

Irena Sailer | Vincent Fehmer | Bjarni Pjetursson



FESTSITZENDE RESTAURATIONEN

KLINISCHE KONZEPTE ZUR
AUSWAHL VON MATERIAL UND
FERTIGUNGSTECHNIK

 QUINTESSENCE PUBLISHING

Berlin | Chicago | Tokio
Barcelona | London | Mailand | Mexiko Stadt | Paris | Prag | Seoul | Warschau
Istanbul | Peking | Sao Paulo | Zagreb



Aus Gründen der besseren Lesbarkeit haben wir im Buch auf die gleichzeitige Verwendung männlicher, weiblicher und weiterer Geschlechterformen verzichtet. Dies impliziert keinesfalls eine Benachteiligung der jeweils anderen Geschlechter. Personen- und Berufsbezeichnungen sind daher in der Regel als geschlechtsneutral zu verstehen.



Ein Buch – ein Baum: Für jedes verkaufte Buch pflanzt Quintessenz gemeinsam mit der Organisation „One Tree Planted“ einen Baum, um damit die weltweite Wiederaufforstung zu unterstützen (<https://onetreeplanted.org/>).

Bibliografische Informationen der Deutschen

Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über [<http://dnb.ddb.de>](http://dnb.ddb.de) abrufbar.



Quintessenz Verlags-GmbH
Ifenpfad 2–4
12107 Berlin
Germany
www.quintessence-publishing.com

Copyright © 2022

Quintessenz Verlags-GmbH, Berlin

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechts ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Lektorat: Sandra Wittmann, Quintessenz Verlags-GmbH, Berlin, Germany

Herstellung und Reproduktionen: Quintessenz Verlags-GmbH, Berlin, Germany

ISBN: 978-3-86867-580-1
Printed and bound in Croatia



Widmung

„Für unsere Familien und Mentoren,
die uns inspiriert haben“
Irena, Vincent und Bjarni



Vorworte



Ich muss zugeben, dass mich die Bitte von Irena Sailer, Vincent Fehmer und Bjarni Pjetursson, ein Vorwort für ihr neues Buch mit dem Titel „Festsitzende Restaurationen“ zu schreiben, überrascht hat. Mein erster Gedanke war: Brauchen wir in der heutigen Zeit noch ein Buch über festsitzende Restaurationen?

Als ich jedoch noch einmal darüber nachgedacht hatte, habe ich meine Meinung schnell geändert: Sie haben Recht. Es ist notwendig – sogar dringend –, ein solches Buch zum jetzigen Zeitpunkt zu veröffentlichen. In vielen Gesprächen mit Kollegen ist mir aufgefallen, wie wenig wir über die bemerkenswerten Produktentwicklungen im Bereich der festsitzenden Restaurationen in den letzten Jahren, aber auch über die Kontroversen rund um dieses Thema wissen. Viele Verfahren und Materialien haben sich in diesem Bereich der Zahnmedizin verändert. Es scheint unerlässlich, der zahnmedizinischen Fachwelt einen Überblick und einen Leitfaden nach dem aktuellen Stand der Technik an die Hand zu geben. Für festsitzende Versorgungen steht eine Vielzahl unterschiedlicher Materialien zur Verfügung. Auch die Herstellungstechniken für festsitzenden Zahnersatz haben sich grundlegend weiterentwickelt und müssen vollständig verstanden werden.

Der praktizierende Zahnarzt sollte ein fundiertes Wissen über die verschiedenen Materialien und Fertigungstechniken für festsitzende Restaurationen haben. Aber – Hand aufs Herz – ist diese Anforderung realistisch? Nur während der Ausbildungsjahre erlernen die Zahnmediziner die Fähigkeit, sich ein fundiertes Wissen über die Zusammensetzung und Verfügbarkeit der verschiedenen Materialien für eine festsitzenden Versorgung, ihre Vor- und Nachteile, ihre unterschiedlichen Anwendungsbereiche und die jeweiligen Fertigungstechniken anzueignen. Die Kombination aus Unterricht, verfügbarer Literatur, Kommunikation und praktischer Erfahrung unter Begleitung durch erfahrene Tutoren ermöglicht es den Zahnärzten, sich eine Meinung über die Goldstandards der restaurativen Behandlung zu bilden. Wenn man die letzten Jahrzehnte der Zahnmedizin betrachtet, ist es offensichtlich, dass ein Zahnarzt kaum in der Lage sein wird, immer auf dem neuesten Stand zu bleiben, was neue Materialien und Herstellungstechniken für festsitzende Restaurationen angeht. Während des gesamten Berufslebens eines Zahnarztes verläuft die Entwicklung

dieser neuen Techniken und Materialien zu schnell und zu intensiv, um stets vollständig informiert zu bleiben.

Deshalb muss der Zahnarzt heutzutage mehr denn je ein Team mit seinem Zahntechniker bilden. Der Zahntechniker ist die Person, die ständig mit zahntechnischen Werkstoffen arbeitet und so ein tiefes Verständnis für die Vor- und Nachteile der jeweiligen Materialien erlangt. Zahntechniker halten täglich Gipsmodelle in der Hand oder betrachten Modelle auf dem Bildschirm; sie sehen die Abplatzungen, die Frakturen und die Probleme der verschiedenen Materialien festsitzender Restaurationen, die während der Herstellung oder des Tragens auftreten können. Sie können sich besser als jeder andere eine Meinung über deren Eignung und Funktionalität bilden. Der kluge und ethisch motivierte Zahnmediziner und Forscher muss ein offenes Ohr für den Zahntechniker und dessen großen Erfahrungs- und Wissensschatz haben.

Irena Sailer, Vincent Fehmer und Bjarni Pjetursson haben sich für ihr Buch für den innovativen Ansatz entschieden, Autoren mit unterschiedlichen Hintergründen auszuwählen. Irena Sailer und Bjarni Pjetursson sind beide hervorragende Kliniker und Forscher. Dennoch war ihnen bewusst, dass für das Gelingen eines solchen Buchprojekts der Beitrag und der Input eines außergewöhnlichen Zahntechnikers unerlässlich sein würde. Sie fanden ihn in Vincent Fehmer. Gemeinsam verfügen sie über das umfassende Wissen und die Erfahrung, ein solches Mammutprojekt zu realisieren. Ich kann es förmlich vor meinen Augen sehen, welche tiefgreifende und intensive Diskussionen sie während des Schreibens dieses Buches geführt haben müssen. Sie wussten, dass einer von ihnen allein niemals in der Lage gewesen wäre, ein solches Projekt auf die Beine zu stellen. Der einzige Weg zum Erfolg bestand darin, sich zu einem Team mit drei außergewöhnlichen Charakteren zusammenzuschließen.

Im Herbst 2019 hatte ich das Vergnügen, zur Hochzeit von Irena und Vincent eingeladen zu sein. Bjarni war der ausgewählte Trauzeuge. Während der fantastischen Feier konnten alle Anwesenden die einzigartige Energie zwischen den Dreien spüren. Sie verbindet mehr als nur Freundschaft. Zwischen ihnen gibt es jede Menge Energie, Emotionen und Freude. Diese Eigenschaften sind notwendig, um ein so wundervolles Team zu bilden und ein so einzigartiges Projekt wie dieses Buch zu schaffen.

Liebe Leserinnen und Leser, nun halten Sie dieses Buch in Ihren Händen. Ich bin überzeugt, dass Sie beim Lesen die Energie und die Begeisterung des Teams dahinter spüren werden. Möge die Faszination für festsitzende Restaurationen auch Sie ergreifen!



Prof. Dr. Markus Hürzeler



Der Fortschritt in der Zahnheilkunde ist heute extrem schnell in Bezug auf die Entwicklung neuer Materialien und Techniken zur Behandlung von Patienten, die einen festsitzenden Zahnersatz wünschen. Der Zahnarzt kann leicht den Überblick über die unzähligen verfügbaren Materialien und die technischen Methoden ihrer Verarbeitung verlieren und sich von dem rasanten, aber dennoch faszinierenden Fortschritt abgehängt fühlen. Hinzu kommt, dass die wissenschaftlichen Fachzeitschriften voll sind mit Artikeln über neue Materialkategorien, neue Materialzusammensetzungen sowie neue Techniken und Methoden der Materialverarbeitung. Für den Zahnarzt wird es immer schwieriger zu entscheiden, welches Material für welche Indikation in der klinischen Praxis am besten geeignet ist. Mit diesem Buch haben die Autoren Irena Sailer, Vincent Fehmer und Bjarni Pjetursson klinisch relevante und nützliche Empfehlungen zusammengestellt, wo und wie man in einer vorliegenden klinischen Situation die optimalen Dentalmaterialien einsetzt. Es repräsentiert eindeutig die aktuelle „Best Practice“ für die Entscheidungsfindung hinsichtlich der Materialwahl bei Patienten, die festsitzende Restaurationen benötigen. Ich bin mir sicher, dass dieses Buch erfahrenen Zahnärzten, Studierenden an zahnmedizinischen Fakultäten sowie in Aufbaustudiengängen helfen wird, ihre Patienten besser zu versorgen.

Das Buch ist in vier Teile aufgeteilt: Im ersten Teil findet man grundlegende Informationen zu den Materialien und den gesamten Herstellungsprozessen, während im zweiten Teil die klinischen Abläufe Schritt für Schritt dargestellt werden. Die umfassende Darstellung mit exzellenten Bildern hilft dem Leser, den Zusammenhang

zwischen der Eingangsdiagnose, den Bedürfnissen des Patienten, der sorgfältigen Indikationsstellung und der optimalen Auswahl der am besten geeigneten Materialien, gepaart mit modernster Fertigungstechnik, zu verstehen. Die Diskussion der klinischen Herausforderungen rund um den Zahnersatz wäre nicht vollständig ohne den dritten Teil, der die wichtigen Fragen der Langzeitbewährung erläutert, und den letzten und vierten Teil, der das Management von Komplikationen beschreibt. Dank ihrer langjährigen Erfahrung in der klinischen Zahnmedizin und ihrer Laufbahn als klinische Forscher verbinden die Autoren in hervorragender Weise klinisches Urteilsvermögen mit wissenschaftlicher Evidenz für die Empfehlungen zum besten Vorgehen bei festsitzenden Restaurationen. Angesichts der wichtigen Rolle, die dentale Implantate heute zur Unterstützung und Verbesserung der gewünschten klinischen Ergebnisse spielen, befasst sich dieses Buch sowohl mit Materialien zur Restauration natürlicher Zähne als auch mit dentalen Implantaten.

Zusammenfassend ist den Autoren zu gratulieren, dass sie einen Leitfaden für die zahnärztliche Gemeinschaft zusammengestellt haben, der eine bessere Gesundheitsversorgung in dieser Ära der rasanten technischen und wissenschaftlichen Entwicklungen auf dem Gebiet der zahnärztlichen Restaurationsmaterialien und ihrer Anwendung in der klinischen Praxis ermöglicht.



Prof. Dr. Dr. h. c. Christoph Hammerle

Jahrzehntelang wurde die restaurative Zahnheilkunde auf Therapiekonzepte ausgerichtet, die sich an rein mechanischen und einfachen materialwissenschaftlichen Aspekten orientierten. In den letzten Jahren wurden diese Konzepte jedoch stark in Frage gestellt und durch biologisch orientierte Behandlungskonzepte ersetzt. „Einen Zahn erhalten, statt ihn zu extrahieren“ wurde zum Paradigma für die restaurative Zahnheilkunde. In diesem Sinne wurde das Setzen von Implantaten zu einem Konzept, fehlende Zähne zu ergänzen, anstatt sie zu ersetzen. Die natürlichen Zähne erlebten eine Renaissance in ihrer Bedeutung und Priorität im Konzept der Gesamtversorgung der Patienten und der Erhaltung des Gebisses für ein ganzes Leben.

Bei der Wiederherstellung eines kompromittierten Gebisses wird den parodontalen Aspekten der Pfeilerzähne und der endgültigen Restaurationen große Aufmerksamkeit geschenkt. Es wurde erkannt, dass Erkrankungen der Mundhöhle (mit Ausnahme von Traumata und Malignomen) opportunistische Infektionen darstellen, die erfolgreich behandelt werden müssen, bevor Restaurationen eingegliedert werden können. Der Grundsatz „Baue niemals ein Haus auf Sand, sondern auf ein solides Fundament“ wurde eingeführt und konsequent in der restaurativen Zahnheilkunde umgesetzt. Dies wiederum bedeutete, dass die parodontale und endodontische Behandlung vor der prothetischen Rehabilitation erfolgreich abgeschlossen sein musste.

Gleichzeitig wurden enorme Fortschritte bei der Entwicklung von Dentalmaterialien erzielt, die das natürliche Gebiss in Bezug auf Ästhetik und Funktion nachahmen können. Diese Techniken erfordern hochqualifizierte Zahntechniker und profunde Kenntnisse über Dentalmaterialien, um in der klinischen Arbeit angewendet werden zu können.

Es ist offensichtlich, dass ein modernes Lehrbuch zur restaurativen Zahnheilkunde auf den oben diskutierten

biologischen Prinzipien basieren muss. Während eine Vielzahl von Büchern einzelne Aspekte der prothetischen Restauration behandeln, gibt es nur wenige Lehrbücher, die einen umfassenden Überblick über das gesamte Gebiet der oralen Rehabilitation geben. Darüber hinaus stößt man nur selten auf ein Lehrbuch mit einem klaren biologischen Hintergrund. Das vorliegende Buch ist eine solche äußerst seltene Dokumentation einer biologisch fundierten Behandlungsphilosophie. Die zahlreichen Falldokumentationen belegen die Machbarkeit von optimalen, individuellen Versorgungsmöglichkeiten, die sich an den Bedürfnissen des Patienten orientieren und nicht an idealistischen und kaum finanzierbaren Konzepten.

