



Zusammenfassung

Durch Kleben werden Füge-
teile mit einem Klebstoff stoffschlüssig
verbunden. Eine hohe Adhäsion
wird hierbei nur erreicht, wenn
zwischen der Oberfläche des
Werkteiles und dem Klebstoff ein
enger Kontakt entsteht. Hierfür
dürfen sich zwischen Klebstoff
und Werkteil keine Fremdstoffe
befinden, die Klebeflächen müs-
sen sauber, fett- und staubfrei
sein. Der Autor stellt in dem Bei-
trag ein neues Produkt vor, C-Link,
das als Oberflächenbeschichtung
die zeitlich unbegrenzte Konser-
vierung konditionierter Keramik-
flächen ermöglicht. Die empfind-
liche Silanschicht wird geschützt
und somit der Verbund einer
Restauration gesichert. Durch die-
ses Verfahren können die Vorbe-
reitungsarbeiten zum adhäsiven
Befestigen von Keramikteilen, das
Ätzen mit Flußsäure und das
Silanisieren, ins Labor verlagert
werden.

Indizes

Fügetechniken, Keramiken,
Kleben, Adhäsion, Kohäsion,
Silanisieren, C-Link

Die zeitlich unbegrenzte Konservierung von konditionierten Keramikflächen

Safety first

Andreas Hoffmann

Neue Werkstoffe und Verfahrenstechniken geben dem Mediziner und dem Techniker die Möglichkeit, prothetisch präziser zu werden. Dies kann sowohl zahnmedizinisch als auch zahntechnisch umgesetzt werden. Das Angebot an Erzeugnissen und Werkstoffen hat sich immer stärker verfeinert. Diese neuen Techniken verlangen immer bessere Grundlagen und damit einhergehend auch immer bessere, aufeinander abgestimmte Verarbeitungsrichtlinien. Diese beginnen in der Mundhöhle des Patienten und enden ebenfalls wieder dort, mit der endgültigen Befestigung. Das Zusammenspiel dieser gesamten Arbeitseinheiten kann nur von einem perfekt geschulten und aufeinander eingespielten Team erfolgen.

Jeder Patient möchte als Mensch und nicht als Versuchskaninchen in diesen Teil der medizinischen Laufbahn integriert sein, wobei hier auch das Medizinproduktgesetz (MPG) (seit 1998) den Patienten schützt – und die Strafen sind hart!

Das Medizinproduktgesetz schreibt vor, dass zahntechnische Labore alle Fertigungsschritte dokumentieren müssen. Die im Rahmen des MPG geregelte Sonderanfertigung

Einleitung

bezieht sich besonders auf die verantwortliche Einzelfertigung. In diesem Zusammenhang heißt es dort (Auszug): „Sonderanfertigung [...] ist ein Medizinprodukt, welches eigens nach schriftlicher Verordnung (z. B. auf Rezept) und spezifischen Auslieferungsmerkmalen für einen namentlich genannten Patienten hergestellt wird (keine Serienfertigung der Produkte!). Bei diesen Produkten handelt es sich um Einzelfertigungen, wie Gliedmaßenprothesen, Dentalprodukte, Brillen [...]“¹

Der Zahntechniker, der in einem Werksvertrag mit dem Zahnarzt eine Arbeit passend auf dem Modell liefert, haftet für die fach- und sachgerechte Durchführung der Arbeit aus dem Labor. Er muss bei der Fertigung dentaler Produkte als Hersteller immer alle Kriterien der Fertigung und der richtigen Verarbeitung prüfen und garantieren, da er bei der Sonderanfertigung von Zahntechnik, auch nach dem MPG, verantwortlich ist. Das dokumentiert der Zahntechniker in einer ausführlichen Konformitätserklärung, die bei jeder Fertigung, auch einer Teilfertigung dentaler Produkte, immer anzulegen ist.

Wenn alle Parteien eines Teams genau wissen, was richtig ist und sich auch daran halten, dann ist die Welt in Ordnung und jeder Teampartner kann den anderen dort ergänzen, wo seine Qualifikation liegt. Gerade im Bereich der Vollkeramik ist eine gemeinsame Umsetzung, die perfekt ineinander greift, von großer Bedeutung. Kleine Fehler haben hier immer eine große Bruchwirkung.

