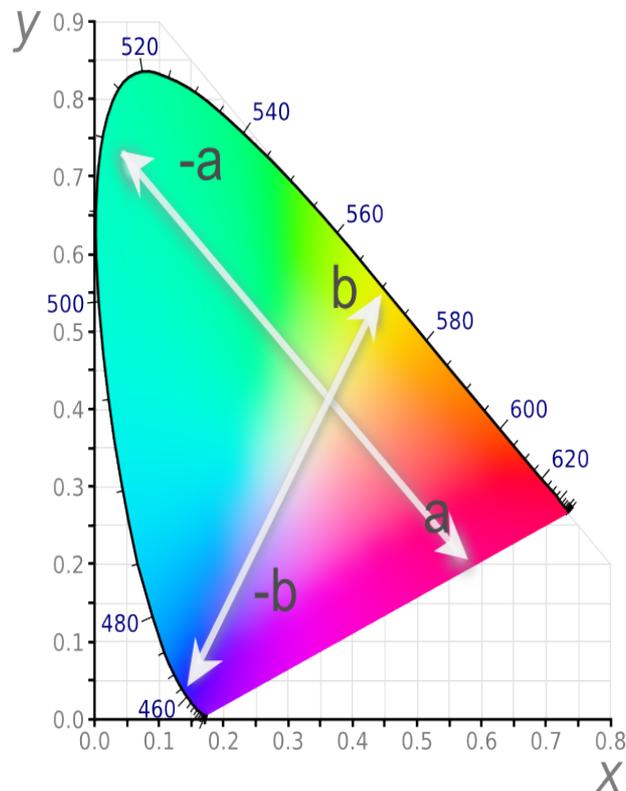


Abbildung 6: Der L*a*b* - Farbraum

(Quelle: www.wisotop.de/assets/cie-mit-lab-a-b-achsen.png)

1.2.1.3 Das Vita - Zahnfarbsystem

Zur Bestimmung einer Zahnfarbe mit dem Ziel, eine möglichst unauffällige Integration der Restauration in das bestehende Gebiss zu erzielen, gibt es verschiedene Möglichkeiten. Der Behandler kann unter Abgleich eines Farbrings wie zum Beispiel des Vita - classical - oder Vita - 3D - Master - Farbsystems die Zahnfarbe ermitteln. Auch Messgeräte wie das Vita Easyshade oder das Spectroshade der Firma Imes - Core können alternativ genutzt werden.

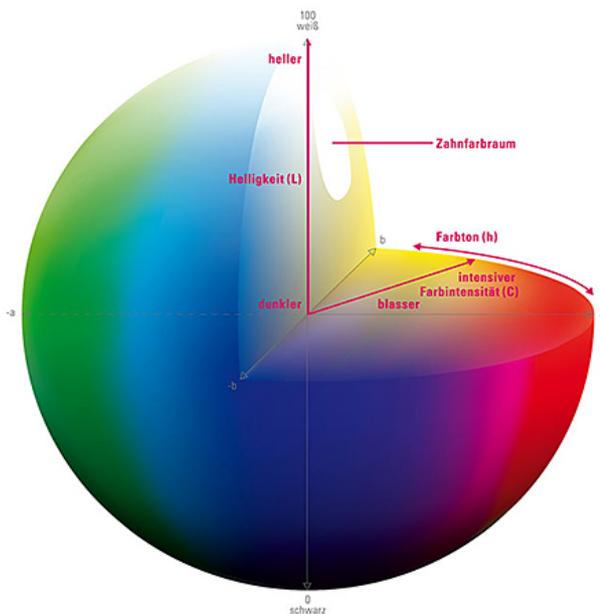


Abbildung 7: Das Vita - Zahnfarbsystem

(Quelle: www.Vitazahnfabrik.com/portal/pics/farbsysteme/Zahnfarbbestimmung/GesamtFarbraum_440_DE.jpg)

Das gesamte Farbspektrum verkörpert dabei eine Kugel, gewissermaßen den Globus der Farben (vgl. Abbildung 7).

Helligkeit, Farbintensität und Farbton sind die Merkmale, über die sich alle natürlichen Farben eindeutig definieren lassen. Der Bereich der natürlichen Zahnfarben ist darin enthalten und bildet einen kleinen Ausschnitt im gelblich - rötlichen Bereich der Kugel.

Die drei voneinander unabhängigen Komponenten L (Helligkeit), C (Farbintensität) und h (Farbton) sind quantitativ durch die Angabe von Zahlenwerten eindeutig beschreibbar (Baltzer et al. 2004a). Auf Basis dieser Erkenntnis entwickelte Vita die Lösungen zur Zahnfarbbestimmung und -kommunikation, die für Labors und Praxen eine wichtige Grundlage bilden, um jedem Patienten einen farblich exakt abgestimmten Zahnersatz zu ermöglichen.

Einleitung

Es entstand das Vita - 3D - Master - System, das jeder Farbkomponente einen konkreten Zahlenwert zuordnet.

Für die Bestimmung einer Zahnfarbe wird dabei zuerst innerhalb von 5 Helligkeitsstufen die passende Helligkeit bestimmt. Begonnen wird die Auswahl mit der dunkelsten Stufe. Anschließend kommt es zur Selektion der Farbintensität. Basierend auf der bestimmten Helligkeit, ist zwischen drei Intensitätsstufen 1 = blass, 2 = mittel und 3 = satt zu entscheiden.

Abschließend wird der Farbton über einen Abgleich des Farbmusters mit dem Originalzahn festgelegt. Es wird überprüft, ob dieser gelblicher oder rötlicher als das Muster ist (Baltzer et al. 2004a und Baltzer et al. 2004b, Chu et al. 2008).

Eine andere, noch weiter verbreitete Methode der Zahnfarbbestimmung ermöglicht der Vita - classical - Farbring.

Hier erfolgt ein direkter visueller Abgleich der Vorlagen der Zahnfarben A1 - D4 mit dem Originalzahn oder den benachbarten Zähnen.

Die Zahnfarbbestimmung wird im Allgemeinen dabei wie folgt empfohlen:

Der Grundfarbton wird am besten im zervikalen Bereich des Zahns ermittelt, weil in diesem Bereich die Schmelzschicht am dünnsten ist. Dazu muss der Zahn gründlich gereinigt sein, d. h. alle möglichen Verfärbungen und Beläge sind vorher zu entfernen.

Die Ermittlung der Zahnfarbe sollte möglichst unter Tageslicht oder genormten Tageslichtleuchten erfolgen. Der Abgleich unter diffusem Nordlicht zur Mittagszeit gilt als ideal. Bei der Farbbestimmung sollte der Zahn stets feucht gehalten werden, da ausgetrocknete Zähne zu hell erscheinen können. Die durch den Speichel erzeugte diffuse Lichtreflexion sollte unbedingt mit einbezogen werden. Um einen aussagekräftigen Vergleich herstellen zu können, ist zu empfehlen, das Farbmuster mit dem der Abgleich stattfindet, auch anzufeuchten.

Ablenkende und provozierende intensive farbliche Einflüsse der Umgebung wie Lippenstift, Farbe der Wände oder der Kleidung sind zu minimieren. Das ausgewählte Farbmuster sollte sowohl bei künstlichem als auch natürlichem Licht mit der Originalzahnfarbe übereinstimmen.

Zweckmäßig ist die Farbbestimmung in einem Zeitraum von 5 - 7 Sekunden, da anschließend Ermüdungserscheinungen der Augen die Wahrnehmung und Graduierung verfälschen können (Faber 2002).

1.2.1.4 Das Zahnfarbmessgerät Easyshade Compact

Das Easyshade Compact ist ein kabelloses spektrophotometrisches Zahnfarbmessgerät. Es ermöglicht die Zahnfarbbestimmung für das Vita System - 3D - Master sowie das Vita - classical Farbsystem A1 - D4.



Abbildung 8: Das Vita Easyshade Compact

(Quelle: <http://Vitanorthamerica.com/wp-content/uploads/2012/07/Vita-Easyshade-Compact.jpg>)

Das Spektrophotometer gibt die Ergebnisse in 26 Vita - 3D - Master Farben, drei Vita - 3D - Master Bleaching - Farben und in 16 Vita - classical A1 - D4 Farben wider. Es bedient sich sowohl der L C h - Parameter (Farbmodell nach Munsell), die für die Versuchsreihe genutzt wurden, als auch der CIE L*a*b* - Darstellung.

Hierbei wird die Helligkeit der Farbe mit L angegeben. Sie wird in Bezug zu verschiedenen Grautönen im Raum von weiß (L = 1000) bis schwarz (L = 0) gemessen.

Die Sättigung bzw. Intensität einer Farbe wird mit C für Chroma angegeben und beinhaltet die „Reinheit der Farbe“. Näher beschreibt es die Differenz von der neutralen Achse zwischen einer Farbe und einem Grauton bei gleicher Leuchtkraft.

Der Farbton h entspricht der eigentlichen Farbe und hat die Wellenlänge des sichtbaren Lichts von 380 nm bis 780 nm. Im L, C, h - System wird der Farbton als Winkel wiedergegeben, der von 0° bis 360° reicht. Winkel von 0° bis 90° sind Rot-, Orange- und Gelbtöne; Winkel von 90° bis 180° sind Gelb-, Gelbgrün- und Grüntöne; Winkel von 180° bis 270° sind Grün-, Cyan- und Blautöne; Winkel von 270° bis 360° sind Blau-, Lila- und Magentatöne, die wieder in Rot übergehen bei 360° (wie bei 0°).

Vor jeder Messreihe ist das Easyshade - Gerät mit dem dafür am Standfuss integrierten Kalibrierblock zurückzusetzen. Danach ist das Gerät einsatzbereit, und es kann der entsprechende Betriebsmodus ausgewählt werden.

Einleitung

Es ist zwischen Einzelzahnmodus, Zahnbereichsmodus, Restaurationsmodus und einem Trainingsmodus zu unterscheiden.

In jedem Modus kann die Zahnfarbe sowohl in der Vita - 3D - Master, als auch in der Vita - classical - Farbskala A1 - D4 angezeigt werden.

Beim Einzelzahnmodus wird der Grundfarbton des Zahnes durch eine zentrale Messung ermittelt. Hierbei muss der Sensorkopf senkrecht und bündig auf der Zahnoberfläche beim Messen anliegen.

Die Zahnbereichsmessung erfolgt von zervikal nach zentral und letztlich nach inzisal. Dabei werden drei Einzelwerte in beiden Vita Farbskalen für die einzelnen Zahnabschnitte im Gerät gespeichert.

Im Restaurations - Betriebsmodus kann die Übereinstimmung der Zielfarbe des Zahnersatzes mit der Vorgabe verglichen werden.

Durch die Anzeige eines Sternchens im Display findet eine Bewertung und Graduierung der Restauration in der Farbgebung statt. Die Einteilung erfolgt von gut bis mäßig sowie durch einen Hinweis zur erforderlichen Anpassung.

Der Wert der Farbdifferenzen zwischen der Restauration und der Vorgabe wird im L, C, h - System für das Vita - 3D - Master - System als auch für die Vita - classical A1 - D4 Farbskala grafisch in einem Balkendiagramm dargestellt (Vita Zahnfabrik 2009).

1.2.2 Veneers

1.2.2.1 Vor- und Nachteile einer Veneerversorgung

Veneers sind Verblendschalen für die sichtbaren Flächen der Frontzähne, die mittels einer minimalinvasiven Präparation der Zahnhartsubstanz und der Adhäsivtechnik befestigt werden (Schmidseder et al. 2008). Sie werden aus Keramik oder Kompositen gefertigt und sind durch deren Materialeigenschaften hauchdünn herstellbar.

Zu den Vorteilen der Veneertechnik zählt die Schonung des parodontalen Halteapparats durch eine supragingivale Präparationsgrenze und damit dem Erhalt des parodontalen Faserapparats. Gleichzeitig ist somit die Möglichkeit der absoluten Trockenlegung für die adhäsive Befestigungstechnik gewährleistet, als auch der harmonische Übergang der Restauration zum Zahn (Dietschi et al. 2011).

Gegenüber Kronen besitzen Veneers den Vorteil, dass ausschließlich der vestibuläre Anteil des Zahns präpariert wird und insgesamt nur in dessen Design ein geringfügiger Zahnhartsubstanzabtrag erfolgt.

Einleitung

Sowohl Keramik- als auch Komposit - Veneers bestehen je aus einem Werkstoff, so dass keine Verbundverluste zwischen verschiedenen Materialien auftreten können.

Veneerrestorationen erfüllen höchstästhetische Ansprüche, da sie wie ein natürlicher Zahn Reflexion, Transmission, Absorption und Remission zulassen und sich damit unauffällig und harmonisch in die Zahnreihe einfügen. Andererseits weist eine Versorgung mit Veneers auch Einschränkungen bzw. Nachteile auf.

So verfügen Veneers über einen eingeschränkten Indikationsbereich, da sie auf ein Mindestmaß an Klebeoberfläche bzw. Retentionsfläche begrenzt sind. Das heisst, die Restzahnschicht darf nur geringfügig gefüllt sein.

Die Restaurationsränder müssen sich im „ Gesunden “ befinden und bei der Befestigung von Veneers muss eine absolute Trockenlegung gesichert werden.

Einzelzahnversorgungen mit Veneers werden häufig aus ästhetischen Gründen als ungünstig empfunden, da zu den angrenzenden Zähnen vielfach farbliche Diskrepanzen auftreten. Es wird empfohlen, dass alle sechs Frontzähne versorgt werden oder mindestens auch der gleichnamige benachbarte Zahn mit einbezogen wird.

Eine Kontraindikation besteht für stark zerstörte und restaurierte Zähne, hohe Kariesaktivität, Parafunktionen sowie bei fehlender Compliance des Patienten.

1.2.2.2 Material für Veneers

Veneers werden grundsätzlich nach dem Werkstoff aus denen sie hergestellt sind, eingeteilt. So unterscheidet man Keramik- und Komposit - Veneers.

Keramik - Veneers können entsprechend ihrer Herstellung in Silikatkeramiken und Oxidkeramiken eingeteilt werden. Beide werden adhäsiv befestigt.

Silikatkeramiken werden durch die Sintertechnik, d. h. das Verschmelzen der Keramikbestandteile gefertigt. Auf einem feuerfesten Modell oder auf einem mit einer Platinfolie überdeckten Stumpf wird eine Feldspatkeramik geschichtet und anschließend gebrannt (Pospiech et al. 2004).

Diese Technik ist die älteste und wird auch heute noch zur Verblendung von Metallgerüsten genutzt. Sie erzeugt durch die Schichttechnik und die Nutzung verschiedenster Massen einen sehr natürlichen Eindruck der Restauration.

Glaskeramiken sind die Weiterentwicklung der Feldspatkeramiken. Durch das Einfügen von Leuzitkristallen und Lithiumdisilikatkristallen werden diese Veneers in einem Pressverfahren hergestellt.

Einleitung

In eine feuerfeste Hohlform der herzustellenden Restauration wird hierzu ein erhitzter Glaskeramikhohlring gepresst. Durch das Cut - back Verfahren oder das Bemalen der Keramik kann diese noch weiter individualisiert werden.

Presskeramiken besitzen durch ihre Leuzitverstärkung bessere physikalische Eigenschaften und sind dadurch mechanisch belastbarer bei der Herstellung, Einprobe, der Befestigung und in der Funktion (Fischer et al. 1989), (Lindemann 2000), (Pröbster 2000).

Bei den Oxidkeramiken handelt es sich um einphasige und einkomponentige Metalloxide mit einem nur sehr geringen Glasanteil. Dabei kann man weiter zwischen glasinfiltrierten Aluminiumoxidkeramiken und Hochleistungskeramiken wie Zirkoniumoxid unterscheiden (Pröbster 2000), (Tinschert et al. 2000), (McLean 2001), (Pospiech et al. 2004).

Die Herstellung der Kerngerüste für glasinfiltrierte Keramiken erfolgt durch die Schlickertechnik oder, wie für die Zirkoniumoxid - Keramiken, durch ein CAD/CAM - System (Computer - Aided - Design und Computer - Aided - Manufacturing).

Grundlegend anders gestaltet sich die Herstellung von Komposit - Veneers.

Diese sind polymerisierte hochgefüllte Nano - Hybrid - Komposit - Verblendschalen.

Sie werden industriell in großer Stückzahl vorgefertigt und bestehen aus den gleichen Bestandteilen wie das Komposit, welches für dentale Füllungen verwendet wird.

In einer Sitzung werden diese präfabrizierten Veneers an die Patientensituation in Form und Farbe angepasst und adhäsiv befestigt.

Um eine langfristige Funktion zu ermöglichen, sind die Verblendschalen und das Befestigungskomposit in den meisten Systemen aus dem gleichen Werkstoff desselben Herstellers gefertigt (Coltene / Whaledent 2014).

1.2.2.3 Das Componeers® System der Firma Coltene Whaledent

Bei dem untersuchten System handelt es sich um ein direktes Verfahren mit präfabrizierten Komposit - Verblendschalen. Sie bieten den Vorzug, unmittelbar in der Zahnarztpraxis, am Patienten modelliert zu werden. Im Gegensatz dazu wird bei einer indirekten Versorgung das Veneer nicht vor Ort am Stuhl, sondern nach Abformung erst im zahntechnischen Labor hergestellt (Coltene / Whaledent 2014).

Componeers® der Firma Coltene Whaledent sind polymerisierte, vorgefertigte, röntgenopaque, hochgefüllte Nano - Hybrid - Komposit - Schmelz - Schalen mit ausgezeichneten technischen Werten (vgl. Tabelle 1).

Einleitung

Bei diesem System beträgt die Veneerstärke grundsätzlich 0,3 mm und ermöglicht so eine minimalinvasive Präparation. Die Innenoberfläche ist mit einer mikroretentiven, hochbenetzbaren Struktur ausgestattet und erlaubt einen langlebigen Verbund. Die Compreneers bestehen aus Methacrylaten, silanisiertem Bariumglas und hydrophobierter amorpher Kieselsäure.

Es stehen vier obere Front- und zwei untere Frontgarnituren zur Auswahl, sowie zwei obere Prämolarenformen.

Die Veneers werden in drei Farben angeboten: Bleach Opaque zur Aufhellung und Maskierung, White Opalescent für helle und gebleichte Zähne und universal für natürliche Restaurationen.

Tabelle 1: Technische Angaben - Compreneers®

(Quelle: Coltene Whaledent AG 2014)

Biegemodul	9000 MPa
Biegefestigkeit	127 MPa
Wasseraufnahme	16 µg / mm ²
Wasserlöslichkeit	0,9 µg / mm ²
Röntgenopazität	2,0 mm Al
Vickershärte	73 kg / mm ²
Druckfestigkeit	392 MPa
kleinste Partikelgröße	20 nm
Ø Partikelgröße	0,6 µm
Füllstoffgehalt nach Gewicht	80,0 %
Füllstoffgehalt nach Volumen	65,0 %
Dichte	2,0 g / cm ³

1.2.3 Befestigungskomposite für Veneers

1.2.3.1 Befestigungskomposite für Keramik- und Komposit - Veneers

Bevor Veneers befestigt werden können, müssen deren Oberflächen konditioniert werden. Dazu zählt bei Keramikveneers das Anrauen der Glasphase und das Reinigen mittels Flusssäure. Diese Vorbereitungsschritte entfallen bei Komposit - Veneers.