Irena Sailer, Vincent Fehmer und Bjarni Pjetursson sind ein Trio, das sich auf dem Gebiet der oralen Rehabilitation international erfolgreich etabliert hat. Sie arbeiten seit über 10 Jahren zusammen und sind durch ihre jährlich stattfindenden „Icelandic Education Weeks“ bekannt, einer sehr erfolgreichen, einwöchigen Veranstaltung mit einem begeisterten internationalen Publikum. Sowohl Irena Sailer als auch Bjarni Pjetursson sind hochkompetente und erfahrene Kliniker. Sie vereinen die Bereiche Parodontologie und restaurative Zahnheilkunde auf einzigartige Weise. Vincent Fehmer ist ein bekannter Zahntechnikermeister, der das Trio vervollständigt und sein umfangreiches Wissen über die technischen Aspekte der restaurativen Zahnheilkunde beisteuert. Es ist in der Tat ein Glücksfall, dass sich dieses Trio die Zeit genommen hat, dem Berufsstand ein so einzigartiges Lehrbuch über alle modernen Aspekte der restaurativen Zahnheilkunde zur Verfügung zu stellen.



Prof. Dr. Dr. Niklaus P. Lang

Autoren

Prof. Dr. med. dent. Irena Sailer, Honorarprofessorin (Universität Aarhus)

Direktorin der Abteilung für festsitzende Prothetik und Biomaterialien an der Universität Genf, Schweiz; Honorarprofessorin an der Universität Aarhus, Dänemark; Gastprofessorin am Department of Preventive and Restorative Sciences, School of Dental Medicine der University of Pennsylvania in Philadelphia, USA.

ZTM Vincent Fehmer

Zahntechnikermeister in der Abteilung für festsitzende Prothetik und Biomaterialien an der Zahnklinik der Universität Genf, Schweiz.

Prof. Dr. med. dent. Bjarni E. Pjetursson, DDS, MAS Perio, PhD

Professor und Vorsitzender der Abteilung für rekonstruktive Zahnheilkunde und Dekan der Fakultät für Zahnheilkunde an der Universität von Island, Reykjavík, Island; Eingeladener Professor der Abteilung für festsitzende Prothetik und Biomaterialien an der Universität Genf, Schweiz.

Co-Autor

Prof. Dr. med. dent. Dr. rer. nat. Jens Fischer

Abteilung für Biomaterialien und Technologie an der Klinik für Rekonstruktive Zahnmedizin, Universitätszentrum für Zahnmedizin UZB, Universität Basel, Schweiz



Prof. Dr. med. dent. Irena Sailer, Honorarprofessorin (Universität Aarhus)

Prof. Dr. Irena Sailer promovierte an der Universität Tübingen in Deutschland (1997/1998). Sie erhielt eine Assistenzprofessur an der Klinik für festsitzende und herausnehmbare Prothetik und zahnärztliche Materialkunde in Zürich, Schweiz (2003), wo sie ab 2010 als außerordentliche Professorin tätig war. Im Jahr 2007 war Prof. Dr. Sailer Visiting Scholar am Department of Biomaterials and Biomimetics am Dental College der New York University, USA. Seit 2009 ist sie Gastprofessorin am Department of Preventive and Restorative Sciences, Robert Schattner Center, University of Pennsylvania in Philadelphia, USA (Leitung: Prof. Dr. M. B. Blatz).

Prof. Dr. Sailer ist Direktorin der Abteilung für festsitzende Prothetik und Biomaterialien an der Universität Genf, Schweiz. Im Jahr 2019 erhielt sie eine Honorarprofessur an der Universität Aarhus, Dänemark. Sie ist Spezialistin für Prothetik (Schweizerische Gesellschaft für Rekonstruktive Zahnmedizin) und besitzt ein Zertifikat für besondere Aktivitäten in der dentalen Implantologie (WBA) der Schweizerischen Gesellschaft für Zahnmedizin. Sie ist Mitglied des Vorstands der European Association of Osseointegration (EAO), Vizepräsidentin der European Academy of Esthetic Dentistry (EAED), Mitglied der Schweizerischen Gesellschaft für Rekonstruktive Zahnmedizin, des Education Committee des International Team for Implantology (ITI) und der Greater New York Academy of Prosthodontics (GNYAP) sowie Chefredakteurin des International Journal of Prosthodontics und hat zahlreiche Publikationen veröffentlicht.



ZTM Vincent Fehmer

ZTM Vincent Fehmer absolvierte seine zahntechnische Ausbildung in den Jahren von 1998 bis 2002 in Stuttgart, Deutschland. Von 2002 bis 2003 arbeitete er volontär in „Oral Design“-zertifizierten zahntechnischen Laboren in Großbritannien und den USA. Von 2003 bis 2009 arbeitete er bei Zahntechnik Mehrhof, einem „Oral Design“-zertifizierten Labor in Berlin, Deutschland. Im Jahr 2009 absolvierte er den Abschluss zum Zahntechnikermeister in Deutschland. Von 2009 bis 2014 war er leitender Zahntechniker an der Klinik für festsitzende und herausnehmbare Prothetik in Zürich, Schweiz. Seit 2015 ist er Zahntechniker an der Klinik für festsitzende Prothetik und Biomaterialien an der Universität Genf, Schweiz, und führt sein eigenes Labor in Lausanne, Schweiz.

ZTM Fehmer ist Fellow des International Team for Implantology (ITI), aktives Mitglied der European Academy of Esthetic Dentistry (EAED) und Mitglied der Oral Design Group, der European Association of Dental Technology (EADT) und der Deutschen Gesellschaft für Ästhetische Zahnheilkunde (DGÄZ). Er ist als Referent auf nationaler und internationaler Ebene tätig. ZTM Fehmer wurde u. a. mit dem KENNETH D. RUDD AWARD der American Prosthodontic Society ausgezeichnet. Er hat über 50 Artikel in Peer-Reviewed Journals veröffentlicht und ist Autor diverser Buchbeiträge. Er fungiert als Editor-in-Chief des QDT Yearbooks und des International Journal of Esthetic Dentistry und ist zusätzlich Section Editor für das International Journal of Prosthodontics.



**Prof. Dr. med. dent. Bjarni E. Pjetursson,
DDS, MAS Perio, PhD**

Prof. Dr. Bjarni Pjetursson promovierte 1990 als Doctor of Dental Surgery (DDS) an der Universität von Island. Von 1990 bis 2000 arbeitete er als Allgemeinzahnarzt in seiner Privatklinik in Island. Im Jahr 2000 begann er seine postgraduale Ausbildung in Parodontologie und Implantologie an der Universität Bern, Schweiz. Er erhielt sein Fachzertifikat (EFP & SSP) und den Master of Advanced Studies in Parodontologie sowie den Dokortitel in Zahnmedizin von der medizinischen Fakultät der Universität Bern. Von 2003 bis 2005 absolvierte er seine postgraduale Ausbildung in Prothetik an der Universität Bern. Ab 2005 war er Assistenzprofessor und Senior Lecturer an der Abteilung für Parodontologie und festsitzende Prothetik der Universität Bern und war von 2009 bis 2014 Dekan der Fakultät für Zahnheilkunde der Universität von Island.

Derzeit ist er Professor und Vorsitzender der Abteilung für rekonstruktive Zahnheilkunde an der Universität von Island und Titularprofessor an der Abteilung für festsitzende Prothetik und Biomaterialien an der Universität Genf, Schweiz. Prof. Dr. Pjetursson ist Vorstandsmitglied der EAO, ITI-Fellow, Mitherausgeber des International Journal of Prosthodontics und Mitglied des Redaktionsausschusses der Zeitschrift Clinical Oral Implants Research. Er hat umfangreich publiziert und über 700 Vorträge in 50 Ländern der Welt gehalten. Seine Forschungsinteressen sind klinische Studien in der Implantologie und die evidenzbasierte Bewertung verschiedener Behandlungsmodalitäten in der Implantologie und der prothetischen Zahnheilkunde.

Mitwirkende



PD Dr. G. Benic
Lugano, Schweiz



PD Dr. A. Bindel
Zürich, Schweiz



Dr. F. Brandenburg
Luzern, Schweiz



Dr. D. Büchi
Chur, Schweiz



Dr. F. Burkhardt
Genf, Schweiz



Dr. U. Calderon
Genf, Schweiz



Prof. Dr. Dr. J. Fischer
Basel, Schweiz



ZT W. Gebhard
Zürich, Schweiz



Dr. P. Grohmann
Berikon, Schweiz



Prof. Dr. R. Jung
Zürich, Schweiz



Dr. N. Kalberer
Genf, Schweiz



Dr. D. Karasan
Genf, Schweiz



Prof. Dr. H. Lee
Pusan, Südkorea



Dr. J. Legaz Barrionuevo
Genf, Schweiz



Dr. L. Marchand
Genf, Schweiz



PD Dr. S. Mühlemann
Zürich, Schweiz



ZT C. Piskin
Lausanne, Schweiz



Dr. J. Pitta
Genf, Schweiz



Dr. C. Riera
Genf, Schweiz



Dr. M. Strasing
Genf, Schweiz



ZT B. Thiévent
Zürich, Schweiz



Prof. Dr. D. Thoma
Zürich, Schweiz



Dr. E. van Dooren
Antwerpen, Belgien



PD Dr. A. Zembic
Winterthur, Schweiz



Inhalt

Vorworte	vii	1.4.3	Zeitpunkte für die Diagnostik, Diagnostik-Hilfsmittel (Tools)	57
Autoren	x			
Mitwirkende	xii	1.4.4	Konventionelle Verfahren	58
		1.4.5	Digitale Verfahren	58
		1.4.6	Augmented Reality in der Zahnmedizin	62
		1.4.7	Diagnostik für festsitzende implantatgetragene Versorgungen, chirurgische Bohrschablonen	67
		1.4.8	Schlussfolgerungen	71
		1.4.9	Referenzen	74
Teil I Grundlagen	1			
1.1 Aktuelle restaurative Materialien	3			
Jens Fischer	3			
1.1.1 Einführung	4	1.5	Entscheidungskriterien für den Ersatz eines fehlenden Zahnes	75
1.1.2 Anforderungen an Restaurationsmaterialien	4	1.5.1	Einführung	76
1.1.3 Übersicht über die aktuellen Materialien für festsitzende Restaurationen	11	1.5.2	Ein evidenzbasierter Ansatz zur Behandlungsplanung	76
1.1.4 Schlussfolgerungen	19	1.5.3	Faktor 1 – Die Patientensicht	77
1.1.5 Referenzen	19	1.5.4	Faktor 2 – Die geschätzte Lebensdauer der Restaurationen	79
1.2 Patientenbezogene Faktoren für die Materialauswahl	21	1.5.5	Faktor 3 – Die Nachbarzähne	80
1.2.1 Einführung	22	1.5.6	Faktor 4 – Die Beurteilung der Zahnlucke	83
1.2.2 Patientenanforderungen	22	1.5.7	Faktor 5 – Die Komplexität der Implantatchirurgie	84
1.2.3 Ästhetische Anforderungen	22	1.5.8	Faktor 6 – Die Bewertung von Risikofaktoren	85
1.2.4 Menge und Qualität der Zahnschubstanz	24	1.5.9	Faktor 7 – Multiple Risikofaktoren	86
1.2.5 Menge und Qualität der Weichgewebe	25	1.5.10	Schlussfolgerungen	87
1.2.6 Okklusale und funktionelle Anforderungen	28	1.5.11	Referenzen	87
1.2.7 Schlussfolgerungen	34			
1.2.8 Referenzen	35			
1.3 Technische Faktoren	37	1.6	Zahnpräparation: Aktuelle Konzepte zur Materialauswahl	89
1.3.1 Einführung	38	1.6.1	Einführung	90
1.3.2 Konventionelle vs. computergestützte Fertigungstechniken	38	1.6.2	Minimalinvasive Präparationstechniken	90
1.3.3 Optische Einflussfaktoren auf die Materialauswahl	39	1.6.3	Defektorientierte Präparationstechniken für den Seitenzahnbereich: Overlays, Onlays und Teilkronen	107
1.3.4 Monolithische und verblendete Restaurationen	43	1.6.4	Konventionelle Präparationstechnik für Kronen und Brücken: Die Universal-Zahnpräparation	110
1.3.5 Schlussfolgerungen	53	1.6.5	Virtuelle Diagnostik und geführte Zahnpräparation	117
1.3.6 Referenzen	54	1.6.6	Präparation bei Adhäsivbrücken	120
1.4 Diagnostik	55	1.6.7	Schlussfolgerungen	121
1.4.1 Einführung	56	1.6.8	Referenzen	126
1.4.2 Beurteilung der ästhetischen Parameter: Schritt-für-Schritt-Checkliste	56			

1.7	Provisorische Versorgungen	127	1.11	Das Titanklebebasis-Konzept	165
1.7.1	Einführung	128	1.11.1	Einführung	166
1.7.2	Direkte Provisorien	128	1.11.2	Konventionelle Implantatversorgungen auf konfektionierten oder individualisierten Abutments	166
1.7.3	Eierschalenprovisorien	128	1.11.3	Monolithische Implantatversorgungen auf Titanklebebasis-Abutments	166
1.7.4	CAD/CAM-Provisorien	128	1.11.4	Faktoren für vorhersagbare Ergebnisse: Adhäsive Befestigung von monolithischer Keramik auf Titanklebebasis-Abutments	168
1.7.5	Schlussfolgerungen	130	1.11.5	Schlussfolgerungen	173
1.7.6	Referenzen	130	1.11.6	Referenzen	173
1.8	Abformtechniken	131	1.12	Flussdiagramme zur Materialwahl	175
1.8.1	Einführung	132		Materialwahl für zahngetragene Einzelzahnrestaurationen	176
1.8.2	Biologische Breite	132		Materialwahl für zahngetragene mehrgliedrige Restaurationen	178
1.8.3	Methoden zur temporären Gingivaretraktion	132		Materialwahl für implantatgetragene Restaurationen	179
1.8.4	Konventionelle Abformungen	134	1.13	Flussdiagramme zur Zementierung	183
1.8.5	Optische Abformungen	134		Flussdiagramm für die Zementierung von Restaurationen aus Metallkeramik	184
1.8.6	Schlussfolgerungen	138		Flussdiagramm für die Zementierung von Restaurationen aus Zirkoniumdioxid	185
1.8.7	Referenzen	138		Flussdiagramm für die adhäsive Befestigung von Restaurationen aus Lithiumdisilikat-Glaskeramik	186
1.9	Materialbezogene Zementierungsverfahren	141		Flussdiagramm für die adhäsive Befestigung von Veneers aus Feldspatkeramik	187
1.9.1	Einführung	142		Flussdiagramm für die Zementierung von Stiftaufbauten	188
1.9.2	Adhäsive Zementierung von Silikatkeramiken (Feldspatkeramiken, Glaskeramiken)	142		Flussdiagramm für die extraorale Zementierung (z. B. im Labor)	189
1.9.3	Adhäsive Zementierung von Oxidkeramiken (Zirkoniumdioxid)	143			
1.9.4	Adhäsive Zementierung von Hybridmaterialien (Resin-Nanokeramik, kunststoffinfiltriertes Keramiknetzwerk)	149			
1.9.5	Universalsilane/-primer und Universaladhäsive	150			
1.9.6	Schlussfolgerungen	153			
1.9.7	Referenzen	153			
1.10	Befestigung von implantatgetragenen Versorgungen	155			
1.10.1	Einführung	156			
1.10.2	Zementierte Implantatversorgungen	156			
1.10.3	Verschraubte Implantatversorgungen	159			
1.10.4	Verschraubt versus zementiert	160			
1.10.5	Schlussfolgerungen	162			
1.10.6	Referenzen	163			