Sind die prothetischen Zahnkunstwerke erst einmal in der Zahnarztpraxis, geht der Verantwortungsbereich an den Behandler über. Die endgültige Befestigung im Mund des Patienten ist die eigentliche „Krönung“ mit Zeitgarantie und MPG-Ansprüchen.

Die adhäsive Befestigung ist häufig die dentale Hürde, die bei der Vollkeramik zu Problemen führen kann. Auch Fehler, die in der letzten Sekunde einer Versorgung auftreten, können eine Neuanfertigung notwendig machen. Diese Angst begleitet das Dentallabor bis zur ultimativen „Freisprechung“ durch den Behandler: „die Veneers sitzen alle im Mund fest“.

Das MPG schreibt dem Behandler vor, dass er wissen muss, was seine Fachhelferin getan hat (Ätzen mit Flußsäure und Silanisieren sind nur ein kleiner Teil). Nur er allein ist als Arzt seinem Patienten gegenüber haftbar. Nicht die Helferin, die die Abformung gemacht oder die Befestigung der Keramik vorbereitet hat.

Sollten sich aber kleine Fehler in der Konditionierung der Keramik eingeschlichen haben, so erfährt man das in aller Regel erst nach einer gewissen Zeit. Erst verfärbt sich die Keramik ins Gelbliche, dafür ist die Spaltbildung zwischen Keramik und Komposit zuständig.⁷ In diesen Spalt dringt der Speichel mit allen Proteinen, Enzymen, Bakterien usw. ein. Sind die Mikroorganismen erst einmal in diesem Milieu aktiv, so bekommt die Farbe ein beständiges Eigenleben. Am Schluss kann dann auch die retentive Verankerung den Kräften nicht mehr standhalten und die Keramikveneers verlieren ihre Fassung.⁸ Meisten passiert so etwas kurz vor Ende der Garantieleistung. Neues Spiel, neues Glück?

Wie funktioniert eine adhäsive Verbindung?

Wichtig ist, die auf diese Verbindungstechnik wirkenden Kräfte zu beherrschen.⁵ Durch Verkleben werden Fügeileile mittels Klebstoff stoffschlüssig verbunden. Technisch betrachtet ist das Kleben ein Fügeverfahren, welches nahezu alle Werkstoffe miteinander und untereinander verbinden kann.³ Außerdem wird beim Kleben die Kraft flächig von einem zum anderen Fügeileil übertragen. Eine Klebeverbindung besteht aus den beiden Fügeileilen und der dazwischen liegenden Klebschicht. An den Phasengrenzflächen



kommt es nach der Benetzung, die eine bedeutende Rolle spielt, zu Wechselwirkungen und mechanischem Formschluss. Zusammengenommen sind diese Effekte für die Haftkraft (Adhäsion) verantwortlich. Für eine optimale Benetzung muss der Klebstoff während des Fügevorgangs flüssig sein. Seine innere Festigkeit (Kohäsion) gewinnt er durch physikalische Abbindevorgänge oder durch chemische Reaktion. Drei Faktoren beeinflussen die Haltbarkeit einer Verklebung: die Adhäsion, die Kohäsion und das Silanisieren.

Adhäsionskräfte wirken z. B., wenn ein nasses Blatt Papier an einer Glasscheibe hängen bleibt, sozusagen „klebt“. Eine hohe Adhäsion wird dann erreicht, wenn zwischen der Oberfläche des Werkteiles und dem Klebstoff ein enger Kontakt entsteht. Das ist nur möglich, wenn sich zwischen Klebstoff und Werkteil keine Fremdstoffe befinden.

Das heißt, die Klebeflächen müssen sauber, fett- und staubfrei sein. Die Adhäsion kann durch Anrauen der Materialoberfläche (Abstrahlen oder Ätzen) noch verbessert werden, weil dadurch das Werkstück von Fremdkörpern gesäubert und gleichzeitig eine Vergrößerung der Oberfläche erreicht wird.