Einleitung

Bei beiden Veneerwerkstoffen muss eine Haftsilanschicht auf der Veneerinnenfläche geschaffen werden. Nur so kann ein langfristiger Verbund zwischen Befestigungskomposit und Veneer erreicht werden.

Die Zahnoberfläche ist ebenfalls vorzubereiten. Hierbei wird der Zahn mittels der Total - Etch - Technik mit 37 %iger Phosphorsäure vorbehandelt. Anschließend wird der Zahn gespült und trocken geblasen sowie mittels einem vom System abhängigen Dentinadhäsiv konditioniert (Fusayama 1990).

Zum Verbund eignen sich universelle dualhärtende Kompositbefestigungssysteme wie zum Beispiel Variolink Esthetic, RelyX Veneer und Synergy D6.

Alle diese Systeme besitzen die Möglichkeit der nachträglichen Beeinflussung der Farbgebung der Restauration durch unterschiedliche Farben des eigentlichen Komposits.

1.2.3.2 Befestigungskomposite für Componeers®

Zur Konditionierung der Componeers® wird der Haftvermittler One Coat Bond der Firma Coltene Whaledent zwischen Zahnhartsubstanz und Komposit verwendet. Dieser wird mit einem Pinsel auf den Oberflächen aufgebracht und dann nach 20 Sekunden verblasen.

One Coat Bond ist ein lichthärtender, multifunktionaler Einkomponenten - Haftvermittler für Schmelz und Dentin und ein Aktivator für Componeers®.

Als Befestigungskomposite werden die firmeneigenen Synergy D6, Synergy D6 Flow und Synergy Connect genutzt. Die technischen Daten sind in der Tabelle 2 dargestellt.

Das Komposit Synergy D6 ist ein röntgenopaques, hochgefülltes Nano - Hybrid Komposit. Das System Synergy D6 besteht dabei aus sechs Dentinmassen, zwei Enamelmassen Enamel universal, Enamel White Opalescent und zwei Bleichmassen Bleach White und Bleach Opaque. Das Anwendungsgebiet reicht von Füllungen bis hin zur Befestigung von Restaurationen.

Die Synergy D6 Dualshade - Dentinfarben decken dabei eine breite Farbpalette ab. Sie werden in den Farben A1 / B1, A2 / B2, A3 / D3, A3,5 / B3, C2 / C3, A4 / C4 angeboten. Selbst Zwischenstufen der Dentinfarben kann so entsprochen werden. Zum Beispiel liegt die Dentinmasse A1 / B1 nach der Vita - classical - Farbskala zwischen den Zahnfarben A1 und B1 und beinhaltet somit zwei Grundfarbtöne.

Die Dentinmassen sind geeignet für direkte Füllungen der Kavitätenklassen I, II, III, IV und V, erweiterte Fissurenversiegelungen, Reparaturen von Komposit- und Keramikveneers und das adhäsive Zementieren von Keramik- und Kompositrestaurationen.

Einleitung

Die Synergy D6 Bleichmassen White Bleach und Bleach Opaque eignen sich besonders für die Restauration an gebleichten Zähnen, an Milchzähnen, zur Charakterisierung von Kalkflecken bei hochästhetischen Füllungen und zur Befestigung von Veneers.

Die Synergy D6 Enamelmassen sind hochtransluzente Komposite zur Erzeugung einer natürlichen Tiefenwirkung. Sie werden in der Zwei - Schicht Technik in Verbindung mit den Dentinmassen angewendet, aber auch als Schmelzersatz und zum Aufbau von Schneidekanten.

Synergy D6 Flow ist ein ebenfalls nanogefülltes, röntgenopaques, fließfähiges Komposit, welches zur Feinkorrektur am Compooneers® genutzt wird.

Synergy D6 kann mit allen gängigen Polymerisations- und LED - Lampen ausgehärtet werden (Coltene / Whaledent 2015).

Tabelle 2: Technische Daten Synergy D6 / Synergy D6 Flow / Synergy D6 Connect (Quelle: Coltene Whaledent AG 2015)

∅ Füllerpartikeldurchmesser	0,6	µm
Füllerpartikelverteilung	0,02 - 2,5	µm
Volumenanteil des Füllers	65,0	%
Gewichtsanteil des Füllers	80,0	%

1.2.4 Anwendung und Präparation von Veneers

1.2.4.1 Anwendung

Veneers werden vor allem aus ästhetischer Sicht eingesetzt.

Dabei kann man zwei Hauptindikationen definieren:

- Die ästhetische Korrektur vor allem von Zahnhypoplasien wie Zapfenzähnen, Zahnfehlstellungen, Zahntraumata, Schließung bzw. Verringerung eine Diastemas, als Alternative zu großflächigen Füllungen im Frontzahnbereich, bei Zahnhartsubstanzverlust durch Abfraktion, Erosion, Abrasion und Attrition (Gomes et al. 2014).
- Die ästhetische Korrektur von Zahnverfärbungen, die sich durch eine professionelle Zahnreinigung oder Bleaching nicht entfernen lassen, die Harmonisierung des Zahnbogens und das Erreichen eines Lächeln mit „perfekten weißen Zähnen“ (Migliau et al. 2016).

1.2.4.2 Präparation

Die Veneer - Präparation ist je nach Indikation und nach Invasivität der Zahnhartsubstanzreduktion einzuteilen (Schmidseder et al. 2008). Ziel des Schleifens ist es, ausreichend Platz für die Veneerversorgung und eine Demaskierung von Verfärbungen zu schaffen. Dabei ist eine geeignete Einschubrichtung herzustellen, um das Einsetzen zu ermöglichen. Die Präparationsränder sind approximal in den nicht sichtbaren Bereich zu verlegen. Die Prämisse jeder Präparation ist, so minimalinvasiv wie nur möglich zu arbeiten.

Bei der minimalen Präparationsform wird die Oberfläche nur angeraut, zum Beispiel mit einer 37 %igen Phosphorsäure um ein besseres Retentionsfeld für die Adhäsivtechnik zu schaffen.

Es wird versucht die Präparationsgrenze im Schmelz zu halten, weil dieser bessere Haftwerte für das Veneer am Zahn zulässt. Gleichzeitig werden die Gefahren des Debondings, des Materialbruchs sowie die postpräparatorische Empfindlichkeit gesenkt.

Bei der Basispräparation werden zwischen 0,3 mm - 0,7 mm Schmelz von der labialen Zahnfläche abgetragen. Nach Möglichkeit sollte eine 0,3 mm tiefe supragingivale Hohlkehle zervikal und eine 0,3 mm breite Hohlkehle approximal geschaffen werden. Dabei ist darauf zu achten, dass die Präparationsgrenze weit nach approximal, aus dem sichtbaren Bereich gelegt wird, ohne den Kontaktpunkt zu trennen.

Inzisal werden 1,0 mm - 1,5 mm abgenommen und palatinal sollte eine breit auslaufende Hohlkehle hergestellt werden (Schmidseder et al. 2008).

Bei der invasiveren Präparation müssen noch zusätzliche 0,2 mm Zahnhartsubstanz entfernt werden. Das trifft zum Beispiel bei der Korrektur von Zahnfehlstellungen, der Entfernung tiefreichender alter Kompositfüllungen oder starker Zahnverfärbungen zu.

Insgesamt ist darauf zu achten, dass die Präparation sehr individuell und situationsbedingt ausgeführt wird. Durch Zuhilfenahme von Situationsmodellen und einem Wax - up kann eine Bewertung erleichtert werden.

Das weitere Vorgehen zur Entscheidung, ob eine indirekte oder eine direkte Versorgung gewählt wird, ist sowohl von den zu erwartenden Kosten, als auch von der präferierten Technik des Behandlers abhängig.

2. Zielstellung

Zielstellung der in - vitro - Studie war es, Veränderungen der Farbwirkung von präfabrizierten Veneers (Componeers®) durch die unterschiedlichen Schichtstärken des Befestigungskomposits und den Einfluss der Stumpf- bzw. ursprünglichen Zahnfarbe auf das Gesamtergebnis zu untersuchen.

Dabei sollte der Hypothese nachgegangen werden, dass die Kompositfarben und deren Schichtstärken einen entscheidenden Einfluss auf die zu erzielende Zahnfarbe haben.

Im Mittelpunkt stand die Beantwortung folgender Fragen:

- Hat die Grundfarbe des Stumpfes (Probekörper) Einfluss auf die Veränderung der Restaurationsfarbe bei Verwendung unterschiedlicher Farben und Schichtstärken des Befestigungskomposits?
- Welchen Einfluss hat die Schichtstärke des Befestigungskomposits?
- Besteht ein direkter Zusammenhang zwischen der Farbe des verwendeten Befestigungskomposits und der erzielten Endfarbe der Restauration?
- Sind klinische Empfehlungen aus den erzielten Ergebnissen ableitbar?
- Kann man mit einem präfabrizierten Veneer und unter Verwendung unterschiedlicher Kompositfarben das geforderte Farbspektrum in der Zahnarztpraxis abdecken?
- Sind die erzielten Ergebnisse für die klinische Anwendung, insbesondere für die Abdeckung von verfärbten Zähnen bei der Restauration mit Componeers® bedeutungsvoll?

3. Material und Methodik

3.1 Material

3.1.1 Probekörper

Für den den Versuchsaufbau wurden zwei Probekörper hergestellt, die sich in ihrem Grundfarbton eindeutig unterscheiden. Es wurde für den Probekörper 1 die Kompositmasse Synergy D6 Dentin A4 / C4 und für den Probekörper 2 Synergy D6 Dentin A2 / B2 ausgewählt, da diese farblich eine möglichst große Differenz besitzen. Der Probekörper 1 hatte nach Fertigstellung eine durchschnittliche Stärke von 4,7 mm und entsprach der Zahnfarbe A4, vergleichbar der Vita - 3D - Masterfarbe 4L2,5.

Der Probekörper 2 in der Zahnfarbe C2, zugeordnet der Vita - 3D - Masterfarbe 3L1,5 , war durchschnittlich 4,5 mm stark.

Die Herstellung erfolgte durch die Schichttechnik in einer quadratischen Silikonhohlform und durch Auspolymerisation für jeweils 20 Sekunden pro 1,0 mm Schichtstärke mit der SmartLite PS der Firma Dentsply Detrey.

Die Probekörper (Abb. 9) wurden mit dem Struers RotoPol - 35 Schleif- und Poliersystem (Abb. 10) unter Wasserkühlung in Form geschliffen und die Oberfläche mit Schleifpapier der Körnung P 4000 bei 150 U/min vergütet. Ziel war es, die Oberflächenbeschaffenheit möglichst so zu gestalten, dass sich die Klebungen wieder rückstandslos entfernen ließen.

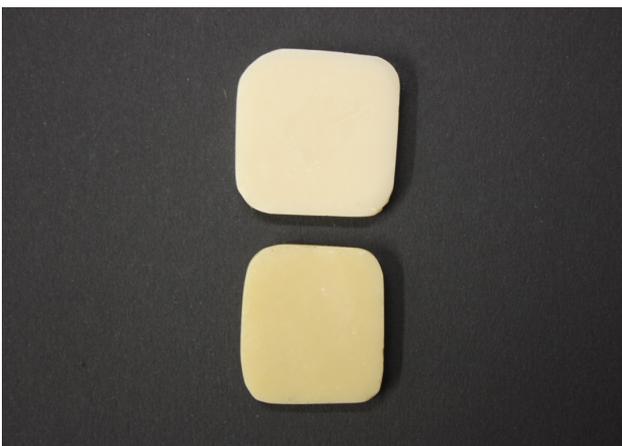


Abbildung 9: Probekörper 1 und 2



Abbildung 10: Struers RotoPol - 35

Nachfolgend wurde durch das Befestigen von vier Abstandhaltern (0,3 mm bzw. 1,0 mm) auf dem Probekörper, mit platzierten Veneerplättchen mittig, eine Tiefziehschiene gefertigt. In dieser Schiene wurde außerdem zentral, in Sensorkopfgröße des Easyshade - Geräts, eine Öffnung geschaffen, die das Platzieren während des Klebens und des Messvorgangs erleichterte.

Als standardisierter Untergrund wurde eine schwarze Unterlage ausgewählt, da diese die besten Voraussetzungen für ein unverfälschtes Messergebnis bot. Parallel wurde deutlich, dass die metallischen Abstandhalter keinen Einfluss auf die Messergebnisse hatten, da ein ausreichend großer Abstand zum Messkopf gegeben war.

3.1.2 Abstandhalter

Um den Einflussfaktor des Abstands zwischen Zahn und Veneer zu simulieren und untersuchen zu können, wurden genormte Abstandhalter verwendet.

Als Abstandhalter dienten Unterlegscheiben der Firma Würth in zwei Stärken. Diese Spacer sind industriell gefertigt, besitzen eine genormte Dicke und sind aus widerstandsfähigem, blanken Edelstahl gefertigt.

Für den Abstand 1 wurde 0,3 mm und als Abstand 2 1,0 mm gewählt. Diese Abstände wurden favorisiert, da sie für Indikationen von Restaurationen mit Veneers eine repräsentative Abstandsbreite darstellen.

3.1.3 Synergy D6

Für die Versuche sind die sechs Synergy D6 Dentinfarben A1 / B1, A2 / B2, A3 / D3, A3,5 / B3, C2 / C3, A4 / C4, die zwei Synergy D6 Enamelmassen Enamel universal und Enamel White Opalescent, sowie die Bleichfarbtöne Synergy D6 Bleach Opaque und Synergy D6 White Bleach verwendet worden. Entsprechend der Herstellerangaben wurden sie für jeweils 20 Sekunden mit dem LED - Polymerisationsgerät SmartLite PS der Firma Dentsply Detrey ausgehärtet.

3.1.4 Veneerplättchen

In der Versuchsreihe wurden den Compreneers® äquivalente Veneerplättchen verwendet. Der Veneertyp universal entsprach am besten den geforderten Voraussetzungen, da er den geringsten Einfluss auf die Farbgebung der Restauration und damit auf die zu erwartenden Messergebnisse hatte. Die Maße der eingesetzten Veneerplättchen waren 11,0 mm im Durchmesser bei einer Stärke von 1,4 mm. (Abbildung 11)

Bei der Ausgangsmessung mit dem Easyshade Compact konnte so auf der schwarzen Unterlage keine Zahnfarbe für das Plättchen ermittelt werden.

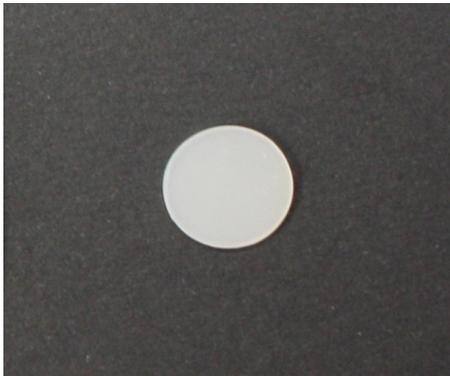


Abbildung 11: Veneerplättchen universal

3.1.5 Easyshade Compact der Firma Vita

Zur Ermittlung der Zahnfarbe wurde das Spektrophotometer Easyshade Compact der Firma Vita verwendet (siehe S.14 Abbildung 8).

Dieses Gerät war besonders geeignet, da es die besten technischen Voraussetzungen für eine exakte Zahnfarbbestimmung bietet und sowohl die ermittelten Ergebnisse in der Vita - 3D - Master - Farbskala als auch in der Vita - classical A1 - D4 Farbpalette darstellt. Zum Einsatz kam der Betriebsmodus „ Einzelzahnmodus “, da hierbei der Grundfarbton des Zahnes durch eine zentrale Messung ermittelt wird. Nach der Kalibrierung des Spektrophotometers erfolgten je 10 Einzelmessungen, die auf dem integrierten Speicher gesichert wurden.

Bestandteil der Ergebnisermittlung der in - vitro - Studie sollte dabei die gleichzeitige Auswertung und Vergleichbarkeit der Messergebnisse im Vita - 3D - Master und Vita - classical - Farbsystem sein (vgl. Pkt. 4.5).

Da eine klar definierte Zuordnung oder Vergleichbarkeit beider Farbsysteme nicht existiert, sollte die annähernde empirische „ Farbenvergleichsliste der Zahntechniker “ wie in der Tabelle 3 dargestellt, dafür die Grundlage bilden.

Tabelle 3: Farbenvergleichsliste der Zahntechniker (Annäherung)

(Quelle: <https://www.muffel-forum.de/node/502>)

A1 = 2M1	B4 = 3M3
A2 = 2M2	C1 = 3M1
A3 = 3M2	C2 = 3L1,5
A3,5 = 3R2,5	C3 = 4L1,5
A4 = 4M2	C4 = 5M1 + 5M2
B1 = 1M1	D2 = 3R1,5
B2 = 2L1,5	D3 = 3M2
B3 = 3L2,5	D4 = 3L1,5

3.1.6 SmartLite PS der Firma Dentsply Detrey

Die Polymerisationslampe SmartLite PS (Abbildung 12) ist ein kabelloses 5 W LED (light emitting diodes) Polymerisationsgerät der neusten Generation. Diese arbeitet in einer Wellenlänge zwischen 450 nm und 490 nm, wobei sich das Intensitätsmaximum bei 460 nm befindet. Die Lichtintensität beträgt 950 mW / cm² und eröffnet so die Möglichkeit, sogar dunkelfarbene Komposite bis zu 2 mm tief auszuhärten (Dentsply DeTrey Betriebsanleitung, SmartLite PS Scientific Compendium).