Teil II Klinische Verfahren Schritt für Schritt

191

2.1 Minimalinvasive Restaurationen (Veneers)

193

- 2.1.1 Frontzahnbereich: Additional Veneers nach einem Zahntrauma (zwei mittlere Schneidezähne im Oberkiefer) 194
- 2.1.2 Frontzahnbereich: Frontzahnveneer nach einem Zahntrauma (einzelner mittlerer Schneidezahn im Oberkiefer) 202
- 2.1.3 Frontzahnbereich: Klassische Veneers zur Versorgung einer Amelogenesis imperfecta (sechs Frontzähne im Oberkiefer) 208
- 2.1.4 Frontzahnbereich: Klassische und palatinale Veneers bei Vorliegen eines Tiefbisses mit kieferorthopädischer Vorbehandlung (sechs Frontzähne im Oberkiefer) 218
- 2.1.5 Front- und Seitenzahnbereich: Klassische Veneers bei einer Patientin mit unentdeckter Zöliakie (10 Veneers – Von Prämolare zu Prämolare im Oberkiefer) 228
- 2.1.6 Front- und Seitenzahnbereich: Klassische Veneers mit der Anwendung von Augmented Reality (10 Veneers – Von Prämolare zu Prämolare im Oberkiefer) 236
- 2.1.7 Front- und Seitenzahnbereich: Klassische Veneers mit der Anwendung von Augmented Reality und einer kieferorthopädischen Vorbehandlung (sechs Frontzähne im Oberkiefer) 246
- 2.1.8 Front- und Seitenzahnbereich: 360-Grad-Veneers und Overlays mit einer Einzelimplantatversorgung (sieben Unterkieferzähne und ein Seitenzahnimplantat) 258
- 2.1.9 Komplexe Situationen: Gesamtsanierung mit klassischen Veneers und Overlays 268
- 2.1.10 Komplexe Situationen: Additional Veneers und Implantatversorgungen (von Prämolare zu Prämolare im Oberkiefer) 288

2.2 Minimalinvasive Versorgungen (Adhäsivbrücken)

297

- 2.2.1 Frontzahnbereich: Verlust des mittleren Schneidezahns nach langjähriger Parodontalbehandlung 298
- 2.2.2 Frontzahnbereich: Nicht angelegter seitlicher Schneidezahn (Adhäsivbrücke nach kieferorthopädischer Vorbehandlung) 310
- 2.2.3 Frontzahnbereich: Nicht angelegte seitliche Schneidezähne (Adhäsivbrücke nach kieferorthopädischer Vorbehandlung) 320
- 2.2.4 Frontzahnbereich: Gesamtsanierung bei nicht angelegten Zähnen (Adhäsivbrücken, Veneers und Overlays nach kieferorthopädischer Behandlung) 332
- 2.2.5 Komplexe Situationen: Adhäsivbrücke und Additional Veneer in Kombination mit einer kieferorthopädischen Vorbehandlung 346

2.3 Defektorientierte Restaurationen

357

- 2.3.1 Seitenzahnbereich: Defektorientierte Versorgung mit Teilkronen und Overlays im Seitenzahnbereich 358
- 2.3.2 Seitenzahnbereich: Defektorientierte Versorgung mit Overlays im Seitenzahnbereich 380
- 2.3.3 Seitenzahnbereich: Defektorientierte Restauration eines endodontisch behandelten Seitenzahns 394
- 2.3.4 Seitenzahnbereich: Defektorientierte Restaurationen (direkter computergestützter Kompositaufbau) 398

2.4 Konventionelle Einzelkronen

407

- 2.4.1 Frontzahnbereich: Einzelkrone auf einem nicht verfärbten Pfeilerzahn 408
- 2.4.2 Frontzahnbereich: Einzelkronen auf verfärbten Pfeilerzähnen 416
- 2.4.3 Seitenzahnbereich: Einzelkrone auf einem nicht verfärbten Pfeilerzahn 424
- 2.4.4 Seitenzahnbereich: Einzelkrone auf einem verfärbten Pfeilerzahn 428
- 2.4.5 Komplexe Situationen: Konventionelle Einzelkronen und Brücken 434
- 2.4.6 Komplexe Situationen: Einzelkronen in Verbindung mit einem Implantat 448



2.5 Zahngetragene vollkeramische Einzelkronen, Brücken und eine herausnehmbare Teleskopversorgung 461

2.5.1	Frontzahnbereich: Gesamtsanierung	462
2.5.2	Seitenzahnbereich: Zahngetragene dreigliedrige Vollkeramikbrücke	494
2.5.3	Seitenzahnbereich: Der 3-D-gedruckte Prototyp	500

2.6 Implantatgetragene Einzelkronen 511

2.6.1	Frontzahnbereich: Implantatgetragene Frontzahnkrone mit gesteuerter Knochenregeneration (GBR)	512
2.6.2	Frontzahnbereich: Implantatgetragene Frontzahnkrone mit gesteuerter Knochenregeneration (GBR)	526
2.6.3	Frontzahnbereich: Implantatgetragene Frontzahnkrone	534
2.6.4	Seitenzahnbereich: Implantatgetragene Seitenzahnkrone mit gesteuerter Knochenregeneration (GBR)	544
2.6.5	Seitenzahnbereich: Implantatgetragene Seitenzahnkrone mit gesteuerter Knochenregeneration (GBR)	550
2.6.6	Seitenzahnbereich: Implantatgetragene Seitenzahnkrone und optische Abformung	556
2.6.7	Komplexe Situationen: Zahn- und implantatgetragene Kronen und Brücken aus Vollkeramik	562

2.7 Implantatgetragene Versorgungen 597

2.7.1	Frontzahnbereich: Implantatgetragene viergliedrige Brücke	598
2.7.2	Seitenzahnbereich: Implantatgetragene dreigliedrige Brücke	610
2.7.3	Seitenzahnbereich: Implantatgetragene Brücken mit mesialem Extensionsglied	620
2.7.4	Seitenzahnbereich: Implantatgetragene Brücke mit mesialem Extensionsglied	640
2.7.5	Komplexe Situationen: Implantatgetragene Ganzkieferbrücke mit künstlichem Zahnfleisch	648

2.8 Nachsorge

2.8.1	Intraorale Direktreparatur einer bestehenden Restauration	663
2.8.2	Nachsorge bei einer bestehenden Restauration	668
2.8.3	CAD/CAM-gefertigte Michigan-Schiene	674

Teil III Langzeitergebnisse von festsitzenden Restaurationen 679

3.1	Einführung	681
3.2	Zahngetragene Veneers	681
3.3	Zahngetragene Inlays und Onlays	681
3.4	Zahngetragene Einzelkronen	681
3.5	Endokronen	682
3.6	Zahngetragene konventionelle Brücken	684
3.7	Zahngetragene Extensionsbrücken	686
3.8	Adhäsivbrücken	686
3.9	Implantatgetragene Einzelkronen	691
3.10	Implantatgetragene Brücken	691
3.11	Implantatgetragene Extensionsbrücken	693
3.12	Kombiniert zahn-implantatgetragene Brücken	695
3.13	Referenzen	696

Teil IV Vermeiden und Bewältigen von Komplikationen 703

4.1	Einführung	704
4.2	Erfolg von zahn- und implantatgetragenen Versorgungen	704
4.3	Zahngetragene Versorgungen	704
4.4	Implantatgetragene Versorgungen	714
4.5	Referenzen	725

TEIL I

GRUNDLAGEN





KAPITEL 1

Aktuelle restaurative Materialien

Jens Fischer

1.1.1 Einführung

In diesem Kapitel:

- Anforderungen an Restaurationsmaterialien
- Übersicht über aktuelle Materialien für festsitzende Restaurationen
- Schlussfolgerungen

In der Vergangenheit war die Materialauswahl in der festsitzenden Prothetik hauptsächlich auf Metallkeramik und einige wenige vollkeramische Alternativen beschränkt. Metallkeramische Restaurationen wurden in klinischen Situationen mit hohen Anforderungen an die Festigkeit (z. B. im Seitenzahnbereich oder bei mehrgliedrigem festsitzendem Zahnersatz) gewählt, während vollkeramische Restaurationen ausschließlich als Einzelzahnersatz in Situationen mit hohen ästhetischen Anforderungen, insbesondere im Frontzahnbereich, eingesetzt wurden. Die Verarbeitung dieser Materialien erfolgte traditionell durch manuelle Fertigungstechniken wie Gießen, Pressen oder Schichten^{1,2}. Vollkeramische Versorgungen haben innerhalb der restaurativen Zahnheilkunde eine lange Entwicklung hinter sich. Mehrere der frühen Systeme verschwanden kurz nach ihrer Einführung wieder vom Markt, da sie eine hohe Frakturanfälligkeit aufwiesen³.

Heutzutage können Zahnärzte und Zahntechniker aus einer Vielzahl zuverlässiger Materialien wählen. Digitale Technologien wie intraorale optische Scans und Computer-Aided-Design-/Computer-Aided-Manufacturing-Verfahren (CAD/CAM) haben neue Behandlungsmöglichkeiten in der festsitzenden Prothetik eröffnet. Neue digitale Fertigungsabläufe wurden definiert; parallel dazu wurden auf die spezifischen Anforderungen numerisch gesteuerter Bearbeitung abgestimmte Materialien entwickelt, wie z. B. hochfeste Keramiken und Komposite. Bei diesen digitalen Arbeitsabläufen werden die Restaurationen durch computergestütztes Fräsen oder Schleifen aus vorgefertigten Rohlingen hergestellt. Die konventionelle manuelle Bearbeitung wird dadurch zunehmend ersetzt.

Die verschiedenen derzeit erhältlichen Materialien weisen unterschiedliche Eigenschaften auf, die sich auf die Ästhetik und die Langzeitstabilität der Restaurationen auswirken. Da für jede klinische Situation mehrere Alternativen existieren, ist es heute schwieriger als in der Vergangenheit, das am besten geeignete Material für die jeweilige klinische Situation auszuwählen⁴⁻⁶. Als Folge des Wandels in der Technologie erfordert die Auswahl des Restaurationsmaterials deshalb ein grundlegendes Verständnis der Wechselwirkung zwischen den Materialeigenschaften und deren klinischer Leistung⁷.

Nach einer Einführung in die Anforderungen an Restaurationsmaterialien und das Verhalten der verschiedenen in

der Zahnmedizin verwendeten Materialklassen gibt dieses Kapitel einen Überblick über die aktuellen Materialoptionen für festsitzende Restaurationen und ihre klinisch relevanten Eigenschaften, Indikationen und Grenzen.

1.1.2 Anforderungen an Restaurationsmaterialien

In der Mundhöhle müssen restaurative Materialien drei Anforderungen erfüllen: *Biokompatibilität*, *Langlebigkeit* und *Ästhetik*.

Biokompatibilität

Der Begriff Biokompatibilität impliziert, dass das Material dem lebenden Gewebe keinen Schaden zufügen darf, was durch chemische und biologische Inertheit erreicht wird⁸. Da jedes Material in Abhängigkeit von der Umgebung potenziell korrodiert und Bestandteile freisetzt, bestimmen die Qualität und Menge der freigesetzten Substanzen den Grad der biologischen Komplikationen. Mögliche Wirtsreaktionen können lokalisierte oder systemische Toxizität, Überempfindlichkeit oder Genotoxizität sein⁹. Die Einschränkung auf biokompatible Komponenten engt den Spielraum für die Entwicklung neuer Materialien stark ein.

Aufgrund der strengen Vorschriften für Medizinprodukte müssen die Hersteller die Biokompatibilität ihrer Materialien nachweisen. Internationale Normen helfen bei der Auswahl der geeigneten Tests und bei der Interpretation der Ergebnisse. Für jedes neuartige Material müssen vor der Zulassung Tests durchgeführt werden. Die biologischen Tests werden in standardisierter Abfolge bis hin zu Tierversuchen durchgeführt⁹. Darüber hinaus sind die Hersteller von Medizinprodukten gesetzlich verpflichtet, nach der Markteinführung eine systematische Überwachung der Materialien und Geräte durchzuführen. Es müssen Maßnahmen zur Risikominimierung ergriffen und unerwartete Nebenwirkungen den Behörden gemeldet werden. Erfreulicherweise kann man feststellen, dass biologische und immunologische Nebenwirkungen, die auf Dentalmaterialien zurückzuführen sind, selten auftreten und die gemeldeten Nebenwirkungen vertretbar sind⁹.

