

Schnelle Füllung mit Blaulicht

Zahnfüllungen müssen nicht mehr aus Amalgam sein, zunehmend erobern Kunststofffüllungen die Zahnarztpraxen. Die Materialforscher haben mittlerweile eine große Vielfalt dieser so genannten Komposite entwickelt, deren Vorteil nicht zuletzt darin liegt, dass sie sich mit Hilfe der Lichtpolymerisation rasch aushärten lassen.



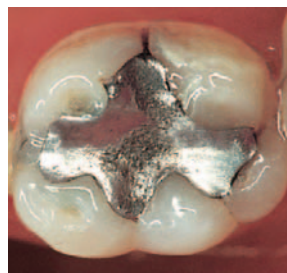
Mit blauen LED-Lampen lassen sich Zahnfüllungen aus Kunststoff schnell und effizient aushärten. Hier ist ein Prototyp zu sehen, der an der Universität Jena von Alexander Uhl entwickelt wurde. (Foto: A. Uhl)

Mutti, Mutti, er hat gar nicht gebohrt – dieser Ausruf aus der Zahnpastawerbung bleibt zumeist den Glückskindern vorbehalten, die von Natur aus tadellose Zähne haben. Für alle anderen heißt es bei Zahnschmerzen allzu oft: Karies rausbohren, Füllung rein und dann einige Stunden nichts essen, bis die Füllung ausgehärtet ist. Das gilt zumindest für Zahnfüllungen aus Amalgam¹⁾, einer Legierung von Quecksilber (ca. 50 %) mit Silber, Zinn, Kupfer und Zink.

Amalgam ist bei leichter Erwärmung gut zu verarbeiten und härtet von selbst, was aber einige Zeit dauert. Amalgamfüllungen sind schon 659 v. Chr. aus China belegt, in Europa wurden sie erstmals 1826 in Frankreich eingeführt. Heutzutage trägt jeder Bundesbürger im Durchschnitt zwölf Amalgamfüllungen im Mund, das sind drei bis vier Gramm Quecksilber. Wegen dieses Quecksilbers sind Amalgamplomben in Verruf gekommen, eine eindeutige gesundheitsschädigende Wirkung konnte jedoch nicht nachgewiesen werden. In jedem Fall sind Amalgamfüllungen nicht besonders hübsch. Deshalb wurden als Alternative zum Amalgam Anfang der 1970er-Jahre zahnfarbene Kunststofffüllungen (Komposite) entwickelt. Im Namen steckt schon die Idee: Komposite vereinen zwei verschiedene Materialien, die zusammen Eigenschaften entwickeln, die

sie für sich alleine nicht besitzen. Eine Komponente, die sog. Matrix, dient dabei als Gerüst, das durch Polymerisation aufgebaut wird, die andere als Füllstoff, der in die Matrix eingebettet wird und mit dem sich gezielt das physikalische und chemische Verhalten des Verbunds steuern lässt. Vor allem reduzieren die Füller die Schrumpfung der Matrix während der Polymerisation, die ansonsten bis zu 20 Prozent betragen würde – was keine gute Voraussetzung für eine Zahnfüllung wäre.

Die in der Zahnmedizin verwendeten klassischen Komposite unterscheiden sich im Wesentlichen in Art und Größe des Füllmaterials. Als Grundsubstanz dient immer ein Kunststoff namens Bisphenol-Glycidylmetacrylat (Bis-GMA), erfunden von dem amerikanischen Chemiker Rafael L. Bowen. Bei der Entwicklung der Füllung versuchte man es zunächst mit relativ „großen“ Partikeln (5 bis 10 Mikrometer Durchmesser, man spricht hier von Makrofüllerkompositen), doch es zeigte sich, dass die hierfür verwendeten Gläser als kompakte Festkörper zwar hervorragende Eigenschaften haben, als kleingeriebene Plombenmaterial aber zuviel Abrieb zulassen. Ist ein solch großer Füllkörper einmal aus der Matrix gelöst, hinterlässt er ein Loch, an dem die weitere Zerstörung ansetzt. Außerdem lassen sich Makrofüllerkomposite kaum polieren. Konsequenterweise wurden dann Mikrofüllerkomposite entwickelt, mit SiO₂-Partikeln mit einer Größe von durchschnittlich nur 0,04 µm. Nachteile nun: da der Füllgrad bei Mikrofüllung deutlich niedriger ist, wenn man eine ausreichende Formbarkeit des Materials erhalten will, hat das Komposit eine deutlich höhere Polymerisationsschrumpfung und ist zudem weniger physikalisch belastbar. Man löste dieses Problem zwar durch den Zusatz von polymerisierter Mikrofüller, doch der Einsatz dieser inhomogenen Mikrofüller blieb auf die Restauration von Frontzähnen beschränkt; im Seitenbereich bewährten sie sich nicht.