Abbildung 12: SmartLite PS

3.2 Methodik

3.2.1 Messprobenherstellung

3.2.1.1 Vorbereitung

Der Probekörper wurde vor jeder Messreihe mittels Alkohol von Schmutz, Kleberückständen und einer eventuell bestehenden Schmierschicht gereinigt. Anschließend wurden 4 Abstandhalter auf dem Probekörper in Abstimmung mit der passenden Miniplastschiene so platziert, dass das Veneerplättchen mittig auf dem Probekörper positioniert war und der Sensorkopf via Schiene genau zentral mit dem geforderten Abstand gemessen hat. (Abbildung 13)

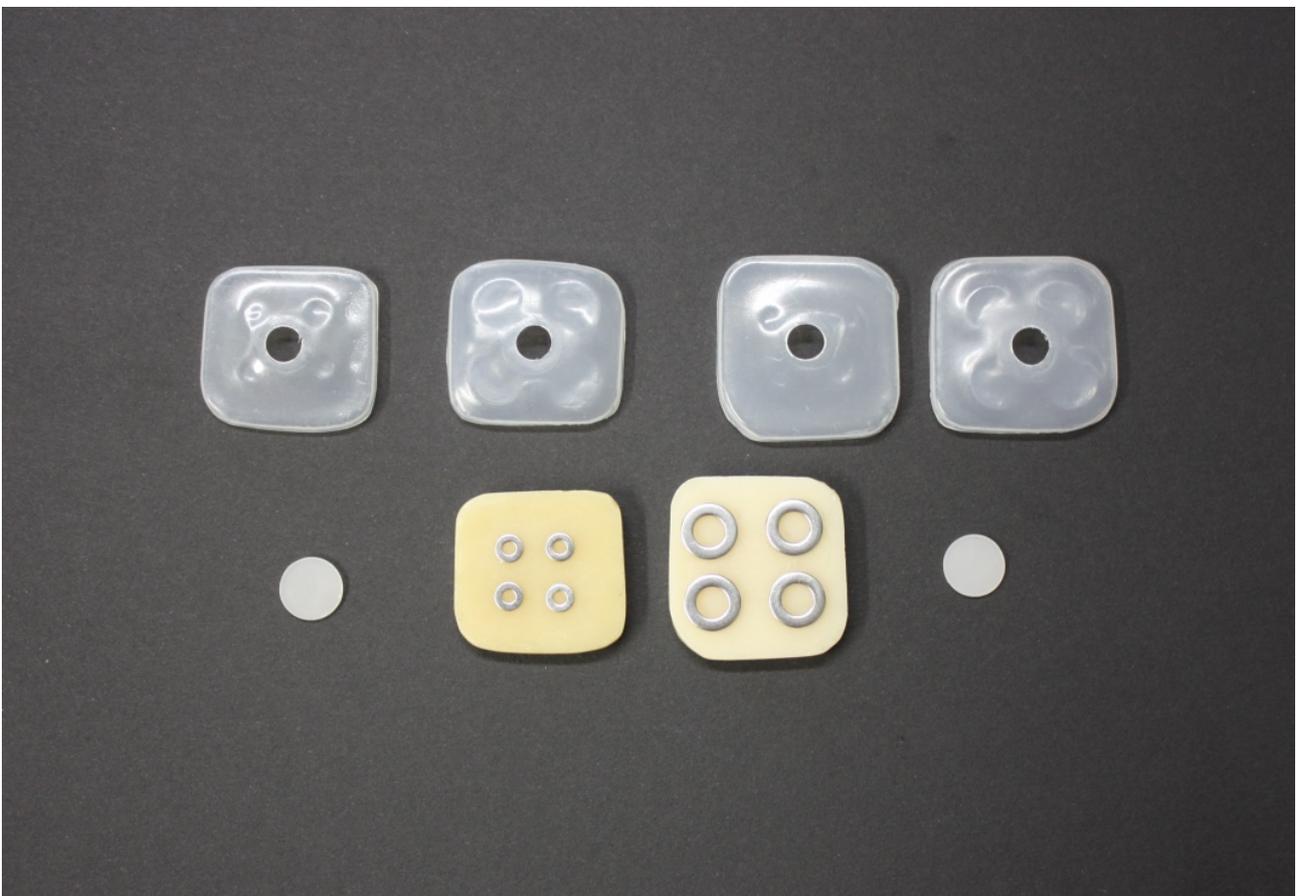


Abbildung 13: Probekörper 1 und 2 mit passenden aufgelegten Abstandhaltern

3.2.1.2 Kleben

Mittels eines Heidemann - Spatels wurde aus der jeweiligen Spritze die benötigte Menge Synergy D6 entnommen und auf den Probekörper zentral zwischen die Abstandhalter appliziert. Unter Zuhilfenahme des Applizierinstruments ist das Veneerplättchen unter Druck auf die Höhe und auf Kontakt mit den Abstandhaltern angepresst worden.

Optisch erfolgte eine Kontrolle, ob das Veneer mittig und überall plan auflag.

Anschließend wurde zur nochmaligen Kontrolle die Miniplastschiene aufgesetzt. Mit Erreichen des Standards konnte das Befestigungskomponent nach Herstellerangaben auspolymerisiert werden. (Abbildung 14)

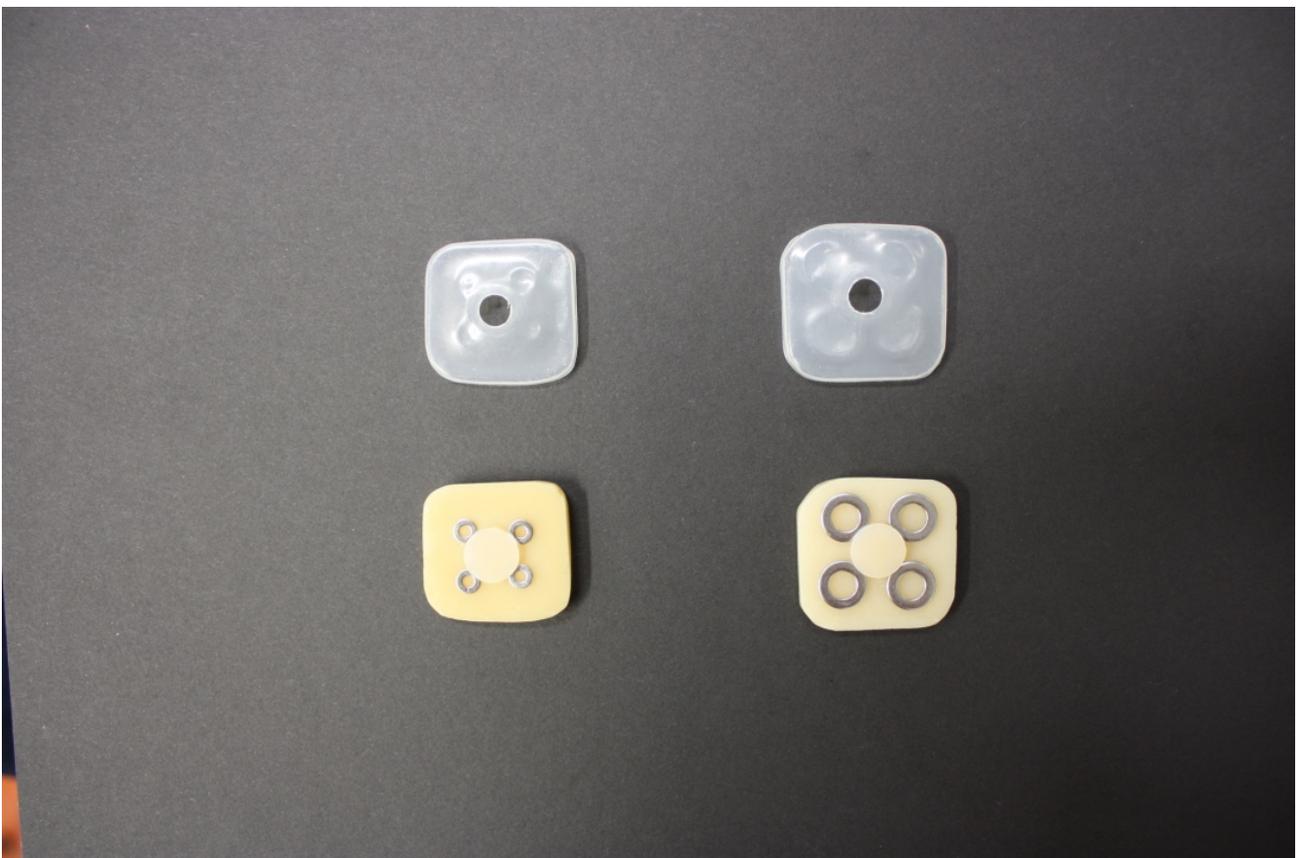


Abbildung 14: positionierte Veneerplättchen auf den Probekörpern

3.2.1.3 Polymerisation

Die Polymerisation wurde mit dem LED - Polymerisationsgerät SmartLite PS der Firma Dentsply Detrey durchgeführt. Diese besitzt eine Lichtintensität von $950 \text{ mW} / \text{cm}^2$, so dass 20 Sekunden Belichtungszeit bei allen 10 Kompositmassen ausreichend waren. (Abbildung 15)

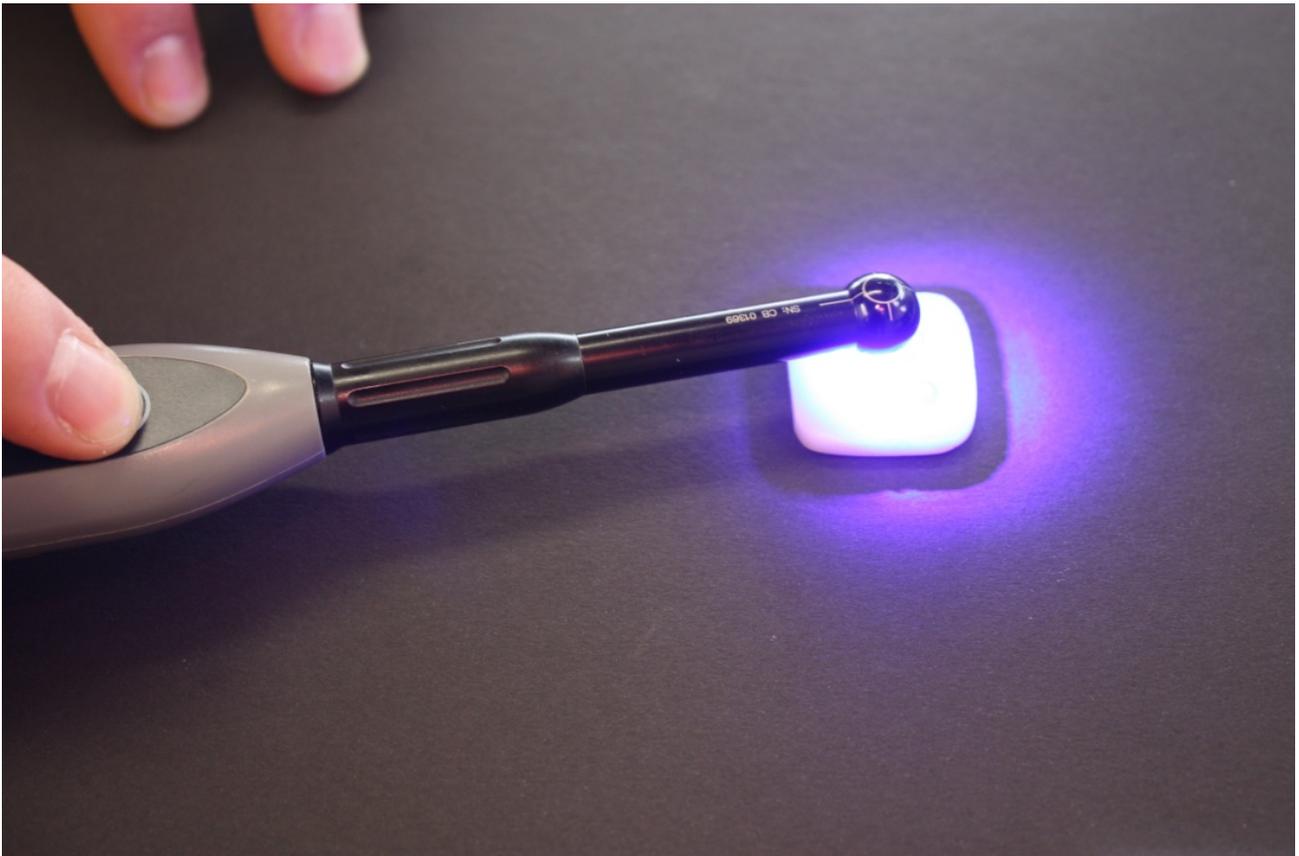


Abbildung 15: Aushärten der Klebung

3.2.2 Messung

Nach der Polymerisation wurde die Miniplastschiene erneut aufgesetzt, das Easyshade Compact der Firma Vita kalibriert und es erfolgten 10 Messungen. (Abbildung 16,17 und 18)



Abbildung 16: Positionierung des Messkopfs

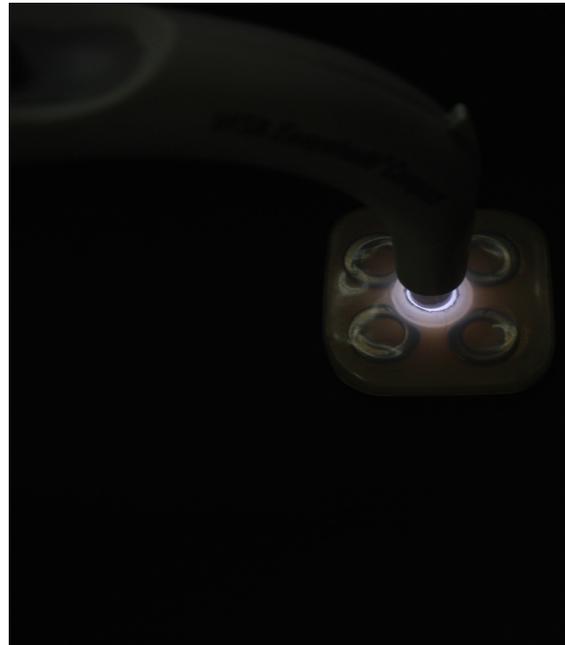


Abbildung 17: Messung



Abbildung 18: Seitenansicht während einer Messung

Nach den 10 Messungen, einem definiertem Durchgang, konnten die angezeigten Werte für das Vita - 3D - Master und das Vita - classical A1 - D4 Farbsystem in eine Excel - Tabelle übertragen werden.

Die nachfolgenden Abbildungen 19 und 20 verdeutlichen am Beispiel des Versuchsaufbaus mit dem Probekörper 1 (Abstand zum Veneerplättchen 0,3 mm, Befestigungskomposit Dentinfarbe A4 / C4) das erzielte Messergebnis. Ermittelt wurden für die Vita - 3D - Masterfarbe **3M1** und für die Vita - classical Farbe **C2**.

Die den Farbdefinitionen zugeordneten Einzelwerte (3D - Master L, C, h, a, b und Vita - classical Farben ΔE , ΔL , ΔC , Δh) waren parallel im Display ablesbar und wurden wie die Farbwerte fortlaufend tabellarisch erfasst.



Abbildung 19: Vita - 3D - Master Farbe

Abbildung 20: Vita - classical Farbe

Nach den erfolgten 30 Messungen wurde das Veneerplättchen entfernt und das Befestigungskomposit auf Einhaltung der Schichtstärke kontrolliert.

Das Befestigen der Veneerplättchen, das Messen der Farbe und Erfassen der zugeordneten Werte erfolgte für alle Versuchsreihen auf gleiche Art und Weise. Alle Klebungen wurden beschriftet und archiviert.

3.2.3 Schematische Darstellung des Versuchsaufbaus

Am Beispiel des Probekörpers 1 (Zahnfarbe A4 / 4L2,5) und der zu untersuchenden Schichtstärke von 0,3 mm der Synergy D6 Dentinmasse A1 / B1 wird der Versuchsaufbau zur Erlangung der zu erzielenden Messergebnisse schematisch in Abbildung 21 dargestellt.

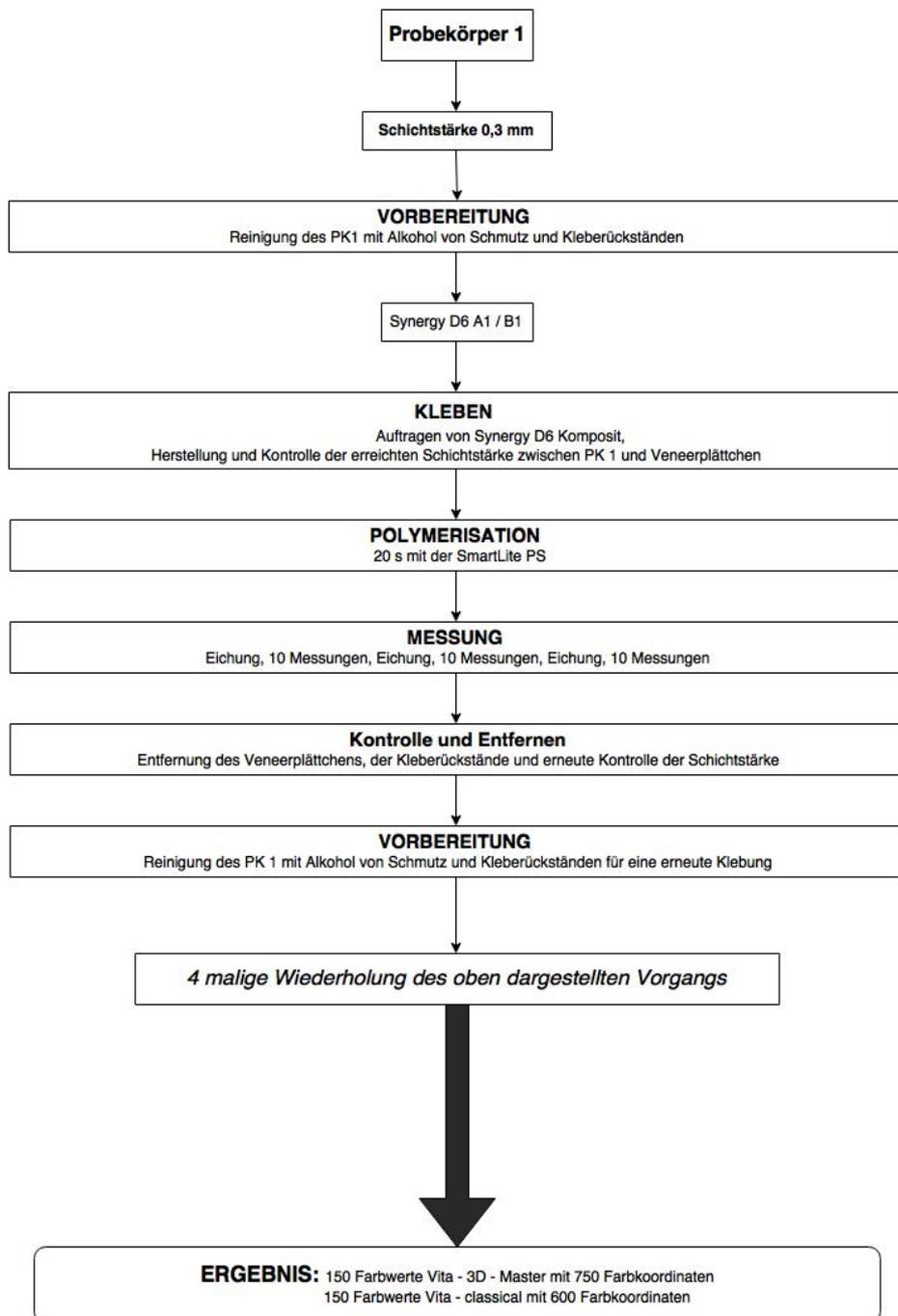


Abbildung 21: Schema des Versuchsaufbaus

Material und Methodik

Bei gleichem Versuchsaufbau und - voraussetzungen wurden weiterführend die Messreihen für die Synergy D6 Dentinmassen A2 / B2, A3,5 / B3, A3 / D3, A4 / C4, C2 / C3, die Enamelmassen Enamel Universal, Enamel White Opalescent und die Bleachingmassen White Bleach und Bleach Opaque durchgeführt und tabellarisch festgehalten.