Andererseits ist es unrealistisch anzunehmen, dass Materialien absolut inert sind und dass biologische Reaktionen mittels biologischer Tests definitiv vorhersagbar sind¹⁰. Daher muss die Biokompatibilität von Dentalmaterialien immer gegen ihren Nutzen abgewogen werden¹¹. Kontrollierte klinische Studien sind derzeit immer noch der beste Weg, um die klinische Reaktion auf Materialien zu beurteilen. Aber auch diese Tests unterliegen erheblichen Ein-

schränkungen. Daher werden praxisbasierte Forschungsnetzwerke und praxisübergreifende Patientendatenbanken zunehmend als wertvolle Alternative betrachtet¹⁰.

Langlebigkeit

Der langfristige Erfolg einer Restauration hängt hauptsächlich von ihrer mechanischen Leistungsfähigkeit ab. Von der technischen Seite lässt sich der Erfolg einer Restauration durch die Widerstandsfähigkeit des *Materials*, die Art des *Designs*, die Qualität der *Verarbeitung* und die Qualität der *Oberfläche* steuern.

Material

Das mechanische Verhalten von zahnärztlichen Werkstoffen wird hauptsächlich durch deren Elastizität, Biegefestigkeit, Bruchzähigkeit und Härte charakterisiert. Diese Eigenschaften sind im Wesentlichen durch die Art und Stärke der Bindungen zwischen den Atomen vorgegeben.

Die Elastizität ist die Fähigkeit eines Materials, nach Belastung seine ursprüngliche Form wieder anzunehmen und wird in GPa ($= 10^3 \text{ N/mm}^2$) gemessen. Wird ein Material über seine Elastizitätsgrenze hinaus belastet, führt dies zu einer plastischen, dauerhaften Verformung. Spröde Werkstoffe, wie z. B. Keramiken, zeigen nur eine geringe oder keine Plastizität, d. h. sie brechen sehr schnell nach Erreichen der Elastizitätsgrenze. Die Spannung, bei der ein Bruch auftritt, ist die Biegefestigkeit, gemessen in MPa ($= \text{N/mm}^2$). Der Widerstand gegen Risswachstum wird als Bruchzähigkeit bezeichnet, gemessen in $\text{MPa}\sqrt{\text{m}}$.

Elastizität, Biegefestigkeit und Bruchzähigkeit sind intrinsische Eigenschaften. Die Härte hingegen ist eine Oberflächeneigenschaft, die als Widerstand gegen lokale Verformung durch mechanischen Eindruck oder Abrieb definiert ist. Härtere Materialien weisen daher ein geringeres Risiko für Oberflächenschäden auf. Biegefestigkeit und Härte stehen bis zu einem gewissen Grad in Korrelation.

Das Hauptrisiko für mechanisches Versagen von Restaurationen sind fehlerhafte Stellen an der Oberfläche, die als Ausgangspunkt für Mikrorisse dienen können. Im Falle einer Zugbelastung öffnet sich ein Mikroriss, an dessen Spitze eine Spannung entsteht. Spannungen, die die Festigkeit des Materials übersteigen, führen zur Rissausbreitung. Bei zyklischer Belastung, wie sie z. B. beim Kauen auftritt, findet das Risswachstum im Mikrometerbereich statt. Mit der Zeit wächst der Riss und führt letztendlich zu einem katastrophalen Versagen, wenn der Restquerschnitt zu klein ist, um der Belastung standzuhalten.

Es ist wichtig, die Bruchmechanismen der verschiedenen Materialien zu verstehen. Bei Metallen wird die Risspitze durch plastisches Fließen abgerundet, wodurch die

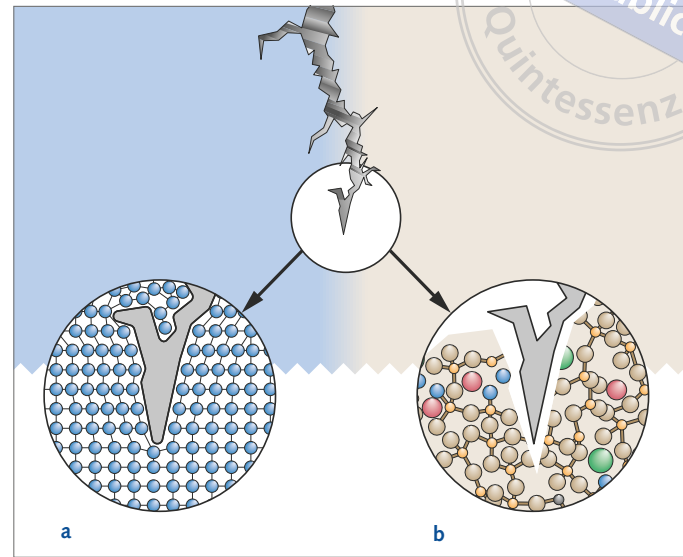


Abb. 1-1-1 Schematische Darstellung der Rissausbreitung in Materialien. (a) Plastisches Material (z. B. Metalle). (b) Sprödes Material (z. B. Keramik).

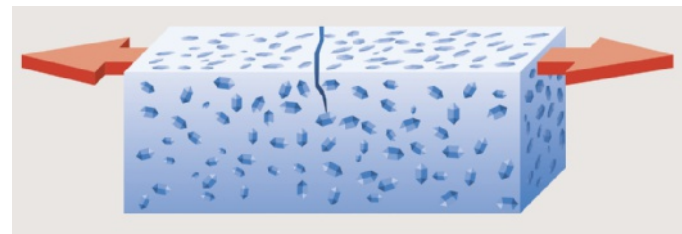


Abb. 1-1-2 Schematische Darstellung des Rissfortschritts in partikelverstärkten Materialien unter Zugspannung (rote Pfeile). Wenn die Spitze des Risses auf einen Partikel trifft, wird die Rissausbreitung verhindert oder zumindest verlangsamt.

Bruchgefahr deutlich reduziert wird (Abb. 1-1-1). In Keramiken ist ein plastisches Fließen aufgrund der kovalenten Bindungen nicht möglich. Die Risspitze bleibt scharf und es besteht ein deutlich höheres Risiko für Risswachstum als bei Metallen. Das ist der Grund für das bekannte spröde Verhalten von Keramiken. Um eine Rissausbreitung zu verhindern und somit die Festigkeit und insbesondere die Zähigkeit zu erhöhen, werden Verstärkungsmechanismen auf mikroskopischer Ebene eingesetzt. Bei spröden Werkstoffen kann dies durch eine innere Druckvorspannung oder durch Partikel erreicht werden, die als Hindernisse gegen das Risswachstum wirken (Abb. 1-1-2). Das Ziel solcher Verfestigungsmechanismen ist es, das Risswachstum zu stoppen oder zumindest zu behindern – vergleichbar mit einem Hürdenläufer, der nicht so schnell ist wie ein Sprinter.

Der Begriff *Widerstandsfähigkeit* umfasst nicht nur die oben genannten mechanischen Eigenschaften, sondern auch die Beständigkeit gegen Abnutzung und Alterung. Die Degradation der Werkstoffe durch Verschleiß und Alterung hängt neben den mechanischen Eigenschaften auch

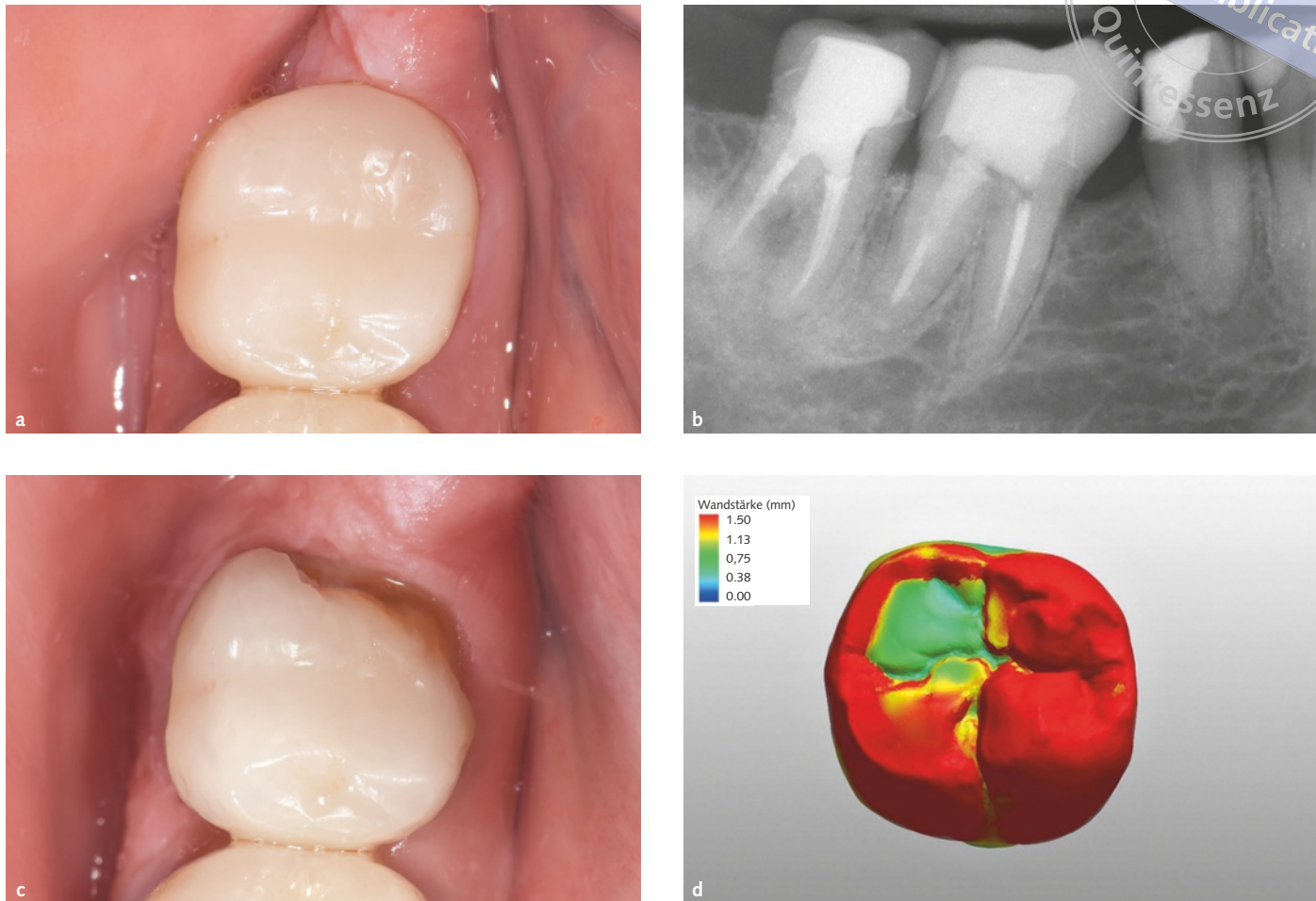


Abb. 1-1-3a bis d Unzureichende Dicke der Krone und scharfe Kanten der Präparation haben zu einer Fraktur der Restauration geführt. **(a)** Restauration an Zahn 47 nach der Zementierung. **(b)** Röntgenbild nach der Zementierung. Die unzureichende okklusale Dicke der Restauration und die scharfe Kante der distalen Präparation sind offensichtlich. **(c)** Fraktur der Restauration nach einem Jahr in Funktion. **(d)** Analyse der Wandstärke auf Basis der CAD-Konstruktion.

von der Anfälligkeit gegenüber den Gegebenheiten in der oralen Umgebung, wie Feuchtigkeit, Temperatur und Art der Belastung, ab. So kann z. B. Wasser die Bindungen des Materials besonders an Phasengrenzen oder Mikrorissen angreifen und so die Degradation fördern.

Design

Bei der Konstruktion einer Restauration können mehrere Fehler gemacht werden. Unzureichende Dimensionierung von Kronenwänden oder Verbindern von festsitzendem Zahnersatz sind ein möglicher Grund für Misserfolge. Die Anweisungen der Hersteller müssen streng befolgt werden. Weiterhin erhöhen scharfe Kanten das Risiko eines Versagens durch einen unkontrollierten Spannungsaufbau (Abb. 1-1-3). Und schließlich sollten Restaurationen aus Materialien, die eine thermische Behandlung erfordern, möglichst mit gleichmäßiger Wandstärke gestaltet werden, um eine homogene Spannungsverteilung beim Abkühlen zu erreichen. Das gilt insbesondere für Verblendkeramiken, die

sowohl bei metallkeramischen als auch bei vollkeramischen Restaurationen in gleichmäßiger Stärke geschichtet und ausreichend durch das Gerüst abgestützt werden müssen.

Verarbeitung

Ein Formgebungsprozess erfordert immer eine Bearbeitung, eine thermische Behandlung wie Sintern oder Pressen, oder einen Polymerisationsprozess. Bei unsachgemäßer Verarbeitung können Defekte im Material entstehen, die die Festigkeit der Restauration reduzieren (Abb. 1-1-4). Die Anweisungen des Herstellers müssen daher genauestens befolgt werden.

Oberfläche

Werkstoffe, die maschinell bearbeitet, gesintert, gepresst oder polymerisiert werden, müssen mit werkstoffspezifischen Werkzeugen und mit geeigneter Drehzahl, Vorschub und Druck der Werkzeuge ausgearbeitet werden, um Schäden an der Oberfläche zu vermeiden. Bei Keramiken kann alternativ ein Glasurbrand (eine Wärmebehandlung

ohne zusätzlichen Glasurauftrag) oder eine Glasur (eine Wärmebehandlung mit zusätzlichem Glasurauftrag) durchgeführt werden (Abb. 1-1-5). Bei nicht materialgerechter Behandlung der Restauration kann es jedoch vorkommen, dass Schäden unterhalb der Oberfläche durch die Ausarbeitung nicht ausreichend beseitigt werden und potenziell zu Mikrorissen führen können.