Die Kohäsion ist der Zusammenhalt der Klebstoffteile (Moleküle) untereinander. Je höher die Kohäsion ist, desto höher ist auch die Festigkeit des Klebstoffes. Beim Kleben selbst kann die Kohäsion optimal genutzt werden, wenn nicht unnötig dick aufgetragen wird.

Die Silikatisierung von Oberflächen (Metalllegierungen, Reinmetallen und Keramiken) erfolgt in der Zahntechnik, um eine retentive Oberfläche und zusätzlich ein tribochemisches Verbundverfahren zu erhalten. Unter Tribochemie versteht man den Aufbau von chemischen Bindungen durch den Einsatz mechanischer Energie. Die zu beschichtende Oberfläche wird zunächst durch Sandstrahlen mit 110 µm Aluminiumoxid gereinigt. Der Auftrag von Kieselsäure oder Siliziumdioxid erfolgt durch Aufstrahlen eines geeigneten Aluminiumoxids, welches entsprechend beschichtet ist. Die Keramisierung der bestrahlten Oberfläche erfolgt beim Aufprall der Körner. Dabei werden die betroffenen Oberflächen von Substrat und Strahlgut im atomaren und molekularen Bereich so stark ange-regt, dass man von einem so genannten Triboplasma sprechen kann. Das SiO₂ wird dabei in die Oberfläche implantiert und gleichzeitig auf die Oberfläche aufgeschmolzen.

Der nächste Schritt ist die Silanisierung, die ihrerseits die chemische Brücke zum Siliziumdioxid und zum Kunststoff schafft. Anschließend können die Methacrylatgruppen mit den Monomeren des Kunststoffes copolymerisieren. Auf diese Weise wird schließlich der chemische Verbund zwischen Objekt (z. B. Metall) und Kunststoff erzielt. Dieser Kunststoff kann ein Verblendkunststoff, ein Opaker oder jedes andere methacrylierte Monomersystem sein.²

Für die Dentalkeramiken reicht eine Ätzung mit Flusssäure aus, um ein geeignetes retentives Oberflächenmuster zu erzeugen.

Wenn man sich die Silikatkeramik einmal wie eine Mischung aus Kristallen (Matrix genannt) vorstellt, die in eine Glasphase eingeschmolzen sind, dann hat man stabile Bestandteile in dieser Mischung und darum herum ist geschmolzenes Glas. Die Flusssäure ist in der Lage, diese Glasstruktur relativ schnell aufzulösen und legt somit in der Oberfläche die Kristalle frei. Durch diesen Vorgang gibt es raue retentive Flächen, die in

*Die Adhäsion
(Grenzflächenhaftung)*

*Die Kohäsion (innere
Festigkeit des Klebstoffes)*

Silanisieren

der Gesamtfläche durch das Auf und Ab auch wesentlich größere Oberflächen erzeugen. Das Flächenvolumen nimmt also dabei erheblich zu. Dieses Flächenangebot und die retentiven Anteile gegenüber einer glatt geschmolzenen Oberfläche sind es, die die Haftkräfte des Klebers wesentlich erhöhen (Mikroretentionen). Die anschließende Silanisierung erreicht den Verbund des Silans zu den Siliziumdioxid-Molekülen der Oberfläche der Keramik (chemischer Verbund).⁴

Während des Abbindeprozesses entstehen aus den Klebstoffen die Klebschichten, die in ihren Eigenschaftsmerkmalen den Kunststoffen zuzuordnen sind. Erst die Kombination von Klebschicht und Fügeiteiloberfläche ergibt die entsprechenden Haftungskräfte und somit einen wesentlichen Teil der Gesamteigenschaften, die für die Festigkeit einer Klebung von entscheidendem Einfluss sind. Aus diesen Faktoren ergibt sich das von Klebstoff zu Klebstoff unterschiedliche mechanische, physikalische und chemische Verhalten. Die besonderen Anforderungen an Klebschichten bestehen darin, die über die Fügeiteile einwirkenden Kräfte zu übertragen. Dabei kommt dem Abbau bzw. der Reduzierung ggf. auftretender Spannungsspitzen eine besondere Bedeutung zu (Kohäsionsfestigkeit).