3.3 Erstellung auswertbarer Messergebnisse

Wie im vorangegangenen Versuchsaufbau beschrieben, erfolgten die Messungen nach folgendem Prinzip:

A) Fallbeispiel 1

Probekörper 1 - Abstand 0,3 mm - 1. Dentinfarbe Synergy D6 A1 / B1

a) 1. Durchgang

- Kalibrierung des Messgeräts Easyshade Compact der Firma Vita und 10 malige Messung der 1. Klebung

- Kalibrierung des Messgeräts und erneute 10 malige Messung der 1. Klebung

- Kalibrierung des Messgeräts und Wiederholung der 10 maligen Messung

Ergebnis: 30 Messwerte wie in Tabelle 4 dargestellt

Probe 1 Schichtstärke 0,3 mm; A4 / 4L2,5 Grundfarbe; Synergy A1 / B1

Körperdentinmasse A4/B4 1.Durchgang
Aushärtung 30 Sekunden mit SmartLite (33372)

Runde 1
Zahnfarbe
C2 / 3M1

Messung	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
L	67,8	67,9	67,9	67,9	67,9	67,9	67,9	67,9	67,9	67,9
C	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	11	11	11
h	84,9	84,9	84,9	85	84,9	84,9	85	85,1	85	85,1
a	1	1	1	1	1	1	1	0,9	1	0,9
b	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	11
A1C1										
ΔE	10,6	10,6	10,6	10,6	10,6	10,5	10,6	10,6	10,6	10,6
ΔL	-8,8	-8,8	-8,8	-8,8	-8,8	-8,7	-8,8	-8,8	-8,8	-8,8
ΔC	-5,7	-5,7	-5,7	-5,7	-5,7	-5,7	-5,7	-5,7	-5,7	-5,6
Δh	-6,6	-6,6	-6,6	-6,5	-6,6	-6,6	-6,5	-6,4	-6,5	-6,4

Runde 2
Zahnfarbe
C2 / 3M1

Messung	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
L	67,6	67,3	67,6	67,6	67,7	67,7	67,7	67,7	67,8	67,8
C	11,3	11,2	10,9	10,9	10,8	10,8	10,8	10,7	10,6	10,6
h	84,8	85,7	85,6	85,7	85,6	85,6	85,6	85,7	85,6	85,5
a	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
b	11,2	11,1	10,9	10,9	10,8	10,8	10,7	10,7	10,6	10,6
A1C1										
ΔE	10,6	10,9	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8
ΔL	-9	-9,3	-9	-9	-9	-8,9	-8,9	-8,9	-8,9	-8,9
ΔC	-5,4	-5,5	-5,7	-5,7	-5,8	-5,8	-5,9	-6	-6	-6
Δh	-6,7	-5,8	-5,9	-5,8	-5,9	-5,9	-5,9	-5,8	5,9	-6

Runde 3
Zahnfarbe
C2 / 3M1

Messung	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
L	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68
C	10,7	10,8	10,8	10,8	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7
h	85	85	85	85	84,9	85	84,9	84,9	84,9	84,9
a	0,9	0,9	0,9	0,9	1	0,9	1	0,9	1	1
b	10,6	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7
A1C1										
ΔE	10,6	10,6	10,6	10,6	10,6	10,6	10,6	10,6	10,6	10,6
ΔL	-8,7	-8,7	-8,7	-8,7	-8,6	-8,6	-8,6	-8,6	-8,6	-8,6
ΔC	-6	-5,9	-5,9	-5,9	-5,9	-5,9	-5,9	-5,9	-5,9	-5,9
Δh	-6,5	-6,5	-6,5	-6,5	-6,6	-6,5	-6,6	-6,6	-6,6	-6,6

Tabelle 4: Fallbeispiel 1

Material und Methodik

- b) Neuklebung (2. Klebung) und Wiederholung der Messreihe wie zuvor beschrieben mit dem Resultat weiterer 30 Messwerte im 2. Durchgang
- c) Im Interesse hoher Aussagekraft und der Reduzierung der Einflüsse von Mess- und Ablesefehlern wurden in dargestellter Form fünf Durchgänge, also je 150 Farbwerte für das Vita - 3D und das Vita - classical - Farbsystem sowie 1.350 zugehörige Farbkoordinaten gemessen und tabellarisch erfasst.
- B) Mit gleichem Probekörper und Abstand von 0,3 mm, sowie den anderen 5 Dentinfarben, 2 Enamelfarben und 2 Bleach - Kompositen wurden nach dem unter A beschriebenen Prinzip die nachfolgenden Messreihen vollzogen, so dass im Ergebnis weitere 1.350 Farbwerte des Vita - 3D sowie 1.350 Farbwerte des Vita - classical - Farbsystems mit den dazugehörigen Farbkoordinaten erfasst werden konnten.
- C) Bei Beibehaltung des Probekörpers und veränderten Abstand auf 1,0 mm wurden die Messungen der 10 Fallbeispiele ebenso durchgeführt und weitere 1.500 Farbwerte für das Vita - 3D - Master, 1.500 Farbwerte für das Vita - classical - Farbsystem und darüber hinaus 13.500 Farbkoordinaten als Messergebnisse erfasst.
- D) Nach beschriebener Messmethode und unter Einsatz des Probekörpers 2 konnten über die möglichen 20 Fallbeispiele weitere 3.000 Farbwerte im Vita - 3D - Master, 3.000 Farbwerte im Vita - classical - Farbsystem sowie weitere 27.000 Farbkoordinaten in die Tabelle übertragen werden.

Unterlegt werden die insgesamt 6.000 ermittelten Farbwerte des Vita - 3D - Master - Farbsystems durch 30.000 Parameterwerte L, C, h, a und b sowie die 6.000 Vita - classical Farbwerte durch 24.000 Parameterwerte ΔE , ΔL , ΔC und Δh .

Die damit für die Auswertung zur Verfügung stehenden 12.000 Farbwerte und 54.000 Farbkoordinatenwerte bildeten die Grundlage einer möglichst genauen Bestimmung der gemessenen Zahnfarben.

In der nachfolgenden Tabelle wird die inhaltliche Bedeutung der einzelnen Farbkoordinaten nochmals zusammengefasst.

Tabelle 5: Legende für die Farbparameter für die Vita - 3D - Master - und die Vita - classical - Zahnfarben

Parameter	Bedeutung
L	Helligkeit (Höhe des Farborts bezüglich der L - Koordinate)
C	Farbintensität / Sättigung (Abstand von der L-Koordinate zum Farbpunkt)
h	Farbton (Winkel von der Achse + a zum Farbort)
a	Koordinate von grün nach rot im Vita Farbenraum
b	Koordinate von blau nach gelb im Vita Farbenraum
ΔE	Distanz zwischen hellsten und dunkelsten Farbort im Farbenraum / $\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$
ΔC	Distanz zwischen zwei Farbintensitätsorten im Farbenraum
Δh	Distanz zwischen zwei jeweiligen Farbtonorten im Farbenraum
ΔL	Distanz zwischen zwei jeweiligen Helligkeitsorten im Farbenraum

Im Interesse einer aussagefähigen statistischen Wertung der tabellarisch erfassten 66.000 Einzelwerte wurde über Einsatz des Statistikprogramms SPSS eine Mittelwertberechnung vorgenommen.

Sie bildete die Grundlage der Ergebnisauswertung.

Die in den Abbildungen 22 - 25 schematisch dargestellte Methode der Messergebnisermittlung vermittelt einen Überblick des Versuchsaufbaus zur Erlangung der insgesamt 12.000 Vita - 3D - Master und Vita - classical Farbergebnisse sowie der zugehörigen einzelnen 54.000 Farbkoordinaten in den untersuchten 40 Fallbeispielen.

Für jede Versuchsgruppe wurden die entsprechenden Mittelwerte und Standardabweichungen bestimmt und mittels Kolmogorov - Smirnov - Test überprüft, ob die Verteilung der Ergebnisse einer theoretischen Normalverteilung entspricht. Der Vergleich der einzelnen Versuchsgruppen untereinander wurde dabei mittels einer einfaktoriellen Varianzanalyse (ANOVA) durchgeführt. Zugleich erfolgte der Vergleich der Gruppen mit Hilfe des Tukey's Studentized Range Tests mit einem Signifikanzlevel von 5 %.

Material und Methodik

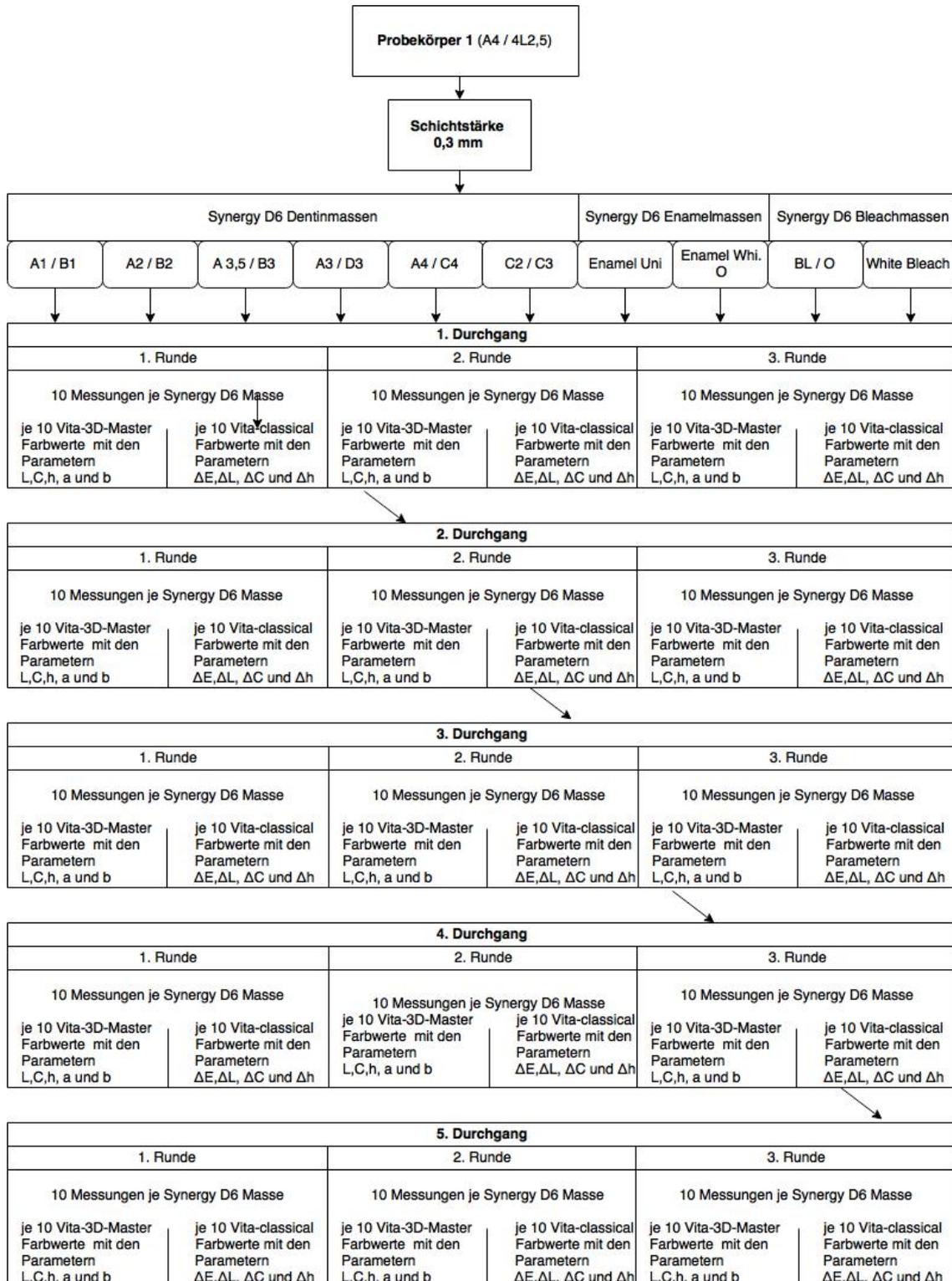


Abbildung 22: Methode der Messergebnisermittlung für den Probekörper 1 mit 0,3 mm Schichtstärke

Material und Methodik

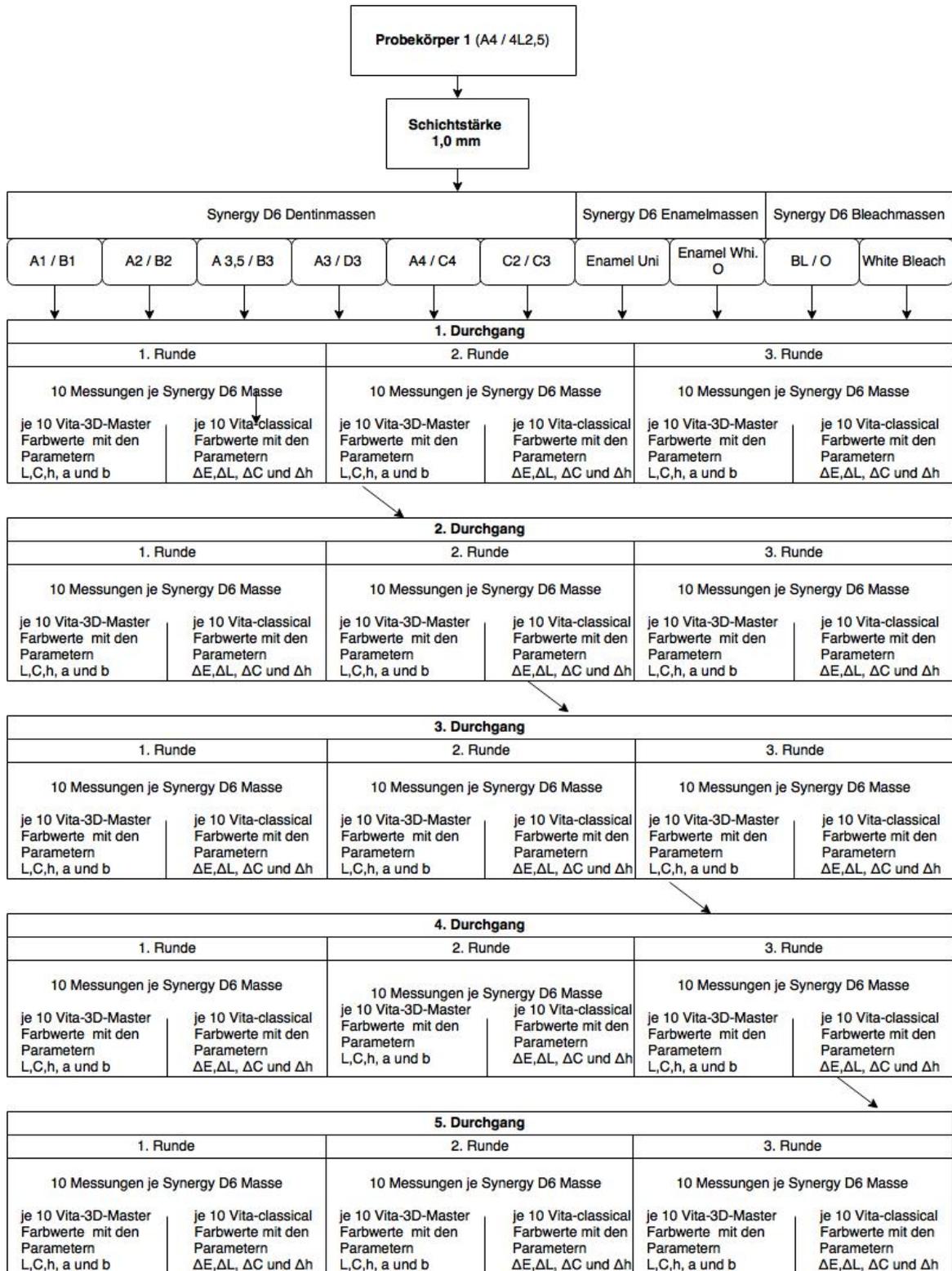


Abbildung 23: Methode der Messergebnisermittlung für den Probekörper 1 mit 1,0 mm Schichtstärke

Material und Methodik

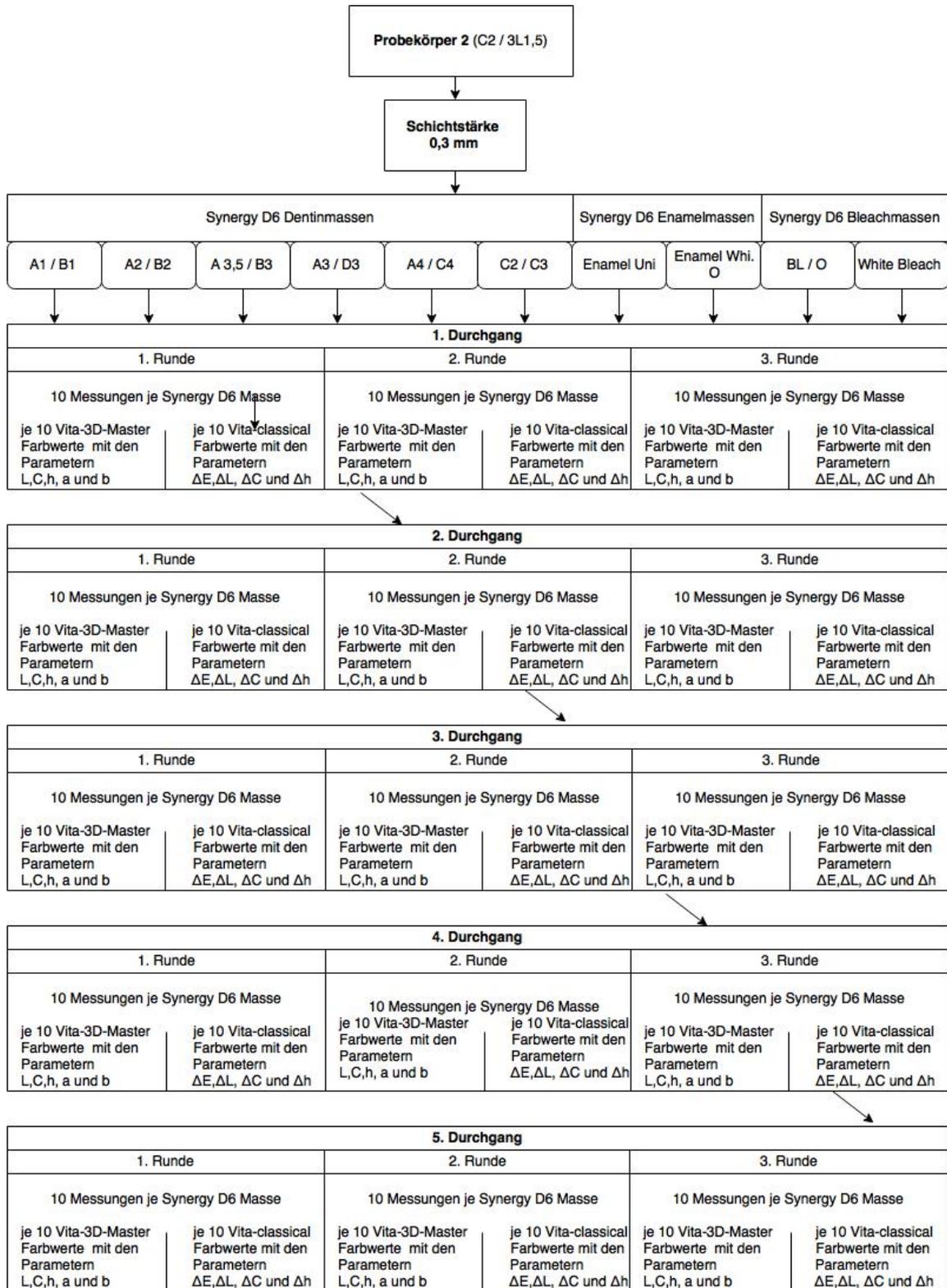


Abbildung 24: Methode der Messergebnisermittlung für den Probekörper 2 mit 0,3 mm Schichtstärke