Ästhetik

Materialien für die Zahnrestauration müssen das ästhetische Erscheinungsbild des Zahnes nachahmen. Der Zahn ist eine komplexe Struktur, bestehend aus einem Dentinkern, der die Farbe des Zahns bestimmt, und einer lichtdurchlässigeren Schmelzschicht. Der Ersatz von Zahnhartsubstanz durch ein Dentalmaterial muss *Farbe*, *Transluzenz*, *Lichtbrechung*, *Reflexion*, *Opaleszenz* und *Fluoreszenz* berücksichtigen. Einige Materialien zeigen eine *optische Anpassungsfähigkeit*, auch „Chamäleon-Effekt“ genannt. Diese Anforderungen schränken die Auswahl der Materialien stark auf Keramiken und Kunststoffe ein. Als Kompromiss können Metallgerüste verwendet werden, die durch zahnfarbene Verblendungen abgedeckt werden.

Farbe

Die Einfärbung von Kunststoffen und Keramiken wird mit anorganischen Pigmenten, meist Metalloxiden, erreicht (Abb. 1-1-6).

Transluzenz

Wenn es keine Lichtabsorption und keine optischen Hindernisse im Material gibt, durchdringt das Licht das Material wie eine Fensterscheibe, ohne gestreut zu werden. Dieser Effekt wird als Transluzenz bezeichnet (Abb. 1-1-7).

Lichtbrechung und Reflexion

Wenn Licht auf eine Grenzfläche trifft und in ein anderes Material eintritt, z. B. beim Übergang von Luft in Glas, wird die Richtung der Lichtausbreitung geändert. Dies wird als Lichtbrechung bezeichnet. Je nach Einfallswinkel kann das Licht auch vollständig reflektiert werden, als ob es auf einen Spiegel trafe (Abb. 1-1-8). Diese Effekte führen zu einer Streuung des Lichts. Grenzflächen in einem Material (z. B. zur Verstärkung eingebrachte Partikel) tragen zu den optischen Eigenschaften bei, indem sie das Licht ebenfalls streuen (Abb. 1-1-9).

Beugung und Opaleszenz

An Hindernissen, die kleiner als die Wellenlänge sind, wird das Licht gebeugt und in alle Richtungen gestreut. Durch die Beugung wird weißes Licht in die Spektralfarben aufgespalten. Die kurze blaue Wellenlänge wird stärker abgelenkt als

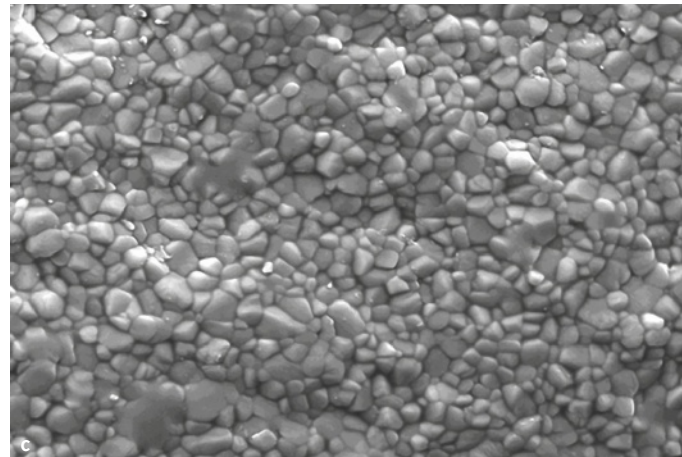


Abb. 1-1-4a bis c Frakturiertes Zirkoniumdioxidgerüst 42 x x 32. **(a)** Gerüst nach der Sinterung; Fraktur zwischen 41 und 31. **(b)** Lichtmikroskopische Aufnahme des frakturierten Bereichs. Der Bereich wurde im Weißzustand geschnitten, um die beiden Zwischenglieder zu trennen. Dadurch wurde ein Riss initiiert, der während des Sinterns nicht versiegelt wurde. **(c)** Raster-elektronenmikroskopie (REM) der gebrochenen Oberfläche nach dem Sintern. Die Bildung von Körnern an der Oberfläche zeigt, dass der Bruch vor dem Sintern entstanden ist.

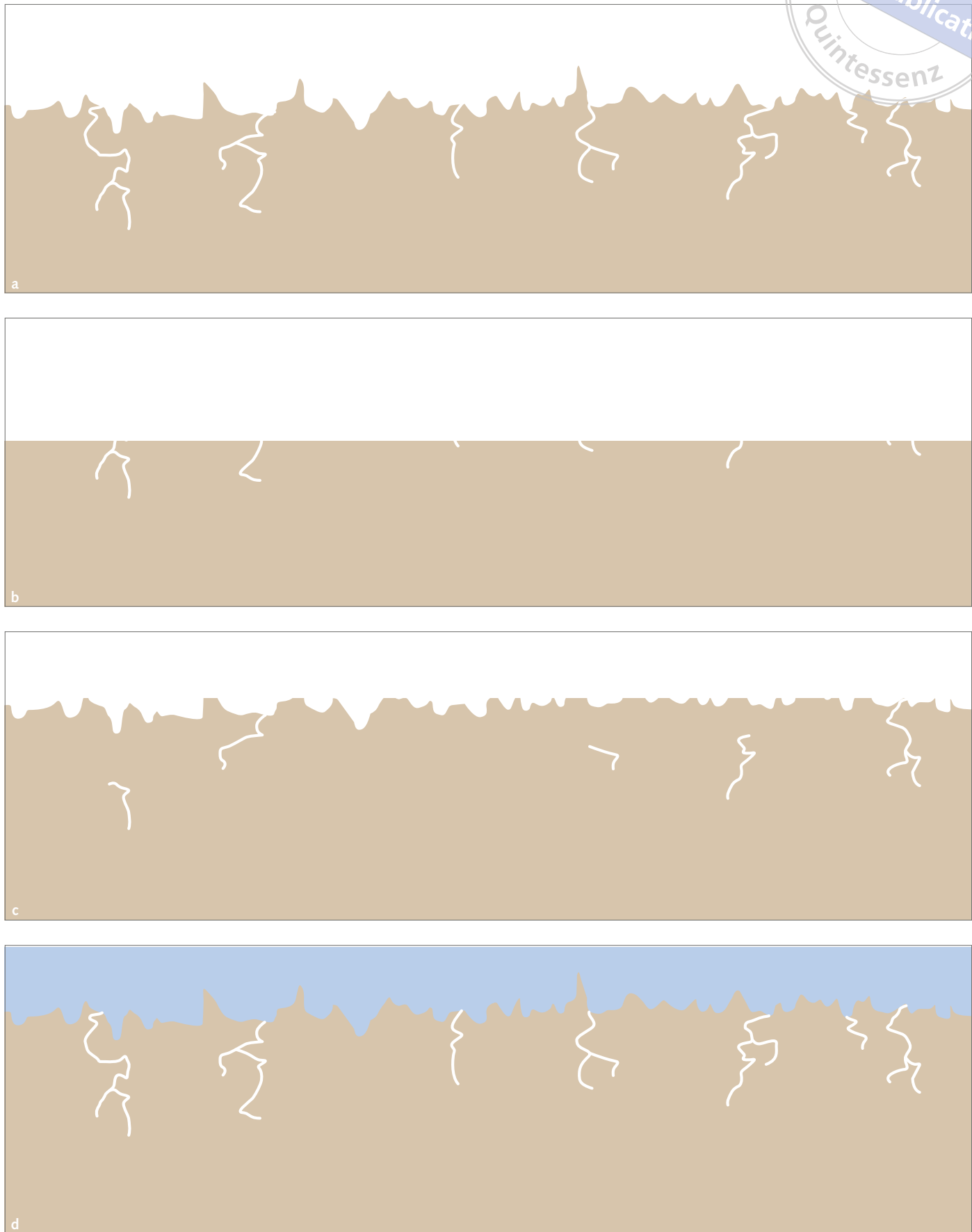


Abb. 1-1-5a bis d Schematische Darstellung der Auswirkung des Polierens, des Glasurbrandes oder des Glasierens auf die Oberflächenqualität. **(a)** Mikrorisse an der Oberfläche nach der Bearbeitung. **(b)** Oberfläche nach dem Polieren. **(c)** Oberfläche nach dem Glasurbrand. **(d)** Oberfläche nach dem Glasieren.



Abb. 1-1-6 Pigmente, die zur Herstellung der passenden Farbtöne verwendet werden.

die lange rote. Befindet sich die Lichtquelle hinter dem Beobachter, wird hauptsächlich das blaue Licht gesehen; befindet sich die Lichtquelle hinter dem Objekt, werden hauptsächlich gelbe und rote Farben gesehen (Abb. 1-1-10). Dieser Effekt ist am Himmel sichtbar: kleine Wassertropfen streuen das Licht. Wenn die Sonne vor uns steht, sehen wir hauptsächlich gelbes und rotes Licht; wenn die Sonne hinter uns steht, sehen wir den azurblauen Himmel.

Fluoreszenz

Die Zähne leuchten, wenn sie mit ultraviolettem Licht angestrahlt werden. Elektronen werden durch das ultraviolette Licht angeregt und geben die Energie durch Aussenden von sichtbarem Licht ab (Abb. 1-1-11). Materialien für ästhetische Restaurationen müssen einen ähnlichen Effekt aufweisen. Der Name geht auf das Mineral Fluorit (Flussspat) zurück, bei dem dieser Effekt erstmals beobachtet wurde.

Optische Anpassungsfähigkeit

Unter optischer Anpassungsfähigkeit („Chamäleon-Effekt“) versteht man die Wahrnehmung, dass Farbunterschiede

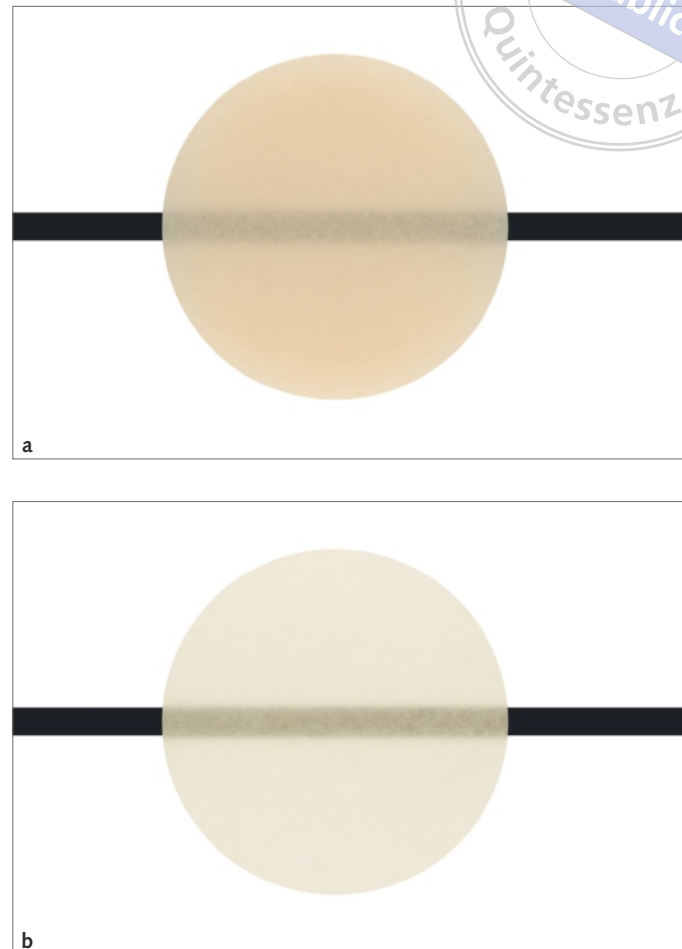


Abb. 1-1-7a und b Transluzenz verschiedener Keramikfarben. (a) Dentinmasse. (b) Schmelzmasse.



Abb. 1-1-8 Reflexion von Licht an der Keramikoberfläche. Je nach Oberflächenrauigkeit und Einfallswinkel ist die Reflexion mehr oder weniger stark ausgeprägt.

zwischen ästhetischen Dentalmaterialien und Zahnhartsubstanz beim Betrachten der nebeneinander liegenden Materialien geringer erscheinen, als es bei isolierter Betrachtung zu erwarten wäre¹².