Im Gegensatz zur Amalgam-Füllung (links) fällt eine Kunststofffüllung optisch kaum noch auf (Fotos: Ivoclar Vivadent)

Warum aber nicht die Vorzüge beider Fülltypen kombinieren? Gedacht, getan: Hybridkomposite besitzen Füllpartikel unterschiedlicher Größe und verbinden die Vorteile der als Makrofüller eingesetzten Gläser (optimale mechanische Eigenschaften) und der als Mikrofüllkörper eingesetzten pyrogenen Kieselsäure (hervorragende Polierfähigkeit) in einem Material.

Härten mit Licht

Nun will der Zahnarzt die Füllung aber erst fertig modellieren, bevor sie fest wird. Er muss also die Möglichkeit besitzen, den Prozess der Polymerisation gezielt anstoßen zu können. Die Starthilfe ist eine optische: Bei der so genannten Lichtpolymerisation werden im Komposit zunächst spezielle Startermoleküle initiiert – meist gelbliches Kampherchinon mit einem Absorptionsmaximum von 468 nm –, die unter dem Einfluss von Licht und im Zusammenspiel mit Zusatzstoffen reaktionsfreudige Radikale bilden. Diese Radikale setzen nun eine Kettenreaktion in Gang, bei der die Monomere des Matrixmaterials Bis-GMA über ein radikalisches Zwischenprodukt zu immer längere Kettenmolekülen zusammengesetzt werden und der Kunststoff so aushärtet. (Man spricht hierbei von „radikalischer Polymerisation“: Das Zwischenprodukt lagert sich an die Kohlenstoff-Doppelbindung eines weiteren Monomers an, dabei entsteht wieder ein Radikal usw.)

Ein entscheidendes Werkzeug für den Zahnarzt, der eine Kompositfüllung legt, ist also eine Lampe. In der Anfangszeit der Lichtpolymerisation benutzte man UV-Lampen, die inzwischen jedoch aus den Zahnarztpraxen vollständig verschwunden sind. Weltweiter Standard sind heutzutage Halogenlampen, die mithilfe eines Filters blaues Licht im Wellenlängenbereich 380–520 nm abgeben. Die Intensität dieser Lampen ist zwar ausreichend zur Härtung – mindestens 500 mW/cm² –, die Lichtausbeute liegt aber nur

1) Abgeleitet vom arabischen al-malgam „erweichende Salbe“.

2) Vgl. Physik Journal, November 2003, S. 56

bei mageren 0,7 %. Halogenlampen sind Energieverschwender, was die unangenehme Folge hat, dass sie sehr warm werden; es gibt sogar Hinweise darauf, dass diese Hitze bei einem sehr tiefen Loch die Pulpa („das, was lebt im Zahn“) schädigen könnte. Zudem halten Halogenlampen nicht sonderlich lange, in der Regel müssen sie nach 100 Betriebsstunden ausgetauscht werden.