Material und Methodik

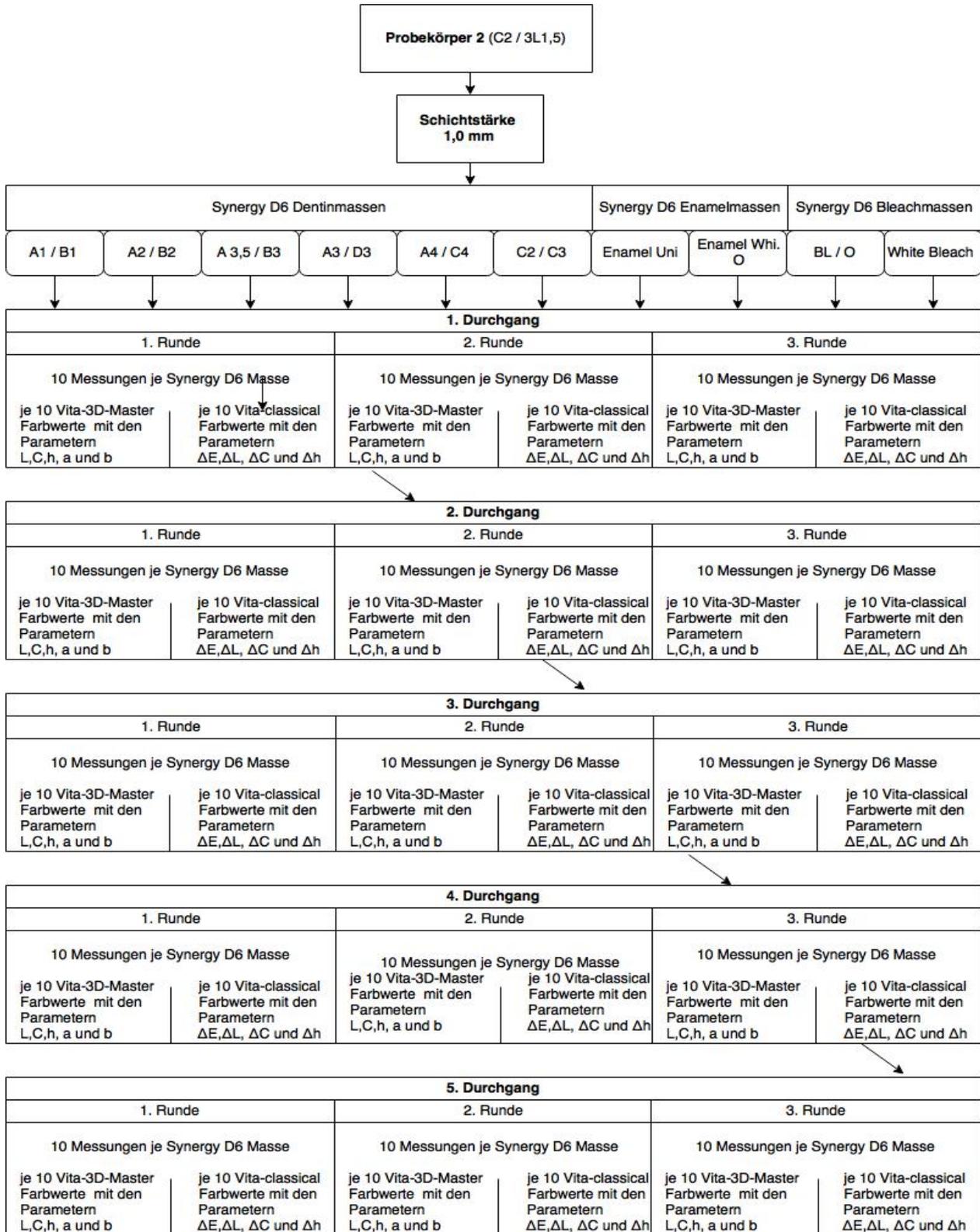


Abbildung 25: Methode der Messergebnisermittlung für den Probekörper 2 mit 1,0 mm Schichtstärke

Ergebnisse

4. Ergebnisse 4.1 Mittelwerte der Vita - 3D - Master Farben

Tabelle 6: Mittelwerte Vita - 3D - Master Farben

Proberkörper	Schichtstärke	Farbe	L	C	h	a	b	3D-Farbe
PK 1	0,3mm	A1/B1	67,8367	10,696	84,744	0,976	10,6507	3M1
		A2/B2	67,7573	10,7887	84,1207	1,1013	10,7267	3M1
		A3,5/B3	67,216	12,6067	85,0927	1,08	12,562	3,5M1
		A3/D3	66,7173	11,074	84,8973	1,0207	11,024	3M1
		A4/C4	66,6913	13,6787	84,7293	1,2527	13,6153	3,5M1
		BL/O	73,7387	5,952	81,4973	0,8767	5,8873	1,5M1
		C2/C3	67,0487	11,896	84,804	1,0647	11,8427	3M1
		Enamel Uni	65,8167	9,996	82,8427	1,2333	9,9173	3M1
		Enamel Whi.O	66,102	7,7353	86,8767	1,09	7,65	3M1
		White Bleach	68,6853	8,1607	82,878	1,0087	8,1067	2M1
PK 2	0,3mm	A1/B1	69,2187	7,6247	86,2353	0,5067	7,6107	2M1
		A2/B2	68,5933	9,0527	85,3827	0,7427	8,5547	2M1
		A3,5/B3	68,13	10,3307	87,256	0,508	10,32	3M1
		A3/D3	67,6627	8,378	86,1927	0,568	8,36	2M1
		A4/C4	67,944	11,4907	86,282	0,708	10,848	3M1
		BL/O	74,864	5,2693	85,1647	0,4413	5,2507	1,5M1
		C2/C3	67,9633	9,0853	86,354	0,578	9,6287	2,5M1
		Enamel Uni	55,6807	6,9993	84,3547	0,686	6,9647	2M1
		Enamel Whi.O	67,178	5,3547	84,0713	0,5627	5,3313	2M1
		White Bleach	69,58	5,7453	84,3927	0,564	5,7133	2M1
PK 1	1,0 mm	A1/B1	69,1827	8,354	87,2867	0,4167	8,4553	2M1
		A2/B2	68,4153	10,3487	86,228	0,676	10,3327	3M1
		A3,5/B3	67,758	12,4873	86,6053	0,7893	12,464	3M1
		A3/D3	67,5133	10,3219	86,73	0,6047	10,3087	3M1
		A4/C4	67,2733	14,126	85,0987	1,2053	14,0787	3,5M1
		BL/O	80,0793	6,9933	86,8373	0,398	7,078	1M1
		C2/C3	67,458	11,8147	86,3813	0,7293	11,7947	3M1
		Enamel Uni	63,836	6,756	80,5287	1,0067	6,8627	3M1
		Enamel Whi.O	65,1107	3,646	81,094	0,556	3,6147	2M1
		White Bleach	71,0127	5,596	85,3207	0,4693	5,5713	2M1
PK 2	1,0 mm	A1/B1	69,798	8,04	88,894	0,08	8,0367	2M1
		A2/B2	68,936	9,1333	86,7453	0,52	9,118	2M1
		A3,5/B3	68,4373	11,148	87,8527	0,4253	11,1433	3M1
		A3/D3	67,7933	9,202	88,2307	0,2767	9,198	3M1
		A4/C4	67,9547	13,6993	86,8153	0,7547	13,68	3,5M1
		BL/O	80,1393	6,9147	88,124	0,228	6,9127	1M1
		C2/C3	67,9013	11,2393	88,0333	0,3953	11,228	3M1
		Enamel Uni	64,2527	4,9373	83,3	0,6213	4,998	2M1
		Enamel Whi.O	65,4073	2,562	89,0807	0,0367	2,5627	1M1
		White Bleach	71,3387	4,672	87,5847	0,192	4,6693	1,5M1

Die statistische Auswertung zeigt einen signifikanten Einfluss des jeweiligen Probekörpers und Kompositmaterials auf die unterschiedlichen Parameter ($p < 0,001$, ANOVA).

Ergebnisse

4.2 Mittelwerte der Vita - classical Farben

Tabelle 7: Mittelwerte Vita - classical Farben

Proberkörper	Schichtstärke	Farbe	ΔE	ΔL	ΔC	Δh	classical Farbe
PK 1	0,3 mm	A1/B1	10,7487	-8,8053	-5,9513	-6,676	C2
		A2/B2	10,7787	-8,888	-5,8587	-7,2793	C2
		A3,5/B3	5,9073	-5,1627	-2,236	-7,2073	C1
		A3/D3	10,338	-8,1773	-5,7427	-6,242	C2
		A4/C4	5,4087	-3,1733	-4,2387	-3,97	C3
		BL/O	14,1067	-12,3113	-6,4367	-14,1093	B1
		C2/C3	6,3653	-5,336	-2,9907	-7,3913	C1
		Enamel Uni	9,0027	-4,0453	-7,9193	-5,8693	C3
		Enamel Whi.O	16,8813	-15,898	-5,2733	-11,862	A1
		White Bleach	14,302	-13,3007	-4,84	-11,122	A1
PK 2	0,3 mm	A1/B1	13,9453	-12,7813	-5,374	-7,734	A1
		A2/B2	14,208	-13,4067	-4,4147	-8,3867	A1
		A3,5/B3	10,646	-8,5053	-6,302	-4,3107	C2
		A3/D3	15,138	-14,3373	-4,622	-7,8733	A1
		A4/C4	10,57	-8,706	-5,782	-5,1427	C2
		BL/O	13,4133	-11,1887	-7,208	-10,6693	B1
		C2/C3	14,6447	-14,0393	-3,9147	-7,6473	A1
		Enamel Uni	16,5267	-15,112	-5,914	-9,5167	A1
		Enamel Whi.O	16,6847	-14,8193	-7,6427	-9,9327	A1
		White Bleach	14,456	-12,4187	-7,254	-9,482	A1
PK 1	1,0 mm	A1/B1	13,6547	-12,8173	-4,5353	-7,1753	A1
		A2/B2	10,44	-8,236	-6,2847	-5,2733	C2
		A3,5/B3	5,3833	-4,6247	-2,3953	-5,6947	C1
		A3/D3	11,1607	-9,1267	-6,318	-4,826	C2
		A4/C4	4,687	-2,5773	-3,7847	-3,6013	C3
		BL/O	8,1967	-5,982	-5,3867	-9,1393	B1
		C2/C3	5,9493	-4,916	-3,0327	-5,7607	C1
		Enamel Uni	12,5967	-5,942	-10,9653	-7,01	C3
		Enamel Whi.O	19,376	-16,8893	-9,3547	-12,6533	A1
		White Bleach	13,314	-10,8427	-7,4013	-8,5753	A1
PK 2	1,0 mm	A1/B1	13,216	-12,202	-4,962	-4,5713	A1
		A2/B2	13,6873	-13,0507	-3,8667	-7,2107	A1
		A3,5/B3	9,9067	-8,204	-5,4847	-3,6467	C2
		A3/D3	14,0547	-13,1347	-4,5247	-5,2693	A1
		A4/C4	4,8213	-4,4313	-1,1767	-5,4833	C1
		BL/O	8,2413	-5,924	-5,5633	-7,876	B1
		C2/C3	10,3187	-8,8107	-5,44	-3,468	C2
		Enamel Uni	14,0807	-5,612	-12,8807	-5,394	C3
		Enamel Whi.O	22,4293	-20,25	-9,9227	-6,672	B1
		White Bleach	16,7033	-14,4087	-7,7153	-8,4153	B1

Die statistische Auswertung zeigt einen signifikanten Einfluss des jeweiligen Probekörpers und Kompositmaterials auf die unterschiedlichen Parameter ($p < 0,001$, ANOVA).

Ergebnisse

4.3 Ergebnisse der Vita - 3D - Master Farbmessungen

Ausgerichtet auf die Hypothese und Zielstellung lassen sich aus den Messreihen folgende Vergleichstabellen ableiten.

Tabelle 8: Wirkweise des Probekörperfarbtons auf die erzielte Zahnfarbe

Synergy D6 Komposite	Probekörper 1 4L2,5 (A4)	Probekörper 2 3L1,5 (C2)
A1 / B1	3M1 bzw. 2M1	2M1
A2 / B2	3M1	2M1
A3 / D3	3M1	2M1 bzw. 3M1
A3,5 / B3	3,5M1 bzw. 3M1	3M1
C2 / C3	3M1	2,5M1 bzw. 3M1
A4 / C4	3,5M1	3M1 bzw. 3,5M1
Enamel universal	3M1	2M1

Tabelle 9: Probekörper 1 (Grundfarbe 4L2,5)

Synergy D6 Komposite	gemessene Vita - 3D - Master - Zahnfarbe	
	Schichtstärke 0,3 mm	Schichtstärke 1,0 mm
A1 / B1	3M1	2M1
A2 / B2	3M1	3M1
A3 / D3	3M1	3M1
A3,5 / B3	3,5M1	3M1
C2 / C3	3M1	3M1
A4 / C4	3,5M1	3,5M1
Enamel universal	3M1	3M1
Enamel White Opalescent	3M1	2M1
Bleach Opaque	1,5M1	1M1
White Bleach	2M1	2M1

Ergebnisse

Tabelle 10: Probekörper 2 (Grundfarbe 3L1,5)

Synergy D6 Komposite	gemessene Vita - 3D - Master - Zahnfarbe	
	Schichtstärke 0,3 mm	Schichtstärke 1,0 mm
A1 / B1	2M1	2M1
A2 / B2	2M1	2M1
A3 / D3	2M1	3M1
A3,5 / B3	3M1	3M1
C2 / C3	2,5M1	3M1
A4 / C4	3M1	3,5M1
Enamel universal	2M1	2M1
Enamel White Opalescent	2M1	1M1
Bleach Opaque	1,5M1	1M1
White Bleach	2M1	1,5M1

Tabelle 11: Wirkung der Synergy D6 Komposite nach ihrer Schichtstärke auf die erzielte Zahnfarbe

Synergy D6 Komposite	Probekörper 1 4L2,5 (A4)		Probekörper 2 3L1,5 (C2)	
	Schichtstärke		Schichtstärke	
	0,3 mm	1,0 mm	0,3 mm	1,0 mm
A1 / B1	3M1	2M1	2M1	2M1
A2 / B2	3M1	3M1	2M1	2M1
A3 / D3	3M1	3M1	2M1	3M1
A3,5 / B3	3,5M1	3M1	3M1	3M1
C2 / C3	3M1	3M1	2,5M1	3M1
A4 / C4	3,5M1	3,5M1	3M1	3,5M1
Enamel universal	3M1	3M1	2M1	2M1
Enamel White Opalescent	3M1	2M1	2M1	1M1
Bleach Opaque	1,5M1	1M1	1,5M1	1M1
White Bleach	2M1	2M1	2M1	1,5M1

Ergebnisse

4.4 Ergebnisse der Vita - classical Farbmessungen

Tabelle 12: Wirkweise des Probekörperfarbtone auf die erzielte Zahnfarbe

Synergy D6 Komposite	Probekörper 1 A4	Probekörper 2 C2
A1 / B1	C2 bzw. A1	A1
A2 / B2	C2	A1
A3 / D3	C2	A1
A3,5 / B3	C1	C2
C2 / C3	C1	A1 bzw. C2
A4 / C4	C3	C2 bzw. C1
Enamel universal	C3	A1 bzw. C3

Tabelle 13: Probekörper 1 (Grundfarbe A4)

Synergy D6 Komposite	gemessene Vita - classical - Zahnfarbe	
	Schichtstärke 0,3 mm	Schichtstärke 1,0 mm
A1 / B1	C2	A1
A2 / B2	C2	C2
A3 / D3	C2	C2
A3,5 / B3	C1	C1
C2 / C3	C1	C1
A4 / C4	C3	C3
Enamel universal	C3	C3
Enamel White Opalescent	A1	A1
Bleach Opaque	B1	B1
White Bleach	A1	A1

Ergebnisse

Tabelle 14: Probekörper 2 (Grundfarbe C2)

Synergy D6 Komposite	gemessene Vita - classical - Zahnfarbe	
	Schichtstärke 0,3 mm	Schichtstärke 1,0 mm
A1 / B1	A1	A1
A2 / B2	A1	A1
A3 / D3	A1	A1
A3,5 / B3	C2	C2
C2 / C3	A1	C2
A4 / C4	C2	C1
Enamel universal	A1	C3
Enamel White Opalescent	A1	B1
Bleach Opaque	B1	B1
White Bleach	A1	B1

Tabelle 15: Wirkung der Synergy D6 Komposite nach ihrer Schichtstärke auf die erzielte Zahnfarbe

Synergy D6 Komposite	Probekörper 1 (A4)		Probekörper 2 (C2)	
	Schichtstärke		Schichtstärke	
	0,3 mm	1,0 mm	0,3 mm	1,0 mm
A1 / B1	C2	A1	A1	A1
A2 / B2	C2	C2	A1	A1
A3 / D3	C2	C2	A1	A1
A3,5 / B3	C1	C1	C2	C2
C2 / C3	C1	C1	A1	C2
A4 / C4	C3	C3	C2	C1
Enamel universal	C3	C3	A1	C3
Enamel White Opalescent	A1	A1	A1	B1
Bleach Opaque	B1	B1	B1	B1
White Bleach	A1	A1	A1	B1

4.5 Vergleich der Vita - 3D - Master mit den Vita - classical Farbergebnissen

Beim direkten Vergleich der errechneten Mittelwerte beider Farbsysteme war zu erkennen, dass es eine mehrheitliche Reihe von logischen Übereinstimmungen aber zugleich auch deutliche Widersprüche gab.

Charakteristisch war, dass sich die ermittelten 3D - Master Werte in einem relativ engen Spektrum von 1M1, 1,5M1, 2M1, 2,5M1, 3M1 und 3,5M1 befanden.

Deutlich weiter lagen die Mittelwerte der Vita - classical Farben auseinander.

Sie bewegten sich von B1 und A1 über C1 und C2 bis hin zu C3.

Wie im Punkt 3.1.5 zur Methodik der Vergleichbarkeit beider Farbsysteme dargestellt, bildete die annähernde empirische Farbenvergleichsliste der Zahntechniker (Tab. 3) die Grundlage, die ermittelten Messergebnisse im Vita - 3D - Master und im Vita - classical - Farbsystem gegenüberzustellen und vergleichbar zu machen.

Mit 24 direkten bzw. indirekten (zugeordneten) Übereinstimmungen der untersuchten 40 Fallbeispiele überwog die zu erwartende Identität.

Zulässig sollte es sein, die Vita - 3D - Master Farben mit der Dezimale 5 dem jeweils ganzen Zähler zuzuordnen, da wie in Folge ersichtlich wird, das 3D - Master - Farbsystem deutlich feingliedriger strukturiert ist.

Tabelle 16: Übereinstimmungen in den Messungen

Anzahl	3D - Farbe	Zuordnung lt. Tab. 3	Vita - classical Farbe
3	1M1	B1	B1
3	1,5M1		
12	2M1	A1	A1
1	2,5M1		
3	3M1	C1	C1
2	3,5M1		

Auffällig war bei der Anzahl der Übereinstimmungen, dass sie sich in der Beurteilung nach Helligkeit in einem relativ engen Rahmen, nur B1, A1 und C1, bewegten.