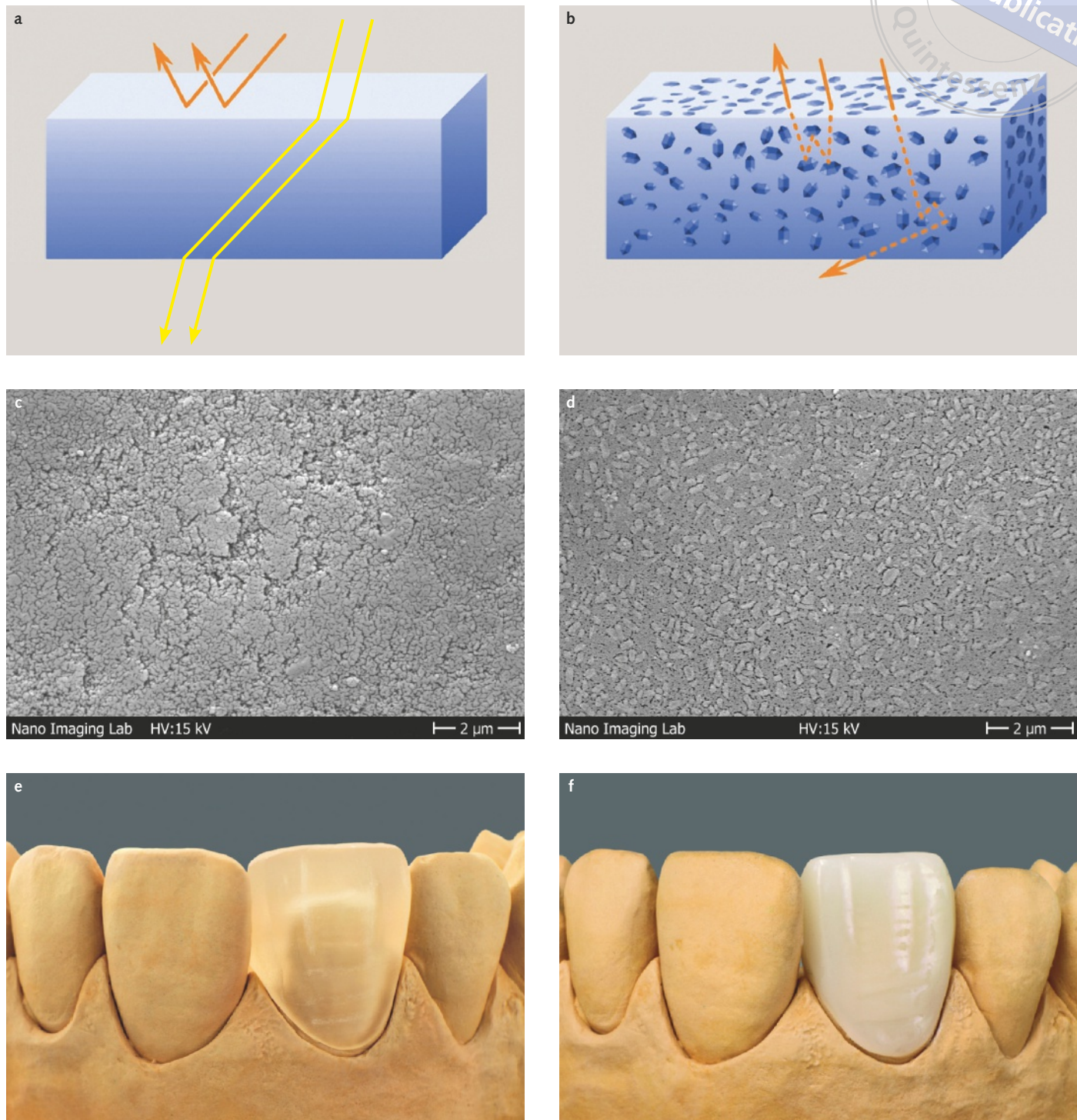


Abb. 1-1-9a bis f Brechung des Lichts in einer Glaskeramik (Vita Suprinity PC) vor und nach der Kristallisation. **(a und b)** Schematische Darstellung der Lichtbrechung. Im glasartigen Zustand **(a)** ist das Material lichtdurchlässig. Das Licht geht ohne Brechung durch das Material. Nach der Kristallisation **(b)** wird das Licht an den Grenzflächen zwischen Glasmatrix und Kristallen gestreut. Das Licht wird teilweise gebrochen und das Material erscheint dadurch weißlich. **(c und d)** Die Oberfläche wurde leicht mit Flusssäure angeätzt, um den Übergang vom glasartigen Zustand zur typischen Mikrostruktur der Glaskeramik zu demonstrieren, die durch eine Glasmatrix mit eingelagerten Kristallen gekennzeichnet ist. Mikrostruktur vor **(c)** und nach **(d)** der Kristallisation. **(e und f)** Erscheinungsbild vor **(e)** und nach **(f)** der Kristallisation.



TEIL II

KLINISCHE VERFAHREN SCHRITT FÜR SCHRITT

KAPITEL 1

Minimalinvasive Restaurationen (Veneers)

Frontzahnbereich

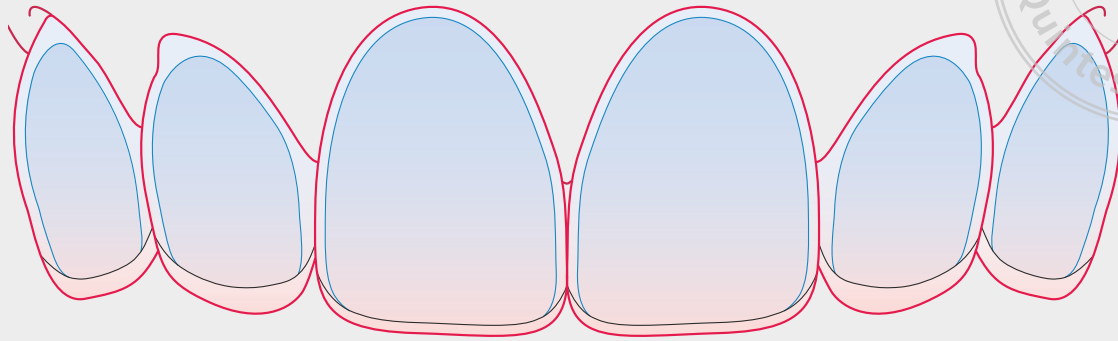
- 2.1.1 Additional Veneers nach einem Zahntrauma
(zwei mittlere Schneidezähne im Oberkiefer)
- 2.1.2 Frontzahnveneer nach einem Zahntrauma
(einzelner mittlerer Schneidezahn im Oberkiefer)
- 2.1.3 Klassische Veneers zur Versorgung einer Amelogenesis imperfecta
(sechs Frontzähne im Oberkiefer)
- 2.1.4 Klassische und palatinale Veneers bei Vorliegen eines Tiefbisses mit
kieferorthopädischer Vorbehandlung (sechs Frontzähne im Oberkiefer)

Front- und Seitenzahnbereich, Augmented-Reality-Anwendungen

- 2.1.5 Klassische Veneers bei einer Patientin mit unentdeckter Zöliakie
(10 Veneers – Von Prämolare zu Prämolare im Oberkiefer)
- 2.1.6 Klassische Veneers mit der Anwendung von Augmented Reality
(10 Veneers – Von Prämolare zu Prämolare im Oberkiefer)
- 2.1.7 Klassische Veneers mit der Anwendung von Augmented Reality und einer
kieferorthopädischen Vorbehandlung (sechs Frontzähne im Oberkiefer)
- 2.1.8 360-Grad-Veneers und Overlays mit einer Einzelimplantatversorgung
(sieben Unterkieferzähne und ein Seitenzahnimplantat)

Komplexe Situationen

- 2.1.9 Gesamtanierung mit klassischen Veneers und Overlays
- 2.1.10 Additional Veneers und Implantatversorgungen
(von Prämolare zu Prämolare im Oberkiefer)



Amelogenesis imperfecta (Klassische Veneers)

2.1.3 Klassische Veneers zur Versorgung einer Amelogenesis imperfecta (sechs Frontzähne im Oberkiefer)

Im Folgenden wird die minimalinvasive Rehabilitation einer Patientin mit Amelogenesis imperfecta beschrieben.

Beurteilung und Behandlungsplanung

Eine 27-jährige gesunde und nahezu kariesfreie Frau stellte sich in der Klinik vor und bat um eine Behandlung der dunklen Flecken an ihren oberen Schneidezähnen und des unästhetischen Gingivarands. Zahntraumata, Tetracyclin-Verfärbungen oder eine Fluorose konnten ausgeschlossen werden. Die klinische Untersuchung gab keinen Aufschluss über den Schweregrad der Amelogenesis imperfecta und die Tiefe der Verfärbung. In Absprache mit der Patientin wurde nun ein stufenweiser Behandlungsplan erstellt. Der erste Schritt bestand aus einem Home-Bleaching. Falls sich zeigen würde, dass die Verfärbungen bis in die tieferen Schichten des Zahns reichen, würde eine Mikroabrasionstechnik angewendet werden. Bei diesem Verfahren würde eine 0,03 mm dünne Schicht des Zahnschmelzes abgetragen werden. Abhängig vom Ergebnis der Mikroabrasion würde der dritte Schritt unternommen werden: Die Vorbereitung der Zähne für keramische Veneers oder Kronen. Letztere Option würde in Betracht gezogen werden, wenn sich der Schmelz aufgrund der Hypoplasie nicht ätzen ließe. Da der Patientin das Aussehen ihres Zahnfleischrandes nicht gefiel, wurde zudem eine Kronenverlängerung ge-

plant (Abb. 2-1-13). Das schrittweise Vorgehen wird im Folgenden beschrieben.

Diagnostik

Die Hauptbeschwerde der Patientin war die dunkle und weiß-opake Verfärbung der oberen Schneide- und Eckzähne. Sie störte sich aber auch an dem asymmetrischen Zahnfleischrand und dem Unterschied zwischen den Inzisalkanten der Zähne 11 und 23. Außerdem wünschte die Patientin eine Korrektur der Überlappung der Zähne 21 und 11.

Zunächst wurden alle Korrekturen mithilfe der Bildbearbeitungssoftware Photoshop Elements (Adobe Systems, San Jose, USA) digital durchgeführt, um die Behandlung der Patientin zu visualisieren. Danach wurden alle geplanten Änderungen in ein Wax-up übertragen. Die Position der beiden Schneidezähne wurde angepasst, damit sie sich besser in den Bogen einfügen. An den Zähnen 11 und 23 wurde die Gingiva auf dem Gipsmodell modifiziert, um die zukünftige Kronenverlängerung zu simulieren (Abb. 2-1-14).

Mock-up

Um die Simulationen in den Mund der Patientin zu übertragen, mussten die Inzisalkante von Zahn 23 und der Höcker von Zahn 24 gekürzt werden. Eine Kunststoffkappe diente als Referenz für das Ausmaß der erforderlichen inzisalen Reduktion (Acryline clear, Anaxdent, Stuttgart, Deutschland). Nach der Präparation wurde der Schmelz mit feinkörnigen Diamantfräsern (Universal Prep Set, Intensiv, Montagnola Schweiz) geglättet.

Zur direkten Herstellung eines Mock-ups im Mund der Patientin wurde ein Silikonschlüssel des Wax-ups ange-



a



b



c

Abb. 2-1-13a bis c Ausgangssituation vor Behandlungsbeginn (Abb. 2-1-13a und b reproduziert mit Genehmigung von Büchi et al.¹).



Abb. 2-1-14a bis d Behandlungsplanung (reproduziert mit Genehmigung von Büchi et al.¹).

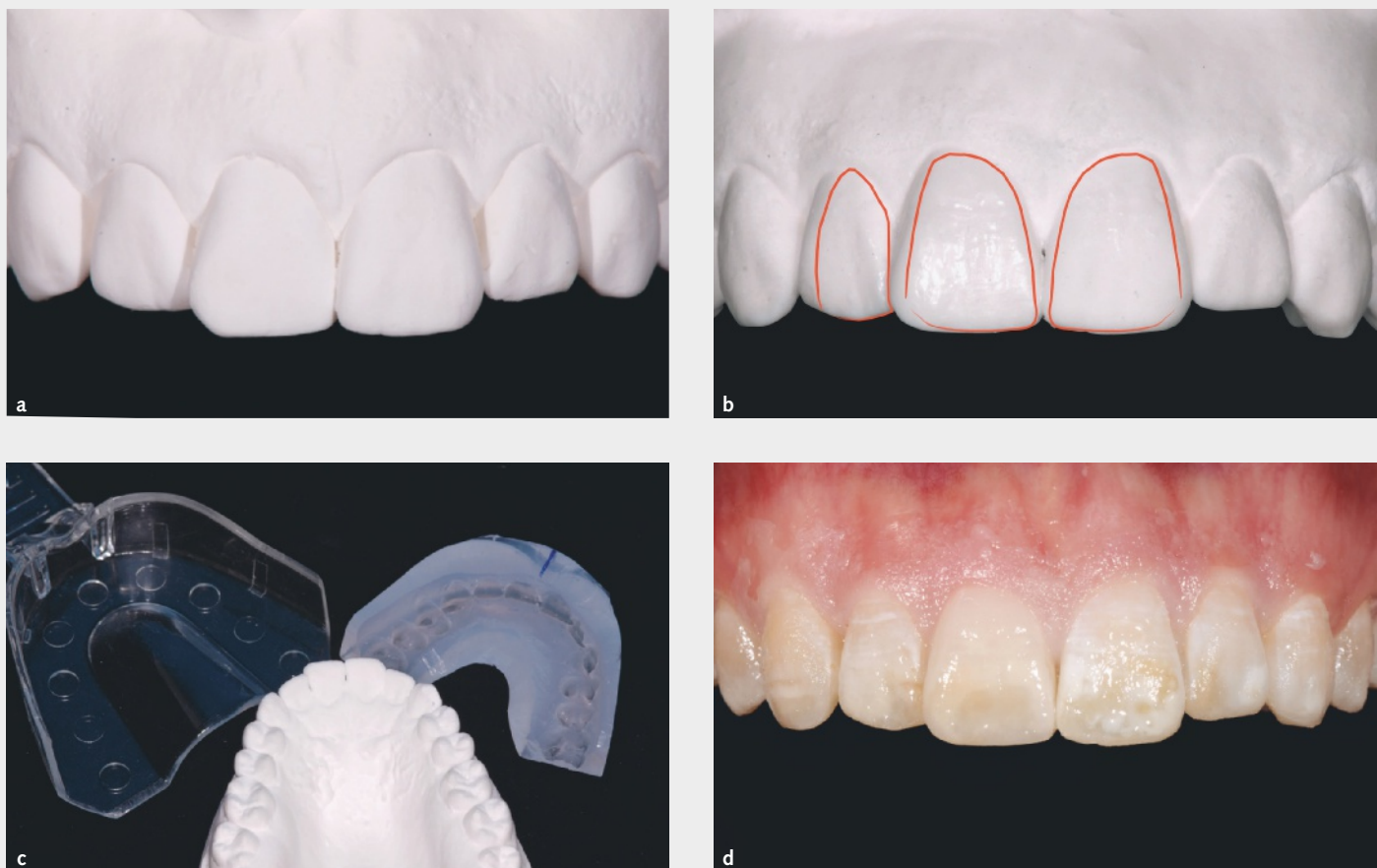


Abb. 2-1-15a bis d Erstellung eines Mock-ups (reproduziert mit Genehmigung von Büchi et al.¹).

fertigt (Memosil 2, Kulzer, Hanau, Deutschland). Dieser Silikonschlüssel wurde mit einem chemisch härtenden Kompositmaterial in der Farbe Vita A1 (Protemp, 3M, Seefeld, Schweiz) gefüllt und über die Zähne gelegt. Das so entstandene Mock-up diente als Kommunikationsmittel, mit dem das voraussichtliche Behandlungsergebnis mit der Patientin besprochen werden konnte. Zudem ermöglichte es, das Ausmaß der notwendigen Kronenverlängerung abzuschätzen (Abb. 2-1-15).