Eher aus der KFZ-Technik bekannt sind die Plasmalampen („Hochdrucklampen“) mit einem schmalen Emissionsspektrum und einer höheren Lichtintensität von etwa 1400 mW/cm^2 , die wesentlich kürzere Bestrahlungszeiten von nur einigen Sekunden ermögli-



Eine herkömmliche Halogenlampe, wie sie für das Aushärten von Kunststofffüllungen verwendet wird. (Foto: Ivoclar Vivadent)

chen. Doch Geschwindigkeit ist nicht unbedingt Trumpf: Komposit-Hersteller raten dringend von der Benutzung von Plasmalampen ab, da sie zuviel Energie in zu kurzer Zeit in den Zahn pumpen und damit sowohl Material als auch Zahn schädigen – ganz abgesehen von den hohen Kosten und dem Sicherheitsaufwand, den sie mit sich bringen. Die Plasmalampe weist also keinen Vorteil gegenüber der Halogenlampe auf. Ganz im Gegensatz zur LED, die wie in so vielen Bereichen des Alltags auch in Zahnarztpraxen Einzug hält und die Lichtpolymerisation revolutioniert. Die Vorteile von LEDs sind ja schon länger bekannt:²⁾ hoher Wirkungsgrad, geringe Abwärme, lange Lebensdauer. Ein großes Hindernis für ihren Einsatz als Polymerisationslampen war allerdings über viele Jahre hinweg die ungenügende Leistungsdichte der LEDs. Doch im vergangenen Jahr stellte die Arbeitsgruppe um Klaus Jandt am Institut für Materialwissenschaft und Werkstoffkunde der Universität Jena eine praxistaugliche blaue LED-Lampe vor, die das Zeug zum vollwertigen Ersatz für Halogenlampen hat: Der Spezial-Chip mit 16 Indium-Gallium-Nitrid-Dioden auf einer Fläche

von 4 mm^2 ist eine der hellsten Lampe ihrer Art (901 mW/cm^2) und liefert ein enges und damit sehr effektives Spektrum in der Größe des Absorptionsmaximums der Startermoleküle (ca. 450 bis 490 nm). Die patentierte Lampe gibt dem Zahnarzt ein handliches (Akku-Betrieb!), leistungsfähiges und ungefährliches (keine Abwärme) Instrument in die Hand; zurzeit wird sie an der Zahnklinik der Universität Jena auf Herz und Nieren geprüft. In einer Reihe von Veröffentlichungen konnte die Arbeitsgruppe bereits zeigen, dass LED-Lampen bei der Härtung von Kompositen die gleichen Resultate liefern wie Halogenlampen.

Kleber gegen Schrumpfen

Viele Dentalfirmen arbeiten ständig an der Verbesserung der Kunststoffe und werfen in rascher Folge neue Produkte auf den Markt, doch die bereits erwähnte Polymerisationsschrumpfung konnten sie bisher nicht vollständig in den Griff bekommen. Unangenehme Folge dieser Instabilität: Am Rand der Füllung entsteht eine Randspalte, die erneut Karies hineinlässt und das Werk des Zahnarztes schnell wieder zunichte macht. Um es nicht soweit kommen zu lassen, wird der betroffene Zahn zunächst mit Phosphorsäure aufgeraut (das ist dieser unangenehme Geschmack während der Behandlung) und anschließend mit einem vorpolymerisierten, niedrigviskosen Kunststoff bestrichen, der sich in den Zahn „hineinkrallt“ und als Kleber zwischen diesem und der Füllung dient. Da die Haftwirkung stärker als die Schrumpfkkräfte ist, wird die Randspalte vermieden.

Ein anderes Problem mit Kunststofffüllungen kann auftreten, wenn die Löcher sehr tief sind und damit auch der Einsatz. Dann besteht die Gefahr, dass nur die obere Schicht der Füllung durch die Lichtpolymerisation ausgehärtet wird. Solche nicht ausgehärteten Füllungen sind schnell wieder draußen. Abhilfe schafft hier eine Mehrschicht-Technik, die die Füllung nach und nach in mehreren Schritten aufbaut, wobei nach jeder neuen Schicht zunächst gehärtet wird, bevor es weitergeht. Schließlich ist das Werk vollendet und eine Füllung eingesetzt, die nicht nur praktischen, sondern auch ästhetischen Ansprüchen genügt. Irgendwann wird es aber erneut heißen: Mutti, Mutti, er hat doch gebohrt.

ULRICH KILIAN