Fallbeispiel: Die Klebung von Cerec Veneers

Das Ätzen und Silanisieren sollte möglichst vom Zahnarzt – direkt vor dem Einzementieren – durchgeführt werden, um ein Verunreinigen oder Altern der Silanschicht und damit eine mögliche Reduzierung des Verbundes zu vermeiden.

In vielen Zahnarztpraxen wird jedoch der Ätzvorgang nicht mit Flusssäure, sondern lediglich mit Phosphorsäure durchgeführt. Diese Behandlung kann aber keine Keramik anätzen, sondern sorgt lediglich für die Entfernung aller organischen Stoffe auf der Ätzfläche. Dies hat aber nicht die gleiche Wirkung wie eine Ätzung mit Flusssäure. Oft ist in der Zahnarztpraxis keine Flusssäure vorhanden. Doch haben kleine Fehler bei der Konditionierung der Keramik oft große Folgen. Die Verfärbung der Keramik, bis hin zur Spaltbildung zwischen Keramik und Komposit, begünstigt das Eindringen von Feuchtigkeit, bis auch die retentive Verankerung den Kaukräften nicht mehr standhalten kann und das schöne Keramikveneer unter Umständen verloren geht.

Der Autor nutzt hierfür ein neues, von ihm selbst entwickeltes Produkt, mit dem diese Sorge aus der Zahnarztpraxis in das Labor verlagert werden kann. Das so genannte C-Link, DeltaMed, Friedberg, ein hydrolysestrabiles Klebeverbundsystem, ermöglicht einen vollkommen neuen Weg für den Umgang mit keramischen Teilen zur Befestigung mit



Abb. 1 und 2 Die Ausgangssituation.



Abb. 3 Die zur Eingliederung fertig gestellten Cerec Veneers



Abb. 4 Der Auftrag des Flusssäuregels

Abb. 5 Die Silanschicht.



Abb. 6 Der Auftrag des Connectors

Abb. 7 Die abschließende Lichtpolymerisation sorgt für die Aushärtung des Verbundsystems.

dem natürlichen Zahn (Abb. 1 bis 3). Mit C-Link werden die Vorbereitungsarbeiten zum adhäsiven Befestigen von Keramikeilen ins Labor verlagert, d. h. das Ätzen mit Flusssäure und das Silanisieren (Abb. 4 und 5). Indem C-Link danach auf die silanisierte Keramikoberfläche aufgetragen wird, schützt es die empfindliche Silanschicht und sichert den Verbund mit dem hydrolysestabilen C-Link Connector (Abb. 6 und 7).

Abb. 8 Die adhäsive Befestigung.



Abb. 9 Ein schönes Ergebnis dank eines sicheren Verbundes.



Abb. 10 Das System, bestehend aus Fluor Connect, Silan und C-Link Connector (steco-system-technik, Hamburg).

Die vorbereitenden Maßnahmen im Labor zum adhäsiven Befestigen von Keramikteilen⁶ gewährleisten dem Techniker den sicheren Verbund seiner Restaurationen.

Die Restaurationen können mit Vaseline oder Glycerin und damit im Lichtbrechungsindex der Keramik so anprobiert werden, dass auch der Farbumschlag erkennbar wird (Abb. 8). Nach einer direkten Reinigung in Alkohol kann die adhäsive Befestigung erfolgen (Abb. 9), ohne dass weitere Maßnahmen in der Praxis durchgeführt werden müssen.

Die Oberflächenbeschichtung durch C-Link ermöglicht die zeitlich unbegrenzte Konservierung von konditionierten Keramikflächen. Auch besteht die Möglichkeit, diese Flächen zu kontaminieren und sie wieder zu reinigen, was eine gravierende Veränderung im Handling in der Zahnarztpraxis möglich macht.