Kronenverlängerung

Das Gingivaniveau an Zahn 11 musste um etwa 1 mm, und an Zahn 23 um etwa 1,5 mm nach apikal verschoben werden. Die parodontale Untersuchung ergab, dass beide Zähne Pseudotaschen aufwiesen. Der vertikale Abstand zum Knochen betrug etwa 4 mm. Es wurde eine Gingivektomie durchgeführt, wobei darauf geachtet wurde, eine Verletzung der biologischen Breite zu vermeiden. Das Mock-up diente zur Überprüfung der gesamten prospektiven Kronenlänge. Um den Erfolg der Kronenverlängerung sicherzustellen, sah der Behandlungsplan eine Einheil- und Stabilisierungspause von 2 Monaten vor (Abb. 2-1-16).

Home-Bleaching

Für das Home-Bleaching aller Zähne wurden im Dental-labor Bleichschienen angefertigt (Erkodur, Pfalzgrafenweiler, Deutschland). Der Patientin wurde ein Carbamidperoxid-Bleichgel mit einer Konzentration von 15 % (Opalescence, Ultradent Products, South Jordan, USA) verabreicht, welches sie in den folgenden drei Wochen für jeweils zwei Stunden am Tag anwenden sollte. Bei der Nachuntersuchung ein bis zwei Wochen nach dem letzten Bleaching wurde eine deutliche Aufhellung der Farbe festgestellt. Die Zahnästhetik spielte für die Patientin eine immer größere Rolle und die positiven Veränderungen motivierten sie, weitere Verbesserungen anzustreben.

Mikroabrasion

Der nächste Schritt des Behandlungsplans war die Anwendung der Mikroabrasionstechnik (Opalustre, Ultradent Products). Die oberste Schmelzschicht wurde geätzt und anschließend mit einer abrasiven Paste und einem Gummielch entfernt. Auch bei der Nachuntersuchung wurde eine deutliche Verbesserung festgestellt, wenngleich die Verfärbungen nicht vollständig entfernt werden konnten. Die Patientin war weiterhin motiviert, die Behandlung fortzuführen, um die Stellung und Form ihrer Frontzähne zu korrigieren (Abb. 2-1-17).

Veneerpräparation und Abformung

Basierend auf dem Wax-up wurde nun ein Silikonschlüssel angefertigt, um die korrekte Präparation der Zähne zu erleichtern. Die Zähne 13 bis 23 wurden für die Aufnahme von Veneers minimalinvasiv präpariert. Mit einem epigingivalen Verlauf ausschließlich im Schmelz wurde die endgültige Abformung mit zwei Retraktionsfäden vorgenommen. Um eine Traumatisierung der Gingiva zu vermeiden und das Risiko von Rezessionen zu minimieren, wurde als erster Retraktionsfaden ein chirurgisches Nahtmaterial (Größe 4-0, Vicryl Ethicon, Johnson & Johnson, New Brunswick, USA) verwendet. Als zweiter Retraktionsfaden diente der dünnste auf dem Markt erhältliche Faden (000 Ultrapak, UP Dental, Köln, Deutschland). Die Präparationsränder konnten mit dieser Technik ausreichend freigelegt werden (Abb. 2-1-18).

Herstellung der Veneers im Labor

Bevor der Zahntechniker mit der Herstellung der endgültigen Restauration begann, wurden alle während der Diagnosephase gesammelten Informationen überprüft, um sicherzustellen, dass die zukünftige Form, Position und Farbe der Zähne den Erwartungen der Patientin und des behandelnden Teams entsprachen.

Der erste Schritt für die endgültige Versorgung war die Anfertigung eines Alveolarmodells. Dieses Modell bietet im Vergleich zu konventionellen Sägeschnittmodellen den großen Vorteil, alle Informationen zur Gingivamorphologie zu bewahren. Um eine bestmögliche Passung der Veneers zu gewährleisten, wurden feuerfeste Stümpfe hergestellt (anaxVest, Anaxdent, Stuttgart, Deutschland).

Für die Herstellung der Veneers wurde ein umgekehrtes Planungskonzept angewendet. Die Laborarbeit orientierte sich an den Informationen aus dem Wax-up und dem Mock-up, die mithilfe von Silikonschlüsseln (Matrix Form 60, Anaxdent) übertragen wurden. Anschließend wurden die keramischen Massen (Creation Classic, Willi Geller, Meiningen, Österreich) entsprechend der vom Zahntechniker in Zusammenarbeit mit der Patientin festgelegten individuellen Zahnfarbe aufgetragen und nach der Beurteilung der Präparation nachjustiert. Nach zwei Dentinbränden wurden die Oberflächentextur und die endgültige Form mit Diamantfräsern gestaltet. Es wurde Goldpulver verwendet, um die Mikrostruktur der Oberfläche hervorzuheben und die Textur deutlich sichtbar zu machen. Nach dem Glanzbrand erfolgte ein mechanischer Poliervorgang. Die Veneers wurden durch Sandstrahlen von den feuerfesten Stümpfen entfernt und im Ultraschallbad gereinigt (Abb. 2-1-19).



Abb. 2-1-16a und b Kronenverlängerung (reproduziert mit Genehmigung von Büchi et al.¹).



Abb. 2-1-17a und b Bleaching (reproduziert mit Genehmigung von Büchi et al.¹).



Abb. 2-1-18a bis c Veneerpräparation und Abformung (reproduziert mit Genehmigung von Büchi et al.¹).

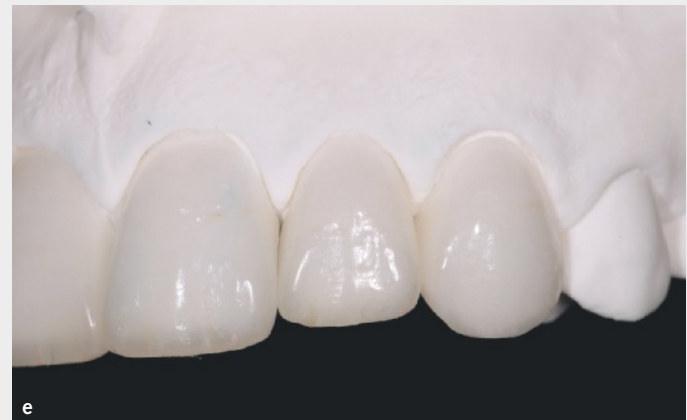


Abb. 2-1-19a bis f Herstellung der Veneers (Abb. 2-1-19a und b reproduziert mit Genehmigung von Büchi et al.¹).



Abb. 2-1-20a und b Adhäsive Befestigung der Veneers (reproduziert mit Genehmigung von Büchi et al.¹).

Einsetzen der Restauration

Es wurde eine Einprobe durchgeführt, bei der die Veneers mit Glyzeringel eingesetzt wurden, um die Farbe besser beurteilen zu können. Sowohl die Patientin als auch der Behandler waren mit dem ästhetischen Ergebnis zufrieden. Anschließend wurden die fragilen Keramikveneers in einer trockenen Umgebung (Kofferdam) eingegliedert. Die Pfeilerzähne wurden mit 35%iger Phosphorsäure (Ultra-Etch, Ultradent Products) geätzt und mit einem mehrstufigen Adhäsivsystem (Syntac Classic, Ivoclar Vi-

vadent, Schaan, Liechtenstein) verklebt. Der Verbund wurde nicht lichtgehärtet, um die Passung der Veneers nicht zu beeinträchtigen. Die Veneers wurden 1 min mit 9,6%iger, gepufferter Flusssäure geätzt (Porcelain Etch, Ultradent Products). Nach Auftragen des Primers (Monobond S, Ivoclar Vivadent) und des Bonding-Systems (Heliobond, Ivoclar Vivadent) wurden die Veneers mit einem dualhärtenden Kunststoffzement (Variolink transparent, Ivoclar Vivadent) einzementiert und überschüssiger Zement anschließend mit rotierenden Diamantinstrumenten entfernt. Die okklusalen und funktionellen Kontakte wur-



Abb. 2-1-21a bis h Ästhetisches Endergebnis.

den analysiert und es waren keine Anpassungen notwendig (Abb. 2-1-20).

Alle Teilnehmer waren mit dem endgültigen Behandlungsergebnis sehr zufrieden. Bei einer Nachuntersuchung

18 Monate nach dem Einsetzen sahen alle Veneers gut integriert aus, ohne Randverfärbungen oder Abplatzungen bzw. Frakturen der Keramik (Abb. 2-1-21). (Zahnarzt: Dr. D. Büchi; Zahntechniker: ZTM V. Fehmer)



Copyright by
Quintessenz
not for publication



Abb. 2-1-21a bis h Ästhetisches Endergebnis.



TEIL III

LANGZEIT- ERGEBNISSE VON FESTSITZENDEN RESTAURATIONEN

3.1 Einführung

In diesem Kapitel:

- Zahngetragene Veneers
- Zahngetragene Inlays und Onlays
- Zahngetragene Einzelkronen
- Endokronen
- Zahngetragene konventionelle Brücken
- Zahngetragene Extensionsbrücken
- Adhäsivbrücken
- Implantatgetragene Einzelkronen
- Implantatgetragene Brücken
- Implantatgetragene Extensionsbrücken
- Kombiniert zahn-implantatgetragene Brücken

Eine Gruppe von Forschern der Universitäten Reykjavík (Island), Bern, Genf und Zürich (Schweiz) sowie des National Dental Center in Singapur hat in den letzten Jahren eine breite Reihe von systematischen Übersichtsarbeiten veröffentlicht (siehe Tabelle 3-11 am Ende von Teil III)^{1–20}. Diese basieren auf einheitlichen Ein- und Ausschlusskriterien, Methoden und einem statistischen Ansatz, der die verfügbaren Informationen über die Überlebensraten verschiedener Typen von zahn- und implantatgetragenen Einzelkronen und Brücken zusammenfasst.

3.2 Zahngetragene Veneers

Eine systematische Übersichtsarbeit²¹ zur Bewertung der Überlebensraten von Keramikveneers aus nicht-feldspat-basiertem Porzellan ergab eine geschätzte 5-Jahres-Überlebensrate von 92,4 %. Sie basierte auf vier Studien, die die Ergebnisse von etwa 400 Veneers auswerteten. Zusätzlich konnten zwei Studien mit einer Nachbeobachtungszeit von mehr als 10 Jahren in die systematische Übersichtsarbeit einbezogen werden. Die berichteten 10-Jahres-Überlebensraten lagen hier bei 66 % bzw. 94 %^{22,23}. Eine neuere systematische Übersichtsarbeit²⁴, die das Überleben sowohl von Glaskeramik- als auch von Feldspatkeramikveneers analysierte, ergab eine Überlebensrate von 94 % für Glaskeramikveneers, basierend auf 676 Veneers mit einer mittleren Nachbeobachtungszeit von 7 Jahren, und eine Überlebensrate von 87 % für Feldspatkeramikveneers, basierend auf 1.283 Veneers mit einer mittleren Nachbeobachtungszeit von 8 Jahren²⁴. Der Unterschied zwischen den Glaskeramik- und den Feldspatkeramikveneers war jedoch statistisch nicht signifikant. Die häufigsten Komplikationen waren Frakturen oder Chipping (4 %), Debonding (2 %), starke Randverfärbungen (2 %), endodontische Komplikationen (2 %) und Sekundärkaries (1 %). Die Autoren

konnten keine konkrete Aussage über den Einfluss der Präparationstiefe (begrenzt auf Schmelz oder Dentin) auf die Misserfolgsraten treffen²⁴.

3.3 Zahngetragene Inlays und Onlays

Systematische Übersichtsarbeiten und Metaanalysen zur Bewertung der Überlebensraten von Keramik- und Kunststoffinlays, -onlays und -overlays ergaben eine geschätzte 5-Jahres-Überlebensrate von 95 % für Keramikinlays und -onlays, basierend auf den Beobachtungen von 5.811 Restaurationen, und eine geschätzte 10-Jahres-Überlebensrate von 91 %, basierend auf einer Stichprobe von 2.154 Restaurationen²⁵. Für Inlays und Onlays aus Glaskeramik wurde eine 5-Jahres-Überlebensrate von 96 % (n = 1.579) und eine 10-Jahres-Überlebensrate von 93 % (n = 605) angegeben. Für Inlays und Onlays aus Feldspatkeramik lagen die entsprechenden Überlebensraten bei 92 % (n = 661) und 91 % (n = 538)²⁵. Die systematische Übersichtsarbeit zeigte, dass die Art des keramischen Materials (Feldspatkeramik vs. Glaskeramik), die Nachbeobachtungszeit (5 Jahre vs. 10 Jahre) und das Studiensetting (Universitätsklinik vs. Privatklinik) keinen signifikanten Einfluss auf die Überlebensraten hatten. Die häufigsten beobachteten Komplikationen waren Keramikfrakturen oder Abplatzungen (4 %), gefolgt von endodontischen Komplikationen (3 %), Sekundärkaries (1 %) und Debonding (1 %). Schwere Randverfärbungen wurden nicht berichtet. Es waren keine Studien verfügbar, die über Inlays, Onlays und Overlays auf Kunststoffbasis berichteten und die Einschlusskriterien einer mittleren Nachbeobachtungszeit von mindestens 5 Jahren erfüllten²⁵.