Demgegenüber zeigten die 16 auftretenden Widersprüche gravierende Unterschiede in der Farbbestimmung beider Systeme. Am extremsten war der Widerspruch zwischen A1 und C3, wie aus der Tab. 17 ersichtlich ist.

Ergebnisse

Tabelle 17: Unterschiede in den Messungen

Anzahl	3D - Farbe	Zuordnung lt. Tab. 3	Vita - classical Farbe
9	3M1	C1	C2
1	3M1	C1	A1
4	3M1	C1	C2
1	3,5M1	C1	C2
1	2M1	A1	C3

Ergebnisse

4.6 Wertung der Vita - classical Farbmessungen

4.6.1 Einfluss der Grundfarbe des Probekörpers auf die gemessene Vita - classical - Zahnfarbe

Wie im Punkt 3.1 beschrieben, wurden die beiden Probekörper mit einer deutlich sichtbaren Farbdifferenz hergestellt.

Der Probekörper 1 entsprach dabei der Vita - classical Farbe A4 und der Probekörper 2 der Farbe C2.

Erwartungsgemäß zeigten die Ergebnisse von 28 der 40 durchgeführten Fallbeispiele, dass die Grundfarben der Probekörper einen direkten Einfluss auf die erzielte Zahnfarbe hatten.

Ausgeschlossen aus der Beurteilung wurden die 12 Fallbeispiele mit den Synergy D6 Bleichfarbtönen Bleach Opaque und White Bleach sowie die Enamelmasse Enamel White Opalescent.

Zur Begründung wird auf den Punkt 4.6.3 verwiesen.

Folgende Messergebnisse wurden in den 28 Fallbeispielen erzielt:

Tabelle 12: Wirkweise des Probekörperfarbtons auf die erzielte Zahnfarbe

Synergy D6 Komposite	Probekörper 1 (A4)	Probekörper 2 (C2)
A1 / B1	C2 bzw. A1	A1
A2 / B2	C2	A1
A3 / D3	C2	A1
A3,5 / B3	C1	C2
C2 / C3	C1	A1 bzw. C2
A4 / C4	C3	C2 bzw. C1
Enamel universal	C3	A1 bzw. C3

Im direkten Vergleich der gemessenen Ergebnisse wurde deutlich, dass der hellere Probekörper 2 (Grundfarbton C2) auch zu helleren Zahnfarbergebnissen führte.

Eine Ausnahme bildete dabei das Synergy D6 Komposit Enamel universal, das offensichtlich nicht losgelöst von der aufgetragenen Schichtstärke beurteilt werden kann und so die Vita - classical - Zahnfarbe A1 und C3 bewirkte.

Bei Berücksichtigung dieser Aussage befanden sich alle gemessenen Vita - classical - Zahnfarben am Probekörper 2 (Grundfarbton C2) im Bereich C2 und heller, fünfmal dabei A1.

Ergebnisse

Die Palette der gemessenen Zahnfarben am dunklerem Probekörper 1 erstreckte sich dagegen nur auf die Farben C1, C2 und C3.

Außerhalb dieses Standards bewegte sich der gemessene Wert A1 mit dem Komposit der Farbe A1 / B1, der offensichtlich aus der aufgetragenen Schichtstärke resultierte.

4.6.2 Einfluss der Synergy D6 Kompositschichtstärke auf die gemessene Vita - classical - Zahnfarbe

Die Versuchsreihe der 40 Fallbeispiele beinhaltete die Messung der Vita - classical - Zahnfarben in zwei Schichtstärken zwischen Zahnstumpf (Probekörper) und Veneer. Ausgehend von einer praxisnahen Anwendung wurden dabei die Schichtstärke 1 auf 0,3 mm und die Schichtstärke 2 auf 1,0 mm definiert und mit dem jeweiligen Synergy D6 Komposit gefüllt (vgl. auch Punkt 3.1.2). Dabei sollte sich die Hypothese bestätigen, dass die Schichtstärke grundsätzlich entscheidenden Einfluss auf die zu erzielende Zahnfarbe hat. Die darauf ausgerichteten Messungen zeigten in Gegenüberstellung folgende Ergebnisse:

Tabelle 13: Probekörper 1 (Grundfarbe A4)

Synergy D6 Komposite	gemessene Vita - classical - Zahnfarbe	
	0,3 mm	1,0 mm
A1 / B1	C2	A1
A2 / B2	C2	C2
A3 / D3	C2	C2
A3,5 / B3	C1	C1
C2 / C3	C1	C1
A4 / C4	C3	C3
Enamel universal	C3	C3
Enamel White Opalescent	A1	A1
Bleach Opaque	B1	B1
White Bleach	A1	A1

Ergebnisse

Tabelle 14: Probekörper 2 (Grundfarbe C2)

Synergy D6 Komposite	gemessene Vita - classical - Zahnfarbe	
	Schichtstärke	
	0,3 mm	1,0 mm
A1 / B1	A1	A1
A2 / B2	A1	A1
A3 / D3	A1	A1
A3,5 / B3	C2	C2
C2 / C3	A1	C2
A4 / C4	C2	C1
Enamel universal	A1	C3
Enamel White Opalescent	A1	B1
Bleach Opaque	B1	B1
White Bleach	A1	B1

Deutlich wurde bei den Messungen am dunkleren Probekörper 1 (Grundfarbton A4), dass die unterschiedlichen Schichtstärken, mit der Ausnahme des Synergy D6 Komposits der Vita - classical Farbe A1 / B1, bei einer Schichtstärke von 1,0 mm zu A1 führte, keinen Einfluss auf die erzielten Zahnfarben hatten.

Beim Komposit mit der Dentinfarbe A1 / B1, also einer sehr hellen Farbe, wirkte offensichtlich mit zunehmender Schichtstärke ein verstärkter Aufhellungseffekt, der im Fallbeispiel zur Zahnfarbe A1 führt.

Differenzierter stellte sich der Einfluss der Kompositschichtstärke beim Probekörper 2 (Grundfarbton C2), also einem helleren Untergrund dar.

Während die Schichtstärke der Dentinfarben A1 / B1, A2 / B2, A3 / D3, A3,5 / B3 und des Bleichkomposits Bleach Opaque überhaupt keine Auswirkungen auf die gemessenen Vita - classical - Zahnfarben hatten, gestaltete sich die Beurteilung des Einflusses der aufgetragenen Schichtstärke der anderen fünf Komposite deutlich vielseitiger.

Im Gegensatz zum erwartenden Ergebnis führte der Einsatz des Komposits mit der Dentinfarbe C2 / C3 und des Enamel universal in einer Schichtstärke von 0,3 mm zu einer Aufhellung der vorhandenen Grundfarbe von C2 auf A1.

Ebenso überraschend war das Messergebnis des Enamel universal bei 1,0 mm Schichtstärke. In dieser Größenordnung der Befestigungsstärke verliert das Enamel universal offensichtlich seine Universalität und verdunkelte die vorhandene Grundzahnfarbe von C2 auf C3.

Ergebnisse

Deutlich offensichtlicher dagegen waren die Wandlungen von A1 auf B1 mit zunehmender Schichtstärke der Komposite Enamel White Opalescent und White Bleach.

4.6.3 Einfluss der Synergy D6 Kompositfarben auf die gemessene Vita - classical - Zahnfarbe

Der dritte entscheidende Faktor für eine gelungene ästhetische Restauration von Zähnen mit Veneers aus Sicht der farblichen Anpassung ist der Einsatz des farblich geeigneten Synergy D6 Komposits.

Die Palette bietet dabei wie im Punkt 3.1.3 bereits vorgestellt, die sechs Dentinfarben A1 / B1, A2 / B2, A3 / D3, A3,5 / B3, C2 / C3 und A4 / C4, die zwei Enamelmassen Enamel Universal und Enamel White Opalescent sowie die Bleichfarbtöne Bleach Opaque und White Bleach zur Auswahl.

Gegenstand der Untersuchungen war hier insbesondere der Nachweis des direkten Einflusses der Kompositfarben auf die zu erzielende Zahnfarbe, gemäß der in der Zielsetzung formulierten Hypothese.

Beim Einsatz dieser Materialien wurden in den durchgeführten 40 Fallbeispielen die nachfolgend dargestellten Vita - classical - Zahnfarben gemessen.

Tabelle 15: Wirkung der Synergy D6 Komposite nach ihrer Schichtstärke auf die erzielte Zahnfarbe

Synergy D6 Komposite	Probekörper 1 (A4)		Probekörper 2 (C2)	
	Schichtstärke		Schichtstärke	
	0,3 mm	1,0 mm	0,3 mm	1,0 mm
A1 / B1	C2	A1	A1	A1
A2 / B2	C2	C2	A1	A1
A3 / D3	C2	C2	A1	A1
A3,5 / B3	C1	C1	C2	C2
C2 / C3	C1	C1	A1	C2
A4 / C4	C3	C3	C2	C1
Enamel universal	C3	C3	A1	C3
Enamel White Opalescent	A1	A1	A1	B1
Bleach Opaque	B1	B1	B1	B1
White Bleach	A1	A1	A1	B1

Ergebnisse

Bei der Auswertung der dargestellten Messergebnisse wurde sehr deutlich, dass die Bleichfarbtöne Bleach Opaque, White Bleach sowie die Enamelmasse Enamel White Opalescent ihrem Ziel entsprechend die hellsten Vita - classical - Zahnfarben B1 und A1 erzeugen.

Enamel White Opalescent und White Bleach zeigten dabei identische Resultate, die auch logisch mit zunehmender Schichtstärke zu der Vita - classical - Zahnfarbe B1 auf hellerem Zahnuntergrund (Grundfarbton C2) führten.

Weitaus differenzierter waren die Wirkungen der anderen sieben Synergy D6 Komposite zu betrachten. Auffallend dabei war, dass fast alle Dentinfarben eine aufhellende Wirkung auf die ursprüngliche Zahnfarbe (Probekörper 1 (A4) und Probekörper 2 (C2)) hatten.

Grundsätzlich trat dieser Effekt bei den Kompositen mit den Farben A1 / B1, A2 / B2, A3 / D3, C2 / C3 und A4 / C4 auf. Das Komposit der Farbe A3,5 / B3 zeigte diese Wirkung ausschließlich auf dunklerem Untergrund (A4).

Besonders bemerkenswert war zugleich die Erkenntnis aus den Messungen, dass drei der Dentinfarben (A3 / D3, A3,5 / B3, A4 / C4) grundsätzlich hellere Zahnfarben, nämlich A1, C1, C2 bzw. C3 bewirkten.

Diese Wirkung zeigte sich bei dem Komposit A2 / B2 nur auf hellerem Untergrund (Grundfarbton C2) zu A1. Für die Dentinfarbe C2 / C3 traf das, mit Ausnahme einer Schichtstärke von 1,0 mm auf hellem Untergrund, ebenso zu. Sie erzielte die Zahnfarben A1 und C1.

Dem gegenüber waren die Farbwirkungen der Komposite A1 / B1, A3,5 / B3 und des Enamel universal direkt abhängig von der zu restaurierenden Zahnfarbe sowie ihrer Schichtstärke.

Während das Komposit mit der Zahnfarbe A1 / B1 bei einem dunkleren Präparationszahn (A4) und in geringer Schichtstärke die eigene Farbintensität auf C2 verdunkelte, hellte es bei stärkerer Schichtstärke und auf hellerem Untergrund generell zur Vita - classical Farbe A1 auf.

Ähnlich zeigte sich die Wirkung der Dentinfarbe A3,5 / B3 nach dem Auftragen auf dunklerem Untergrund (A4). Hier ergab sich eine deutliche Aufhellung auf C1.

Auf hellerem Untergrund wirkte das Komposit neutral, bei Beibehaltung der Farbe des Präparationszahnes (im Fallbeispiel Probekörper 2 mit der Grundfarbe C2).

Ergebnisse

Entgegen den zu erwartenden Ergebnissen zeigten die Messungen bei der Enamelmasse Enamel universal extreme Aufhellungseffekte bei hellem Untergrund (Grundfarbton C2) und einer Schichtstärke von 0,3 mm auf A1, sowie geringe Aufhellungen unabhängig von der Schichtstärke auf dunklerem Untergrund (Grundfarbton A4) auf C3.

Bei höherer Schichtstärke (1,0 mm) auf einem hellerem Präparationszahn (C2) trat dagegen eine Verdunkelung, im Fallbeispiel von C2 auf C3, ein.

5. Diskussion

5.1 Begründung des Versuchsaufbaus

Eingeordnet in die Zielsetzung der in - vitro - Studie wurde der Schwerpunkt bei der Entscheidung für den Versuchsaufbau auf die Erlangung möglichst objektiver Messergebnisse und den Ausschluss subjektiver Farbwertungen gelegt.

Als Grundlage dafür galt es direkt vergleichbare Ausgangspositionen für die einzelnen Fallbeispiele bzw. Messungen zu schaffen.

Einer der dafür wesentlichen Aspekte war die Herstellung der Probekörper aus dem gleichen Komposit Synergy D6 der Firma Coltene Whaledent wie die in der Studie zu beurteilenden Befestigungskomposite. Damit war gesichert, dass sowohl die Probekörper als auch die Befestigungskomposite eine Übereinstimmung in der Definition der Vita - classical Farbe besaßen.

Zugleich war im Gegensatz zur möglichen Verwendung realer Zähne damit die Voraussetzung gegeben, nach der Entfernung der Klebungen auf einen unverfälschten Untergrund (Farbstabilität des Grundfarbtones, Beibehaltung gerader, glatter Oberfläche) zurückgreifen zu können.

Die Farbdifferenzierung zwischen dem aus dem Komposit mit der Vita - classical Farbe A4 / C4 hergestellten Probekörper 1, mit seiner Endfarbbestimmung A4, und dem Probekörper 2 in seiner Endfarbbestimmung C2 (hergestellt aus dem Komposit Synergy D6 mit den Dentinfarben A2 / B2) wurde dabei bewusst gewählt, weil diese einen möglichst großen Farbabstand bei hohem klinischen Bezug besitzen.

Die Auswahl des dem Compreneers® äquivalenten Veneerplättchens universal erfolgte primär deshalb, weil dieses farbneutral ist und eine maximale Klebekontaktfläche bei gleichmäßig paralleler Schichtstärke des Befestigungskomposits auf den Probekörpern garantiert.

Bewusst bestimmt wurden die mit dem Befestigungskompositen Synergy D6 aufzufüllenden Abstände. Die Schichtstärke von 0,3 mm entspricht dem Prinzip der Basispräparation (vgl. 1.2.4.2) für Veneers bei der ein möglichst geringer Zahnhartsubstanzabtrag erfolgt (Schmidseder et al. 2008).

Der Schichtstärke von 1,0 mm verkörpert ein Mittelmaß der invasiven Präparation bei der 0,9 mm und mehr Zahnschicht abgetragen werden (Schmidseder et al. 2008).

Diskussion

Die für die Versuchsdurchführung ausgewählten Befestigungskomposite Synergy D6 der Firma Coltene Whaledent erschienen besonders geeignet, da sie in ihrer Farbpalette die Vita - classical Farben A1 / B1, A2 / B2, A3 / D3, A3,5 / B3, C2 / C3, A4 / C4, mit ihren Enamelmassen Enamel universal und Enamel White Opalescent sowie mit den Bleichtönen White Bleach und Bleach Opaque die klinische Bedarfsfarbskala abdecken. Das hat sich letztlich auch im Ergebnis der durchgeführten Untersuchung bestätigt.

Zur exakten Farbbestimmung standen vor Versuchsbeginn zwei Messgeräte zur engeren Wahl:

- a) das Trios der Firma 3Shape
- b) das Vita Easyshade Compact

Ausschlaggebend für die Nutzung des Vita Easyshade Compact Spektrophotometers in der in - vitro - Studie waren vor allem:

- Seine Exaktheit in den Messungen sowie die existierenden positiven Erfahrungen mit dem Gerät in der Zahnmedizin und Zahntechnik (Paul et al. 2004).
- Seine hohen Übereinstimmungswerte bei der Bestimmung insbesondere von Zahnfarben mit 93,3 % (Paul et al. 2002).
- Seine hohe Genauigkeit bei der Bestimmung der Vita - classical Farben bei gleichzeitiger Messung der Vita - 3D - Masterfarben (Lagouvardos et al. 2009).

Zur Erhöhung der Aussagekraft und der Reduzierung von Mess- und Ablesefehlern wurde jedes Fallbeispiel 150 mal gemessen und jeder Messwert tabellarisch erfasst (vgl. 4.1).

Im Ergebnis wurde über das Statistikprogramm SPSS eine Mittelwertberechnung vorgenommen, die anhand der Anzahl der erfassten Werte als aussagefähig beurteilt werden kann. Mittels Kolmogorov - Smirnov - Test wurde überprüft, dass die Verteilung der Ergebnisse einer theoretischen Normalverteilung entsprach. Der Tukey`s Studentized Range Tests bestätigte ein Signifikanzlevel von 5%.

Messfehler, die sich aus unterschiedlich farbigem Untergrund ergeben konnten, wurden durch einheitlichen schwarzen Hintergrund ausgeschlossen.

Nicht ausgeschlossen werden können Differenzen, die sich aus eventuellen Abweichungen des jeweiligen Messpunktes im Zentrum des Veneerplättchens ergeben. Durch die genutzte Schablone wurde verstärkt auf die Einhaltung des Messpunktes geachtet. Jedoch bereits geringste Abweichungen von der zu messenden Fläche können Einfluss auf das jeweilige Messergebnis nehmen (Browning et al.).

5.2 Die Entscheidung zur ausschließlichen Wertung der Messergebnisse nach dem Vita - classical - Farbsystem

Wie im Gliederungspunkt 4.5 deutlich wurde, sind direkte Vergleiche der Ergebnisse im Vita - 3D - Master und im Vita - classical - Farbsystem nur bedingt möglich.

Ursachen der logischen Übereinstimmung aber auch der Widersprüche, liegen vordergründig in der Entstehung, Entwicklung und im Gegenstand der Aussage beider Farbsysteme.

Während das Vita - 3D - Farbsystem mit wissenschaftlicher Akribie und einer exakten Messung der Werte L, C, h, a und b die Lage der Farbe im Raum bestimmt (vgl. Pkt. 1.2.1.1 und 1.2.1.2) (Baltzer 2007), basiert das Vita - classical - Farbsystem ausschließlich auf empirischer Grundlage (Stoll et al. 2008, Greenwall 2001).

Seit 1956 werden die Zahnfarben in diesem System nach vorherrschenden Grundtönen eingeordnet.

Tragendes Element und vielfach in der ersten Farbbestimmung ausschlaggebend ist dabei der Grad der Helligkeit und die Leuchtkraft, wie die nachfolgende Abbildung 26 zeigt.



Abbildung 26: Vita - classical Farben nach Helligkeit angeordnet

Diskussion

Alle Bemühungen, Informationen zu den Vita - Zahnfarben zugeordneten Werten von L, C und h zu erhalten, führten zu dem Ergebnis, dass eine direkte Zuordnung zum heutigen Zeitpunkt nicht gegeben ist bzw. nicht veröffentlicht wird.

Das nach wie vor auf empirischer Wahrnehmung gestaltete Vita - classical - Farbsystem hat sich dabei weltweit bewährt und bleibt in seiner Form, auch bei weiterer Entwicklung, Maßstab der Zahnfarbbestimmung in der Zahnheilkunde (Paravina et al. 2010).