Weitere Indikationen

Die Benutzung von C-Link (Abb. 10) verbessert zwar nicht die Haftung zwischen Keramikoberfläche und Klebeverbundsystem, jedoch wird die Sicherheit für das Labor und den Patienten erhöht. Safety first – das Dentallabor kann sichergehen, dass die Keramikoberfläche richtig geätzt und silanisiert wurde und auch der Behandler muss beim Einsetzen nicht mit ätzenden Säuren im Behandlungszimmer des Patienten arbeiten. Weiterhin kann der Zahnersatz problemlos einprobiert werden, ohne die silanisierte



Oberfläche zu zerstören. Durch die Verlagerung des Arbeitsschrittes ins Dentallabor ist die Leistung außerdem nach der Bundeseinheitlichen Benennungsliste (BEB) für das Dentallabor voll abrechenbar. Mit C-Link:

- wird die silanierte Keramikoberfläche vor Verschmutzungen geschützt
- erhält die silanierte Keramikoberfläche eine hydrolysestabile Schicht für den Verbund mit dem Befestigungszement
- erhält der Zahntechniker ein Produkt in die Hand, das eine stärkere Bindung Zahnarzt/Zahntechniker ermöglicht
- wird das Handling mit Keramikeilen in der Praxis sicher
- muss der Zahnarzt vor dem Einzementieren nur noch mit Phosphorsäure reinigen
- ist der Patient kürzer auf dem Stuhl
- spart der Zahnarzt wertvolle Zeit
- ist das Einkleben, z. B. von mehreren Veneers, schneller möglich
- können sämtliche laborgefertigte CAD/CAM-Arbeiten aus Silikatkeramiken fertig zum Einzementieren verschickt werden

Das C-Link System gründet auf dem Design von ZTM Andreas Hoffmann (DSZ) und wird von der Firma DeltaMed hergestellt. Die Firma DeltaMed stellt den Einsatz als Medizinprodukt sicher und weist die Wirksamkeit und Unbedenklichkeit entsprechend der Medizinprodukterichtlinie nach. Eine von der Notified Body/Dekra geprüfte Hauptakte liegt vor. Das Produkt ist in der EU verkehrsfähig. Der deutsche Vertrieb erfolgt über steco-system-technik GmbH & Co. KG, Hamburg.

Grundlagen

Folgende Untersuchungen konnten zeigen, dass es sich bei C-Link um ein hydrolysestabiles Klebeverbundsystem handelt (Stand: 04/2005):

Wirksamkeitsnachweis

- a. Prof. Dr. Matthias Kern, Frau Dr. Simone Brunzel, Universitätsklinikum Schleswig Holstein, Kiel
- b. Fachhochschule Koblenz FB Werkstofftechnik Glas und Keramik Höhr-Grenzhausen
- c. Untersuchungen Qualitätstechnik DeltaMed GmbH
- d. Prof. Dr. I. Zylla Fachhochschule Osnabrück (Überprüfung der Wirksamkeit eines Keramikconditionierers als Interdisziplinäres Projekt 2003).

1. Böckmann HF. MPG & Co.: Eine Vorschriftensammlung zum Medizinproduktegesetz mit Fachwörterbuch. Köln: TÜV-Verlag, 2002.
2. Eichner K, Kappert HF. Zahnärztliche Werkstoffe und ihre Verarbeitung. Band 1. 6. Auflage. Stuttgart: Thieme, 2008:254,193,361.
3. Janda R. Kleben und Klebtechniken, Teil 1: Allgemeine Prinzipien der Klebtechnik. Dent Lab 1993;40:409-415.
4. Janda R. Kleben und Klebtechniken, Teil 2: Adhäsiv-Systeme für Zahntechnik und –medizin. Dent Lab 1993;40:615-628.
5. Janda R, Roulet JF, Wulf M, Tiller HJ. A new adhesive technology for all-ceramics. Dent Mater 2003;19:567-573.
6. Rüttermann S, Fries L, Raab WHM, Janda R. The effect of different bonding technologies on ceramic / resin shear bond strength. J Adhes Dent 2008;10:197-203.
7. Schwickerath H. Farbänderungen an keramischen Verblendungen. Quintessenz Zahntech 1985;11:837-842.
8. Schwickerath H. Dauerfestigkeit von Keramik, Dtsch Zahnärztl Z 1986;41:264-266.

Literatur

ZTM Andreas Hoffmann, Dentales Service Zentrum
Ludwig-Erhard-Straße 7b, 37434 Gieboldehausen
E-Mail: info@1dsz.de

Adresse des Verfassers