3.4 Zahngetragene Einzelkronen

Kürzlich veröffentlichten Sailer und Mitarbeiter^{15,16} eine systematische Übersichtsarbeit, in der die Überlebens- und Komplikationsraten von zahngetragenen vollkeramischen und metallkeramischen Kronen analysiert wurden. Die Metaanalyse schloss 17 Studien ein, die über 4.663 metallkeramische Kronen berichteten, sowie 55 Studien, die über 9.493 vollkeramische Kronen berichteten, wobei in der letztgenannten Gruppe verschiedene Arten von Keramik verwendet wurden. Bei den metallkeramischen Kronen betrug die geschätzte 5-Jahres-Überlebensrate 95,7 % (Tabelle 3-1)^{26–58}, bei den vollkeramischen Kronen lag diese bei 94,5 %. Die Überlebensraten der vollkeramischen Kronen variierten je nach Art der verwendeten Keramik. Die 5-Jah-



Tabelle 3-1 Geschätzte jährliche Ausfallrate und 5-Jahres-Überlebensrate von zahngestützten Einzelkronen aus Metallkeramik, verstärkter Glaskeramik und dicht gesintertem Zirkoniumdioxid

Studie	Jahr der Veröffentlichung	Gesamtzahl der Kronen	Mittlere Nachbeobachtungszeit (in Jahren)	Anzahl der Ausfälle	Gesamte Expositionszeit (in Jahren)	Geschätzte jährliche Ausfallrate der Kronen (in %)	Geschätzte 5-Jahres-Überlebensrate der Kronen (in %)
Zahngestützte Einzelkronen aus Metallkeramik							
Passia et al. ²⁶	2013	100	4,3	9	434	2,07	90,2
Reitemeier et al. ²⁷	2013	190	9,6	10	1.832	0,55	97,3
Walton ²⁸	2013	2.211	9,2	83	13.505	0,61	97,0
Rinke et al. ²⁹	2013	50	3,0	1	146	0,68	96,6
Wolleb et al. ³⁰	2012	249	5,3	3	1.310	0,23	98,9
Örtorp et al. ³¹	2012	90	4,5	8	408	1,96	90,7
Vigolo & Mutinelli ³²	2012	20	4,8	0	95	0,00	100,0
Abou Tara et al. ³³	2011	60	3,9	1	235	0,43	97,9
Naumann et al. ³⁴	2011	52	3,4	6	176	3,41	84,3
Boeckler et al. ³⁵	2009	41	2,8	2	114	1,75	91,6
Krieger et al. ³⁶	2009	106	17,0	28	1.598	1,75	91,6
Näpänkangas & Raustia ³⁷	2008	100	18,2	21	1.820	1,15	94,4
Güngör et al. ³⁸	2007	260	7,0	7	1.400	0,50	97,5
Eliasson et al. ³⁹	2007	12	4,3	0	51	0,00	100,0
De Backer et al. ⁴⁰	2007	1.037	10,0	116	10.370	1,12	94,6
Marklund et al. ⁴¹	2003	42	5,0	3	190	1,58	92,4
Jokstad & Mjör ⁴²	1996	43	10,0	0	281	0,00	100,0
Gesamt		4.663	7,3	298	33.965		
Zusammenfassende Schätzung (95 % CI)						0,88 (0,63–1,22)	95,7 (94,1–96,9)

res-Überlebensraten betrugen 96,6 % für Kronen aus leuzit- oder lithiumdisilikatverstärkter Glaskeramik (12 Studien mit 2.689 Einzelkronen) (Tabelle 3-1), 96,0 % für Kronen aus dicht gesintertem Aluminiumoxid (8 Studien mit 1.099 Einzelkronen), 94,6 % für glasinfiltrierte Kronen (15 Studien mit 2.389 Einzelkronen), 93,8 % für Kronen aus dicht gesintertem Zirkoniumdioxid (8 Studien mit 926 Einzelkronen) (Tabelle 3-1), 90,7 % für Feldspat- oder Silikatkeramikronen (10 Studien mit 2.208 Einzelkronen) und 83,4 % für Kronen aus Komposit (1 Studie mit 59 Einzelkronen)^{15,16}. Im Vergleich zu metallkeramischen Kronen wiesen Feldspat- oder Silikatkeramikronen und Kompositkronen signifikant niedrigere 5-Jahres-Überlebensraten auf. Beim Vergleich der Überlebensraten von Front- und Seitenzahnkronen wurden

keine signifikanten Unterschiede zwischen den metallkeramischen Kronen, den leuzit- oder lithiumdisilikatverstärkten Glaskeramikkronen sowie den Kronen auf Aluminiumoxid- und Zirkoniumdioxidbasis gefunden. Im Gegensatz dazu wiesen Kronen aus Feldspat oder Silikatkeramik im Seitenzahnbereich signifikant niedrigere Überlebensraten auf als im Frontzahnbereich^{15,16}.

3.5 Endokronen

Über das Langzeitergebnis von Endokronen liegen nur wenige Daten vor. Eine systematische Übersichtsarbeit zur Evaluation der klinischen (Überlebens-) und *In-vitro*-

TEIL IV



VERMEIDEN UND BEWÄLTIGEN VON KOMPLIKATIONEN

4.1 Einführung

In diesem Kapitel:

- Erfolg von zahn- und implantatgetragenen Versorgung-
gen
- Zahngetragene Versorgung-
 - Ästhetische Komplikationen
 - Biologische Komplikationen
 - Technische Komplikationen
- Implantatgetragene Versorgung-
 - Ästhetische Komplikationen
 - Biologische Komplikationen
 - Technische Komplikationen

Im Laufe der Jahre wurden verschiedene Definitionen für Erfolg in der restaurativen und implantologischen Zahnmedizin vorgeschlagen und verwendet^{1–3}. Anstatt alte Definitionen immer wieder neu zu formulieren oder neue zu erfinden, wäre es sinnvoller, von Erfolgsdefinitionen im Allgemeinen abzurücken. Stattdessen sollten Zahnärzte berichten, ob die Restaurationen über den gesamten Beobachtungszeitraum unverändert und frei von Komplikationen geblieben sind. Eine „erfolgreiche“ Restauration wäre demnach eine Restauration, die während des gesamten Beobachtungszeitraums keinen Eingriff erforderte⁴.

4.2 Erfolg von zahn- und implantatgetragenen Versorgung- gen

In systematischen Übersichtsarbeiten^{5,6}, die sich mit den Überlebens- und Komplikationsraten von festsitzenden zahngetragenen Restaurationen befassten, machten nur wenige der eingeschlossenen Studien Angaben zur Anzahl der Restaurationen, die über den Beobachtungszeitraum intakt oder frei von Komplikationen blieben. Die 5-Jahres-Komplikationsrate für zahngetragene Brücken wurde auf 15,7 % (95 % CI: 8,5–27,7 %) ^{6,7} geschätzt; bei den zahngetragenen Extensionsbrücken lag diese bei 20,6 % ^{5,7} (Tabelle 4-1).

In den Anfängen der Implantologie wurde nur selten über die Gesamtzahl der biologischen und technischen Komplikationen berichtet. Eine frühere systematische Übersichtsarbeit⁴, die sich mit den Überlebens- und Komplikationsraten von implantatgetragenen Brücken befasste, konnte nur drei Studien ausfindig machen, die die genaue Anzahl der Restaurationen angaben, bei denen Komplikationen auftraten. Die geschätzte 5-Jahres-Komplikationsrate war mit 38,7 % (95 % CI: 33,2–44,7 %) ⁴ recht hoch. Die am häufigsten in diesen Studien erwähnte Komplikation

war die Lockerung von Prothetikschräuben. Eine neuere systematische Übersichtsarbeit⁸, die sich ausschließlich mit implantatgetragenen metallkeramischen Brücken befasste, kam hingegen zu dem Schluss, dass 15,1 % (95 % CI: 11,2–20,4 %) der Restaurationen über einen Beobachtungszeitraum von 5 Jahren von biologischen oder technischen Komplikationen betroffen waren. Die geringere Anzahl von Komplikationen zwischen den älteren und den neueren Studien könnte auf eine positive Lernkurve in der Implantologie oder auf die Entwicklung verbesserter Komponenten, die weniger technische Probleme verursachen, zurückzuführen sein. Eine andere systematische Übersichtsarbeit⁹, die sich mit den Überlebens- und Komplikationsraten von implantatgetragenen Metallkeramik- und Zirkoniumdioxidkronen befasste, kam zu dem Schluss, dass bei 13,3 % (95 % CI: 9,0–19,3 %) der Metallkeramik- und bei 16,2 % (95 % CI: 6,2–38,4 %) der Zirkoniumdioxidkronen innerhalb eines Beobachtungszeitraums von 5 Jahren ästhetische, biologische oder technische Komplikationen auftraten (Tabelle 4-2). Obwohl eine signifikante Anzahl von Studien und Metaanalysen^{4–20} beeindruckend hohe Überlebensraten sowohl für zahn- als auch für implantatgetragene Restaurationen angaben, muss berücksichtigt werden, dass zwischen 15 % und 20 % der Restaurationen von ästhetischen, biologischen oder technischen Komplikationen betroffen waren. Eine Studie, die das Ergebnis von implantatgetragenen Versorgung- an der Universität Bern auswertete²¹, nannte beispielsweise eine Misserfolgsrate von 2,5 %, aber zusätzlich traten bei 16,8 % der Versorgung- biologische und/oder technische Probleme auf. Vergleicht man die Gesamtkomplikationsraten von zahn- und implantatgetragenen Versorgung- , so waren zahngetragene Versorgung- häufiger von biologischen Komplikationen wie Karies oder Verlust der Pulpenvitalität betroffen, während es bei den implantatgetragenen Versorgung- eher zu technischen Komplikationen wie Schraubenlockerungen oder Materialfrakturen kam.

4.3 Zahngetragene Versorgung- gen

4.3.1 Ästhetische Komplikationen

In der zahnmedizinischen Literatur über zahngetragene Einzelkronen und Brücken findet man nur wenige Berichte über die Inzidenz ästhetischer Komplikationen (Abb. 4-1) oder Restaurationen, die aus ästhetischen Gründen neu angefertigt werden mussten^{11,12} (Tabelle 4-1). Eine aktuelle systematische Übersichtsarbeit¹⁰, die das Ergebnis von Adhäsivbrücken auswertete, berichtete, dass nur 0,3 % der eingeschlossenen Restaurationen aufgrund eines inakzeptablen



Abb. 4-1 Ästhetisch inakzeptables Ergebnis bei einem Patienten mit hoher Lachlinie, dessen mittleren Schneidezähne mit zahngetragenen Einzelkronen restauriert wurden.

ästhetischen Erscheinungsbildes auszutauschen waren¹⁰. Mit den heute verfügbaren Materialien und Technologien sollten Zahnärzte und Zahntechniker in der Lage sein, das natürliche Aussehen eines Zahnes bei der Herstellung einer zahngetragenen Restauration überzeugend nachzuahmen.

Wie man mit einer zahngetragenen Versorgung nach dem aktuellen Konzept das Aussehen eines natürlichen Zahns nachahmt, wird in Teil I, Kapitel 6 und 9, Schritt für Schritt vorgestellt.

4.3.2 Biologische Komplikationen

Vitalitätsverlust der Pfeilerzähne

Eine der häufigsten biologischen Komplikationen bei zahngetragenen Restaurationen ist der Vitalitätsverlust der Pfeilerzähne (Abb. 4-2; Tabelle 4-1). Bei zahngetragenen Einzelkronen hatten 1,8 % der Pfeilerzähne, die zum Zeitpunkt der Zementierung als vital galten, innerhalb eines Beobachtungszeitraums von 5 Jahren ihre Vitalität verloren¹¹. Bei Kronen aus leuzit- oder lithiumdisilikatverstärkter Glaskeramik bzw. aus glasinfiltrierter Aluminiumoxidkeramik kam es seltener zu einem Vitalitätsverlust der Pfeilerzähne als bei Kronen aus Metall- oder Zirkoniumdioxidkeramik¹¹. Bei den zahngetragenen Brücken erlitten 6,1 % der Pfeilerzähne einen Vitalitätsverlust^{5,7}; bei den zahngetragenen Extensionsbrücken lag der entsprechende Anteil bei 17,9 % über einen mittleren Beobachtungszeitraum von 5 Jahren^{5,7}. Eine Studie²² befasste sich speziell mit dem Verlust der Pulpenvitalität bei Patienten, deren Zähne nach erfolgreicher Behandlung einer fortgeschrittenen Parodontitis mit Brücken versorgt wurden. Sie ermittelte einen Wert von 8,2 % und damit die höchste Vitalitätsverlustrate bei Pfeilerzähnen. Im Vergleich zu den unbehandelten Zähnen der Kontrollgruppe kam es bei



Abb. 4-2 Die Pulpa von Zahn 22 nekrotisierte nach einem Trauma. An der bukkalen Gingiva kam es zur Ausbildung einer Fistel.

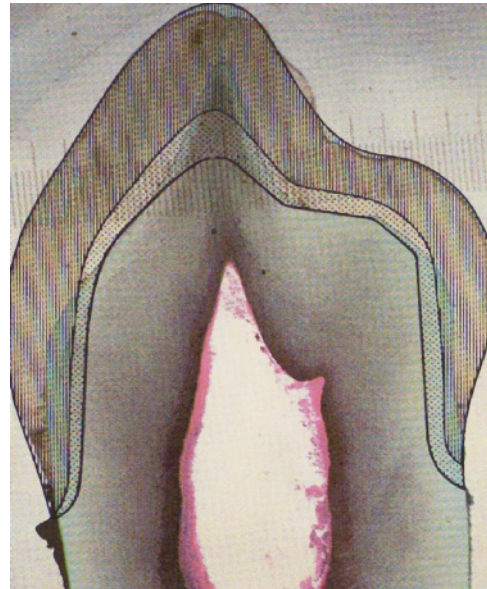


Abb. 4-3 Ein histologischer Schnitt, der die Dentin- und Schmelzdicke im Verhältnis zu einer konventionellen Zahnpräparation zeigt.

den Pfeilerzähnen deutlich häufiger zu einem Verlust der Vitalität²². Es muss jedoch bedacht werden, dass Zähne, die mit Einzelkronen restauriert werden oder als Pfeiler für Brücken dienen, häufig einem höheren Risiko ausgesetzt sind, die Vitalität ihrer Pulpa zu verlieren, da ihnen eine erhebliche Menge an Zahnschubstanz fehlt oder große Füllungen vorhanden sind. Der Zahnarzt sollte berücksichtigen, dass die faciale Schmelz-Dentin-Dicke – je nach Alter des Patienten – zwischen 1,8 mm und 3,1 mm liegt. Die Dicke variiert auch mit dem Zahntyp und dem Messbereich (Abb. 4-3)²³. Es wurde festgestellt, dass es zu histologischen Veränderungen im Pulpagewebe kommt, wenn die Restdentinstärke unter 1 mm liegt²⁴. Es ist äußerst wichtig, das Austrocknen des Dentins während des Workflows zu vermeiden, und eine Überkappung der Pulpa sollte