Ein wesentlicher weiterer Aspekt, der die Übereinstimmung sowie die Widersprüche des direkten Vergleichs beider Farbsysteme begründete, lag in der Farbbestimmung der eingesetzten Synergy D6 Komposite.

Auch deren Farbzurordnung basiert auf dem Vita - classical - Farbsystem.

Ableitend aus den Unterschieden beider Farbsysteme war erkennbar, dass ein direkter Ersatz des einen durch das andere sich ausschließt.

Das Vita - classical - Farbsystem hat sich über Jahrzehnte weltweit etabliert und bewährt, wird in der übergroßen Mehrzahl der Zahnarztpraxen angewendet und erfüllt die Anforderungen für eine Veneer - Restauration.

Unter diesen Aspekten erfolgte die Auswertung der ermittelten Farbwerte praxisnah und ausschließlich auf Grundlage der Vita - classical Farben.

5.3 Beurteilung der Grundfarben der Probekörper, der Kompositschichtstärken und -farben als Einflussfaktoren auf die gemessenen Vita - classical - Zahnfarben

5.3.1 Einfluss der Grundfarben der Probekörper

Wie die Ergebnisse im Punkt 4.6.1 zeigen, ist die Farbe der Probekörper ein entscheidender Faktor für die zu erzielende Vita - classical - Zahnfarbe. Charakteristisch ist dabei, dass ein hellerer Probekörper grundsätzlich auch hellere Zahnfarben bewirkt und dabei sogar die Synergy D6 Kompositfarben zusätzlich aufhellt. Diese Wirkung ist bei dunklem Probekörper, hier in der Zahnfarbe A4, nicht ausgeprägt. Die bewusste Farbdifferenzierung zum hellerem Probekörper (C2) macht somit deutlich, dass eine weitere Diversität des Grundfarbtons eines Probekörpers zu anderen Zahnfarb-ergebnissen führen kann.

Für die praktische Arbeit bei der Restauration von Zähnen mit Veneers lässt sich aus dem Vergleich beider Probekörper in Kombination mit den sechs Synergy D6 Dentinfarben und der Enamelmasse Enamel universal ableiten, dass die genaue farbliche Beurteilung des zu präparierenden Zahnes eine erste wichtige und grundlegende Voraussetzung für die ästhetische Wiederherstellung und Erreichung des gewünschten Farbzieles ist.

5.3.2 Einfluss der Synergy D6 Kompositschichtstärken

Bewusst gewählt wurden zwei deutlich differierende Schichtstärken von 0,3 mm und 1,0 mm. Hintergrund dafür waren ursächlich die im Abschnitt Anwendung und Präparation von Veneers (Punkt 1.2.4) erläuterten praxisnahen Präparationstiefen für Veneers. Hypothetisch wurden diesen Schichtstärken auch farblich unterschiedliche Wirkweisen der Komposite unterstellt. Die Ergebnisse in der in - vitro - Studie zeigten dagegen, dass die Farbwirkungen der Schichtstärken weitaus differenzierter betrachtet werden müssen. Ihre farbliche Wirkung ist komplexer mit dem Farbuntergrund (Farbe der Probekörper) verbunden als zu vermuten war. So wurde deutlich, dass insbesondere bei hellem Untergrund die Kompositschichtstärken einen deutlich höheren Einfluss auf die zu erzielende Zahnfarbe hatten.

Für die klinische Umsetzung der Erkenntnisse aus dem Schichtstärkenvergleich zeigt sich dagegen, dass vor allem für die Restauration von Zähnen mit Veneers an relativ dunklen Zähnen die Schichtstärke des einzusetzenden Komposits eine untergeordnete bzw. gar keine Rolle spielt.

Bei hellerer Zahnschubstanz, ist bereits mit der Präparationstiefe die Auswahl des erforderlichen Synergy D6 Komposits zu beurteilen. Hier liegen teilweise deutliche Unterschiede der Farbwirkung in Abhängigkeit von der zu erwartenden Komposit-schichtstärke.

Somit bestätigte sich die Hypothese des entscheidenden Einflusses der Schichtstärke eines Komposits zur Erzielung der gewünschten Zahnfarbe nur im Bereich eines helleren Zahnstumpfes.

5.3.3 Einfluss der Synergy D6 Kompositfarben

Eine weitere Untersuchung befasste sich mit der Wirkung der verschiedenen dualshade Kompositmassen auf die resultierende Vita - classical - Zahnfarbe im Vergleich zu der Ausgangszahnfarbe A4 des Probekörpers 1 und C2 des Probekörpers 2.

Wie die Ergebnisse im Punkt 4.6.3 zeigen, wurden alle zur Verfügung stehenden Kompositmassen eingesetzt, die Dentinmassen A1 / B1, A2 / B2, A3 / D3, A3,5 / B3, C2 / C3, A4 / C4, die Enamelmassen Enamel universal und Enamel White Opalescent und die Bleachmassen Bleach Opaque und White Bleach. Die erwartete eigenständige Farbwirkung der Komposite kam in der in - vitro - Studie nicht zum Tragen. Deutlicher wurde eine Komplexität von Untergrund, Schichtstärke und Kompositfarbe.

Die aufgezeigten farblichen Wirkweisen der einzelnen Komposite machten deutlich, dass eine Auswahl des erforderlichen Komposits erst nach direkter Abstimmung der vorhandenen Grundfarbe des Präparationszahnes und der tatsächlich erforderlichen Präparationstiefe erfolgen kann.

Bestätigt haben die Untersuchungen, dass die Kompositfarbe maßgeblich Anteil an der zu erzielenden Zahnfarbe hat. Ergänzend zur Bestätigung der in der Zielstellung formulierten Hypothese muss aber hervorgehoben werden, dass in der klinischen Anwendung letztlich immer zu allererst die farbliche Bestimmung des Stumpfes ausschlaggebend für die richtige Entscheidung der einzusetzenden Kompositfarbe bleibt.

Zugleich zeigten die ermittelten Messergebnisse aber auch, dass die mit sechs Dentinfarben, zwei Enamelmassen und zwei Bleichfarben vorhandene Farbpalette von Synergy D6 alle farblichen Anforderungen für die Restauration mit Veneers erfüllen kann.

Im Ergebnis wurden

9 x die Vita - classical Farbe A1

5 x die Vita - classical Farbe C1

9 x die Vita - classical Farbe C2 und

5 x die Vita - classical Farbe C3 gemessen.

Diskussion

Schlussfolgernd kann aus diesem Ergebnis abgeleitet werden, dass insbesondere die 23 gemessenen Werte der Zahnfarben A1, C1 und C2 die natürlichen Anforderungen an die Restauration mit Veneers von Patienten im jungen und mittleren Alter umfassend abdecken, sowie mit den Farben B1 und C3 ergänzen.

Hintergrund der differenzierten Farbwirkung der Enamelmasse universal, welche einen Aufhellungseffekt bei hellem Untergrund (C2) und einer Schichtstärke von 0,3 mm und einen Verdunklungseffekt bei 1,0 mm bedingt, ist vermutlich, dass es ursprünglich nicht solitär, sondern immer in Verbindung mit einer der sechs Dentinfarben in der Schichttechnik eingesetzt werden sollte.

Letztlich bestätigten die Ergebnisse, dass alle Synergy D6 Komposite den klinischen Ansprüchen an eine qualitativ hochwertige, ästhetische und kosmetische Restauration von Zähnen in der modernen Zahnmedizin gerecht werden.

5.4 Potenzial für weiterreichende Untersuchungen

Im Interesse der Erhöhung der Genauigkeiten und der Bestimmung von Grenzwerten für Farbveränderungen der Befestigungskomposite Synergy D6 wären nachfolgende Betrachtungen näher zu prüfen:

1. Die Anzahl der Probekörper mit ihren Grundfarbtönen zwischen den gemessenen Vita - classical - Farbtönen A4 und C2 in gleichmäßigen Abständen zu erweitern. Definierbar würden damit die Grenzwerte, an denen direkte Farbveränderungen des jeweiligen Komposits Synergy D6 zu wirken beginnen.
2. Die Differenzierung der Schichtstärke der Befestigungskomposite auf 0,5 mm, 0,8 mm und 1,2 mm mit dem Ziel zu erhöhen, noch detaillierter den Beginn von Farbveränderungen zu erfassen.
3. Die Veränderung der Auflageflächen am Probekörper entsprechend einer realistischen Zahnpräparation und Verwendung von Compreneers® Veneers. Die dem Zahn und Veneer eigene Wölbung, verbunden mit unterschiedlichen Schichtstärken des jeweiligen Befestigungskomposits bewirken Erkenntnisse, die für die klinische Umsetzung als wertvoll zu betrachten sind.
4. Da die Firma Coltene Whaledent neben den verwendeten Veneerplättchen universal auch Veneers in den Farben Bleach Opaque und White Bleach anbietet, wäre zu untersuchen, inwieweit diese integrierte Farbgebung Einfluss auf die Farbwirkungen der einzelnen Befestigungskomposite hat.
5. Die Konzentration der Farbmessungen auf das Vita - classical - Farbsystem, da die praktische Umsetzung in - vivo sich überproportional auf dieses Farbsystem orientiert.

5.5 Schlussfolgerungen aus der in - vitro - Studie für die Umsetzung im klinischen Alltag

Die Bestimmung der Zahnfarbe vor einer konservierenden oder prothetischen Behandlung findet in den Zahnarztpraxen täglich unzählige Male statt. Die Zahnfarbinterpretation ist dabei eine von Erfahrungswerten gestützte Bestimmung, die nicht losgelöst von äußeren Einflüssen wie Farben der Kleidung, Make-up, Lichtverhältnissen und subjektiver Meinung des jeweiligen Zahnarztes und Patienten durchgeführt wird (Culpepper et al. 1970, Heinenberg 1990, Schriever et al. 1993).

Für die meisten Patienten ist die Farbe der Restauration einer der ausschlaggebenden Faktoren für eine positive Bewertung der Behandlung (Schropp 2009).

Ebenso vielschichtig wirken alle biologischen Faktoren des Zahnaufbaus sowie die daraus resultierenden chemischen und physikalischen Eigenschaften wie Transmission, Absorption, Reflexion und Remission des Lichts, die Wölbung des präparierten Zahnes mit seiner nicht konstanten Schichtstärke nach dem Beschleifen.

Die Farbbeurteilung erfolgt in der täglichen Praxis in den seltensten Fällen mit einem Farbmessgerät, sondern vielmehr nach dem subjektiven Empfinden des behandelnden Zahnarztes und des Patienten.

Demgegenüber zählt es zu den gewünschten Vorteilen einer in - vitro - Studie, reproduzierbare, konstante Bedingungen zu gewährleisten und subjektive Einflüsse weitestgehend zu eliminieren. Insofern sind die Ergebnisse dieser durchgeführten in - vitro - Studie nicht 1 : 1 in - vivo zu realisieren.

Sie geben aber klare Orientierung auf zu erzielende Zahnfarben bei Beachtung der Zahngrundfarbe und der Schichtstärke des zu verwendenden Befestigungskomposits Synergy D6 und seiner erforderlichen Dentinfarbe.

Hervorzuheben ist an dieser Stelle die primär wichtige Beurteilung der Farbzuordnung des beschliffenen Zahnes auf eine helle oder dunkle Zahnfarbe. Mit dieser Beurteilung lassen sich entscheidend die Voraussetzungen für die erforderliche Auswahl der Kompositfarbe zu einer gelungenen ästhetischen Restauration schaffen.

Insbesondere ist dabei die Erkenntnis der in - vitro - Studie tragend, dass auf dunklerer präparierter Zahnschicht die Dentinfarbe der Komposite eine untergeordnete Rolle spielen.

Zugleich ist aber auch das Ergebnis dieser Studie für die praktische Anwendung der Komposite Synergy D6 wesentlich, da deutlich wurde, dass mit der vorhandenen Farbpalette alle für eine Versorgung mit Veneers erforderlichen Zahnfarben erzielt werden können.

6. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Eingebettet in die in unserer Zeit ständig anwachsenden Anforderungen an die Zahnmedizin nach neuen, effektiveren und für die Patienten finanzierbaren Methoden der Restauration von Zähnen, insbesondere im Frontzahnbereich, wird in der Dissertation am Beispiel des Veneerssystems Componeers® der Firma Coltene Whaledent untersucht, wie sich unterschiedliche Schichtstärken der Befestigungskomposite Synergy D6 des gleichen Herstellers auf die farbliche Wirkung einer Restauration mit Veneers auswirken.

Dafür wurde in einer in - vitro - Studie der Einfluss klar definierter Schichtstärken zwischen einem Probekörper und einem Veneerplättchen auf die erzielte Zahnfarbe untersucht und gewertet.

Zielstellung der Untersuchung war dabei, den Einfluss exakt bestimmter Schichtstärken der Befestigungskomposite Synergy D6 der Firma Coltene Whaledent zwischen zwei farblich unterschiedlichen Probekörpern und den firmeneigenen präfabrizierten Componeers® universal Kompositsschalen auf die erzielte Zahnfarbe zu untersuchen.

Nachgegangen werden sollte dabei zugleich der Hypothese, dass die Kompositfarben und deren Schichtstärken einen entscheidenden Einfluss auf die zu erzielende Zahnfarbe haben.

Ein Ausgangspunkt der Betrachtung war, dass die Zahnfarbe als solche nicht definiert ist, demgegenüber aber dennoch eine charakteristische und individuelle Farbgebung besitzt. Einflussgrößen wie Transmission, Absorption, Reflexion und Remission von Frequenzbereichen des sichtbaren Lichtspektrums erzeugen durch den anatomischen Aufbau und die uneinheitliche Schichtung der Zahngewebe eine individuelle Zahnfarbe.

Dies kann durch interne und externe Verfärbungen sich weiter individualisieren.

Einen nicht unwesentlichen Einfluss auf die Zahnfarbe des einzelnen Patienten haben dabei seine Mund- und Zahnhygiene.

So vielschichtig und individuell sich die Zahnfarbe darstellt, so verhält es sich auch mit dem Begriff Farbe im Allgemeinen.

Ausgehend vom Terminus Farbe und seiner schwer definierbaren Größe sind in der Geschichte viele Definitionen, Theorien und Systeme entwickelt worden.

Am treffendsten ist dabei die Bestimmung als Sinnesempfindung wie in der DIN - Norm 5033 fixiert (vgl. 1.2.1.1).

Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Als solche ist sie auch im Munsell - Farbsystem gegeben, das eines der bekanntesten, anerkannten und noch heute gültigen Farbsysteme ist.

An ihm orientiert sich einerseits das Dreidimensionale Farbsystem mit seinen Koordinaten L^* , a^* und b^* , das eine Grundlage für die Messungen der durchgeführten in - vitro - Studie war.

Andererseits bildet es auch die Grundlage für die Farbbestimmung des Vita Farbsystems mit seinen Detailwerten L, C und h, das ebenso Gegenstand der untersuchten 40 Fallbeispiele war.

Als geeignetes Messgerät erwies sich das Easyshade Compact der Firma Vita, ein spektrophotometrisches Zahnfarbmessgerät.

Den gewachsenen Anforderungen der Zahnmedizin an die Restauration von Zähnen, vor allem im Frontzahnbereich, bieten Veneers beste Bedingungen.

Sind die Voraussetzungen gegeben, haben sie im Vergleich zu Kronen den Vorteil, dass ausschließlich der vestibuläre Anteil des Zahns präpariert werden muss und damit insgesamt nur in deren Design ein verhältnismäßig geringfügiger Zahnhartsubstanzabtrag erfolgt.

Zugleich erfüllen sie höchste ästhetische Ansprüche, da sie wie ein natürlicher Zahn Transmission, Absorption, Reflexion und Remission zulassen und sich damit unauffällig und harmonisch in die Zahnreihe einfügen.

In der in - vitro - Studie wurden Komposit - Plättchen der Firma Coltene Whaledent vom Typ universal im Interesse der Beurteilung allgemeinsten Veneer - Restaurationen verwendet.

Auf die mikroretentive, hochbenetzbare Innenstruktur von Veneers ausgerichtet, bietet dieses Unternehmen unter anderem die Befestigungskomposite Synergy D6 an, die Gegenstand der Untersuchung waren.

Deren Bestandteil sind sechs Dentinmassen in den Farben A1 / B1, A2 / B2, A3 / D3, A3,5 / B3, C2 / C4 und A4 / C4, zwei Enamelmassen Enamel universal und Enamel White Opalescent sowie zwei Bleichtöne Bleach Opaque und White Bleach.

Im Rahmen der Untersuchung wurden alle zehn Komposite angewendet.

Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Für den Versuchsaufbau wurden zwei Probekörper aus der Kompositenmasse Synergy D6 in farblicher Differenz hergestellt. Für den dunkleren wurde die Vita - classical Farbe A4 und für den helleren die Vita - classical Farbe C2 gemessen.

Ziel war es, mit deutlichem Farbunterschied, Voraussetzungen für die farblichen Wirkweisen aller zehn Synergy D6 Komposite zu schaffen.

Über die Befestigung von vier Abstandhaltern wurde die exakte Schichtstärke von 0,3 mm bzw. 1,0 mm je Versuchsreihe zum Auftragen der Befestigungskomposite und zum Aufsetzen des Kompositplättchens Componeers® universal gesichert.

Die Aushärtung der Komposite erfolgte mittels Polymerisationslampe SmartLite PS.

Ausgehend vom Versuchsaufbau wurden pro Probekörper und zugeordneten Abstand 1500 Messungen mit dem Easyshade Compact, also insgesamt 6000 Messungen durchgeführt.

Aus den damit zur Verfügung stehenden 12.000 Farbwerten mit zugeordneten 54.000 Farbkoordinatenwerten ist über das Statistikprogramm SPSS eine Mittelwertberechnung vorgenommen worden, die die Grundlage der Auswertung bildete.

Beim direkten Vergleich der errechneten Mittelwerte des Vita - 3D - Master und des Vita - classical - Farbsystems war zu erkennen, dass es eine Reihe logischer Übereinstimmungen, zugleich aber auch deutliche Widersprüche gab.

Mit 24 direkten bzw. indirekten (Zuordnung von Farben mit dem Dezimalwert 5 des Vita - 3D - Master - Farbsystems) Übereinstimmungen der untersuchten 40 Fallbeispiele überwog die Identität, war aber nicht eindeutig.

Hinzu kam die Tatsache, dass die 16 auftretenden Widersprüche gravierend differierten, im Extrembeispiel von A1 zu C3.

Dieser Sachverhalt ließ den Schluss zu, dass beide Farbsysteme nicht direkt vergleichbar sind. Der Grund ist vermutlich, dass das Vita - classical - Farbsystem auf empirischer Grundlage entstanden ist und so weiter entwickelt wurde.

In Erkenntnis dessen und im Wissen, dass das Vita - classical - Farbsystem weltweit verbreitet ist und im klinischen Alltag vordergründig Anwendung findet, wurden alle weiteren Wertungen ausschließlich auf dessen Basis weitergeführt.

In der Beurteilung des Einflusses farblich unterschiedlicher Probekörper wurde deutlich, dass ein heller Untergrund (Grundfarbton C2) grundsätzlich auch hellere Zahnfarben nach dem Auftragen der Komposite erzeugt, als ein dunklerer (Grundfarbton A4).

Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

So hellten die Dentinfarben A1 / B1, A2 / B2, A3 / D3, A3,5 / B3, C2 / C3 und A4 / C4 den Grundfarbton des Probekörpers 2 mit dem Grundfarbton C2 grundsätzlich auf A1 (7 mal), C1 (1 mal) und C2 (4 mal) auf. Ähnlich vollzog sich die Farbentwicklung am Probekörper 1 mit der Grundfarbe A4 bei der mit einer Ausnahme (A1) die Vita - classical Farben C1, C2 und C3 gemessen werden konnten.

Beim Vergleich des Einflusses der Kompositschichtstärken (0,3 mm bzw. 1,0 mm) auf den unterschiedlichen Probekörpern zeigte sich überzeugend, dass auf dunklerem Zahnmaterial (Grundfarbton A4) die aufgetragene Schichtstärke des jeweiligen Synergy D6 Komposits im Grunde keine Bedeutung für die zu erzielende Zahnfarbe hatte. Mit Ausnahme des Komposits A1 / B1, das bei 0,3 mm die Vita - classical Farbe C2 und bei 1,0 mm die Farbe A1 erzeugte, gab es bei allen anderen Kompositen unabhängig von der Schichtstärke Farbübereinstimmungen.

Deutlich anders gestaltete sich der Einfluss der Schichtstärken auf hellerem Untergrund des Probekörpers mit seiner Grundfarbe C2.

Fünf der 10 Kompositmassen (C2 / C3, A4 / C4, Enamel universal, Enamel White Opalescent und White Bleach) zeigten hier direkte Abhängigkeit in ihrer Farbwirkung. Das Komposit mit der Dentinfarbe C2 / C3 und die Enamelmasse Enamel universal bewirkten auf diesem Probekörper und bei einer Schichtstärke von 0,3 mm die Vita - classical Farben A1 und bei einer Schichtstärke von 1,0 mm die Farben C2 bzw. C3.

Ein dritter und nicht unbedeutender Faktor für eine gelungene ästhetische Restauration von Zähnen mit Veneers ist der Einsatz des farblich richtig zugeordneten Synergy D6 Komposits.

Die Messergebnisse zeigten sehr deutlich, dass die beiden Bleichfarbtöne White Bleach und Bleach Opaque sowie Enamel White Opalescent ihrem Ziel entsprechend generell die Vita - classical Farben B1 und A1 bewirken.

Gleichzeitig wurde deutlich, dass fast alle Dentinfarben eine aufhellende Wirkung auf die ursprüngliche Probekörperfarbe hatten. Ausnahme bildete das Komposit mit der Farbe A3,5 / B3, das diese Wirkung nur auf dunklerem Untergrund (A4) zeigte.

Ebenso bemerkenswert zeigten die Messergebnisse, dass fünf der Dentinfarben (A1 / B1, A3 / D3, A3,5 / B3, C2 / C3 und A4 / C4), zwei davon in Abhängigkeit von den Schichtstärken (A1 / B1 und A4 / C4), hellere Farben erzeugten, als sie selbst repräsentierten.

Schlussfolgerungen

Die Hypothese, dass die Kompositfarben und deren Schichtstärke einen entscheidenden Einfluss auf die zu erzielende Zahnfarbe haben, bestätigte sich nur zum Teil.

Die in - vitro - Studie machte dazu deutlich:

1. Der erste und bedeutendste Faktor für eine ästhetische Restauration von Zähnen mit Veneers liegt in einer exakten Beurteilung der Zahnfarbe des beschliffenen Zahnstumpfes. Erst nach dessen Beurteilung, ob dunkler oder heller, kann in Abhängigkeit von der Schichtstärke die Kompositfarbe bestimmt werden.
2. Bei dunkleren Farben des Zahnstumpfes (in der Studie A4) haben die Schichtstärken der Komposite im Grunde keinerlei Auswirkungen auf die Erzielung der vorgesehenen Zahnfarbe nach der Restauration.
3. Im Falle von helleren Farben des beschliffenen Zahnes (in der Studie C2) ist es für die Auswahl der erforderlichen Kompositfarbe unabdingbar, die aufzufüllende Schichtstärke zu berücksichtigen. Besonders deutlich trifft das für die verwendeten Dentinfarben C2 / C3 und A4 / C4 zu.
4. Die richtige Auswahl der erforderlichen Farbe des jeweiligen Komposits ist eine dritte wichtige Entscheidung nach Beurteilung der Stumpffarbe und der einzusetzenden Schichtstärke. Ausnahmen bilden die Komposite in den Bleichtönen.
5. Die eingesetzten zehn Synergy D6 Komposite decken im Ergebnis die Farbskala der Vita - classical Farben von B1 über A1, C1, C2 bis zu C3 ab und sichern so die farblichen Anforderungen an eine Restauration von Zähnen mit Veneers der Patienten aller Altersklassen.
6. Für die klinische Umsetzung ergibt sich die Erkenntnis, dass die Reihenfolge, Beurteilung der Farbe des Zahnstumpfes, Berücksichtigung der zu füllenden Schichtstärke und nachfolgende Auswahl der Kompositfarbe unbedingt für eine erfolgreiche ästhetische Restauration zu berücksichtigen ist.

7. Literaturverzeichnis

- 1) Addy M., Shellis R. P., UK 2006
"Interaction between Attrition, Abrasion and Erosion in Tooth Wear, Applied Clinical Research Group, Bristol University Dental School
- 2) Attin T., 1998,
Sicherheit und Anwendung von carbamidperoxidhaltigen Gelen bei Bleichtherapien.
Dtsch Zahnärztl Z 53, 11-16
- 3) Attin T., 2002,
Praxiscoach Bleaching - Das Handbuch für erfolgreiches Bleaching in der Zahnarztpraxis. Schlütersche Verlagsgesellschaft, Hannover
- 4) Attin T, Kielbassa A. M., 1995,
Die Bleichbehandlung - ein fester Bestandteil ästhetischer Zahnheilkunde.
Zahnärztl Mitt 85, 2674-2681
- 5) Baltzer A., 2007, Standardisierung der Zahnfarben: Wunsch- oder Alptraum?
[online Dokument]
- 6) Baltzer A., Kaufmann-Jinoian V., 2004a, Die Bestimmung der Zahnfarbe,
Quintessenz Zahntech, 30 (7): 726-740
- 7) Baltzer A., Kaufmann-Jinoian V., 2004b, Die digitale Farbmessung der Zähne,
Quintessenz Zahntech, 30 (8):834.858
- 8) Browning W.D., Contreras-Bulnes R., Brackett M.G., Brackett W.W.,
Color differences: Polymerized composite and corresponding Vitapan classical shade tab
- 9) Christensen G.J., 1989,
Tooth bleaching, home use products, Clin Res Assoc Newsletter 13, 1-2
- 10) Christensen G. J., 1991,
Home-use bleaching survey, Clin Res Assoc Newsletter 15, 2

Literaturverzeichnis

- 11) Chu S. J., Trushkowsky R. D., Paravina R. D., 2010, Dental color matching instruments and systems, Review of clinical and research aspects, J Dent, 38 (2):e2-16
- 12) Chu S. J., Devigus A., Mielezsko A. J., 2008, Dentale Farbenlehre: herkömmliche Farbbestimmung und Farbkommunikation, Quintessenz Zahntech, 34 (1):28-44
- 13) Coltene / Whaledent AG, 2014, Componeers® Gebrauchsinformation, Altstätten
- 14) Coltene / Whaledent AG, 2015, Synergy D6 Gebrauchsinformation, Altstätten
- 15) Culpepper W. D., 1970,
A comparative study of shade matching procedures J. Prosthet Dent 24, 166-173
- 16) Dietschi D., Fevigus A., 2011, Prefabricated composite veneers: istorical perspectives, indications ans clinical application, Eur J Esthet Dent, 6:178-87
- 17) Densply DeTrey Betriebsanleitung, SmartLite™ PS, Scientific Compendium
- 18) DIN 5033-1 (2009-05): Farbmessung – Teil 1: Grundbegriffe der Farbmatrik
- 19) Erikson H. M., Nordbo H., 1978,
Extrinsic discoloration of teeth.J Clin Periodontol 5, 229-236
- 20) Faber F. - J., 2002,
Stellungnahme der DGZMK „ Die Bestimmung der Zahnfarbe“ DZZ 57 (08)
- 21) Feinman R. A., Madray G., Yarborough D ,1991,
Chemical, optical and physiologig mechanisms of bleaching products: a review.
Pract Periodontics Aesthet Dent 3, 32-36
- 22) Fischer, J., Krämer V., Kappert H.F., 1989,
Qualitative Untersuchungen zur Ober- flächen-Kristallisation dentaler Glaskeramik (Dicor). Dtsch Zahnärztl Z 44: 891 - 893

Literaturverzeichnis

- 23) Fusayama T., 1990
Optimal cavity wall treatment for adhesive restorations.
J Esthet Dent 2:95-99.
- 24) Gängler P., Hoffmann T., Willershausen B., Schwenzer N., Ehrenfeld M., 2005,
Konservierende Zahnheilkunde und Parodontologie,
3. unveränderte Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart
- 25) Geurtens W., Vernieks A. A. ,1986,
Das Bleichen verfärbter Zähne.
ZahnärztlicheWelt 95: 54-56
- 26) Glockner K., Ebelseder K., Städler P.,1997,Das Bleichen von verfärbten
Frontzähnen, Deutsche Zahnärztliche Zeitung, 52: 311-317
- 27) Goldstein R. E., Garber D.A., 1995,
Complete dental bleaching, Quintessence Publishing Co Ltd, Chicago
- 28) Gomes G., Perdigão J., 2014, Prefabricated composite resin veneers--a clinical
review, J Esthet Restor Dent.;26(5):302-13
- 29) Greenwall L., 2001, Bleaching Techniques in restorative Dentistry, London:
Martin Dunitz Verlag
- 30) Guldener P. H. A., Langeland K., 1987,
Endodontologie, 2.Aufl., Thieme Verlag, Stuttgart
- 31) Heinenberg, B.-J., 1990,
Chromascop – der Start in ein neues Farb-System
Die Zahntechnik 47: 218-221
- 32) Hellwig E., Klimek J., Attin T., 2006,
Einführung in die Zahnerhaltung.
4. Aufl., Urban und Fischer Verlag, München

Literaturverzeichnis

- 33) Culpepper, W. D., 1970, A comparative study of shade matching procedures, J. Prosthet Dent 24, 166-173
- 34) Hoffmann A., 2004, Systematische Erforschung und Analyse der Zahnfarbe, Zahnfarbmessung und dentaloptischer Phänomene, Dinslaken, Athene Media Verlagsgesellschaft, S.34ff
- 35) Kielbassa A.M., Wrbas K.T., 2000, Extrinsische und intrinsische Zahnverfärbungen. Teil1: Ursachen. Zahnärztl Welt, 109:177-183
- 36) Lagouvardos P.E., Fougia A.G., Diamantopoulou S.A., Polyzois GL., 2009, Repeatability and interdevice reliability of two portable color selection devices in matching and measuring tooth color. Journal of Prosthetic Dentistry ;101:40–5
- 37) Lindemann W., 2000, Dentalkeramiken - mineralogisch betrachtet. Magaz Zahnheilk Ma- nagem Kultur 5: 280 - 285
- 38) Lips M., 2004, Blondierte Zähne, Zahnärztl. Mitt. 14, 32
- 39) McLean J. W., 1978, Wissenschaft und Kunst der Dentalkeramik, Berlin[u.a.], Quintessenz
- 40) McLean, J. W., 2001, Evolution of dental ceramics in the twentieth century. J Prosthet Dent 85: 61 - 66
- 41) Migliau G., Besharat L. K., Sofan A. A., Sofan E. A., Romeo U., 2016, Endo-restorative treatment of a severely discolored upper incisor: resolution of the "aesthetic" problem through Componeers® veneering System, Ann Stomatol (Roma);6(3-4):113-8
- 42) Muia, P. J., 1982, Die Übertragung der Eigenschaften natürlicher Zähne in die Sprache der Keramik, Die Quintessenz der Zahntechnik 4, 453-464

Literaturverzeichnis

- 43) Munsell A. H., 1929, Book of Colors. A revision and extension of the atlas of the Munsell color system, Munsell Color company, Baltimore
- 44) Nathoo S. A., 1997,
The chemistry and mechanisms of extrinsic and intrinsic discoloration.
J Am Dent Assoc 128, 6-10
- 45) Paravina R. D., O`Neill P. N., Swift E. J. Jr., Nathanson D., Goodcare C. J., 2010,
Teaching of color predoctoral and postdoctoral dental education in 2009,
J Dent, 38 (2):234-40
- 46) Paul S., Peter A., Pietrobon N., Hämmerle C. H., 2002,
Visual and spectrophotometric shade analysis of human teeth. Journal of Dental Research;81:578–82
- 47) Paul S. J., Peter A., Rodoni L., Pietrobon N., 2004,
Conventional visual vs spectrophotometric shade taking for porcelain-fused-to-metal crowns: a clinical comparison. International Journal of Periodontics and Restorative Dentistry;24:222–31)
- 48) Pospiech P., 2004,
Keramisch denken- keramisch rekonstruieren. In: Keramik- Vollkeramik, Ein Kompendium für die keramikgerechte Anwendung vollkeramischer Systeme in der Zahnmedizin.
3M ESPE AG
- 49) Pröbster L., 2000,
Innovative Verfahren in der Zahnheilkunde. Kapitel 9, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg
- 50) Schmidseder, J., Munz, T., 2008,
Ästhetische Zahnmedizin, Georg Thieme Verlag KG, Stuttgart
- 51) Schriever A., Rosiwal S., Becker J., Heidemann D., 1993,
Relative Farbbestimmung dentaler Werkstoffe unter Anwendung spektraler Reflexionsmessungen, Dtsch Zahnärztl Z 48, 167-169

Literaturverzeichnis

- 52) Schropp L., 2009,
Shade matching assisted by digital photography and computer software,
J Prosthodont 18: 235-241
- 53) G. H., Benner K. U., Bergmann M., Koebke J., Koppe T., Mangold U., Sauerbier I.,
Schmidt W., Steiringer B., Stratmann U., Wulfhekel U., 1997, Anatomie für
Zahnmediziner: Lehrbuch und Atlas, Heidelberg: Hüthig Verlag, 332
- 54) Seghi R. R., Johnston W. M., O'Brien W. J., 1986,
Spectrophotometric analysis of color differences between porcelain systems
J Prosth Dent Vol 56 Nr.1, 35-40
- 55) Solheim T., 1988,
Dental color as an indicator of age. Gerodontology 4: 114-118
- 56) Stoll R., Jablonski-momenti A., Stachniss V., 2008, Die Verwendung der
Farbskalen Vitapan classicalal und Vita Bleachingguide 3D-Master zur
Farbkontrolle beim Bleichen vitaler Zähne, Deutsche Zahnärztliche Zeitung,
63:53-59
- 57) Stoll R., Frankenberger R., 2010, Theorie und Praxis der Zahnfarbe für die
restaurative Therapie. Quintessenz 61 (5): 581-585
- 58) Sproull R. C., 1973, Color matching in dentistry. Part I. The threedimensional
nature of color. J Prosthet Dent; 29(4): 416-24
- 59) Stöckli P. W., Ben-Zur E. D., 1994,
Zahnmedizin bei Kindern und Jugendlichen.
Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 155
- 60) Strub J. R., 2005, Artikulatoren, Ästhetik, Werkstoffkunde, festsitzende Prothetik,
Dritte Auflage Berlin [u.a.]: Quintessenz Verlag
- 61) Tinschert J., Natt G., Jorewitz A., Fischer H., Spiekermann H., Marx R., 2000,
Belastbarkeit vollkeramischer Seitenzahnbrücken aus neuen Hartkernkeramiken.
Dtsch Zahnärztl Z 55: 610 - 616

Literaturverzeichnis

- 62) Vita Zahnfabrik H. Rauter GmbH & Co.KG, 2009, Vita Easyshade Compact Gebrauchsinformation
- 63) Winter R., 1993, Visualizing the natural dentition, J Esthet Dent, 5 (3):102-117
- 64) Zanter C., Kielbassa A. M., 2005,
Bleichmittel unter besonderer Berücksichtigung von OTC- Produkten.
Ästhet Zahnmed 2, 15-24

8. Tabellarischer Lebenslauf

Angaben zur Person:

Name: Benjamin Krause
Geburtsdatum: 26.10.1985
Geburtsort: Berlin
Staatsangehörigkeit: deutsch
Eltern: Klaus - Peter Krause
Dr. Cornelia Krause, geb. Oertelt
E-Mail: krausebenjamin@gmx.de

Schulbildung: September 1992 bis Juni 1998
15. Grundschule Berlin-Buch,
August 1998 bis Juli 2005
4. Gymnasium Berlin-Buch

Wehrdienst: Zivildienst, Oktober 2005 bis Juni 2006 an der
Marianne - Buggenhagen - Schule für Körperbehinderte

Berufsausbildung: Zahntechnikerlehre Oktober 2006 bis Februar 2009
beim zahntechnischen Meisterbetrieb IDOMA Werner in
Bernau und der Berufsschule OSZ Johanna - Just in
Potsdam

Berufstätigkeit: Zahntechniker von Februar 2009 bis Oktober
2010 bei der IDOMA Werner Zahntechnik in 16321 Bernau
bei Berlin

Studium: Zahnmedizinstudium an der Martin - Luther - Universität
Halle - Wittenberg, Oktober 2010 bis Dezember 2015

**Berufstätigkeit als
Zahnarzt:** zahnärztlicher Vorbereitungsassistent seit dem 01.03.2016
in Berlin

9. Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, Benjamin Krause, geboren am 26. 10. 1985, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne unerlaubte fremde Hilfe angefertigt habe.

Ich habe mich dabei keiner anderen als der von mir angegebenen Quellen und Hilfen bedient.

A handwritten signature in black ink that reads "B. Krause". The letters are cursive and somewhat stylized.

Berlin, den 01.01.2018

Benjamin Krause

10. Erklärung über frühere Promotionsversuche

Hiermit erkläre ich, Benjamin Krause, geboren am 26.10.1985, bisher an keiner in- und / oder ausländischen Medizinischen Fakultät ein Gesuch um eine Zulassung zur Promotion eingereicht, noch die vorliegende Arbeit als Dissertation vorgelegt zu haben.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'B. Krause', written in a cursive style.

Berlin, den 01.01.2018

Benjamin Krause

11. Danksagung

Mein ganz besonderer Dank gilt

Herrn apl. Prof. Dr. med. dent. habil. C. R. Gernhardt

für die Überlassung dieses interessanten Themas, die kontinuierliche Betreuung und Motivation bei der Anfertigung der Arbeit. Darüber hinaus bedanke ich mich für sein Engagement bei der Vorbereitung und Durchführung der in - vitro - Studie in den Räumlichkeiten der Universitätspoliklinik für Zahnheilkunde und Parodontologie.

Ein großen Dank der Firma Coltene Whaledent für das Bereitstellen der Materialien und für die Unterstützung während dieser Arbeit.

Abschließend gilt ein besonderer Dank meinen lieben Eltern und meinem Bruder, die mich immer großzügig unterstützt haben und mir in schwierigen Situationen den Rücken stärkten. Ohne deren liebevolle Hilfe wäre es mir nicht möglich gewesen meine Ausbildung, das Studium und diese Arbeit zu bestreiten.