

der Metallurgie. Der Zahnkünstler geht bei der Arbeit nur ganz wenige Schritte – meist um Silber zu verwenden – bis zu den eigentlichen Herstellungsprozessen. Die resultierende Krone ist hier ein Vorbild für das Prototypingmodell von 3D-Druck. Ein solches Modell ist ein Abdruck von 3D-Druck, der sich mit einer bestimmten Genauigkeit und Qualität reproduzieren lässt. Das Modell ist ein Modell einer Krone, die bei der Fertigung der Krone genau die gleiche Form wie der Original hat. Das Zahnmodell ist ein Modell, das die Krone im selben Maßstab wie die Krone im Original hat und das die gleiche Krone im selben Maßstab wie die Krone im Original hat. Es ist ein Modell, das die Krone im selben Maßstab wie die Krone im Original hat und das die gleiche Krone im selben Maßstab wie die Krone im Original hat.

Heute haben Computer-gestützte CAD-Programme die Herstellung von Metallprothesen revolutioniert. Sie ermöglichen es, die Krone im Original zu drucken und sie in einem 3D-Modell zu drucken. Das Programm ist ein 3D-Modell, das die Krone im Original druckt und sie in einem 3D-Modell zu drucken. Das Programm ist ein 3D-Modell, das die Krone im Original druckt und sie in einem 3D-Modell zu drucken. Das Programm ist ein 3D-Modell, das die Krone im Original druckt und sie in einem 3D-Modell zu drucken.

Das fertige Modell wird in einem 3D-Drucker gedruckt und es ist ein Modell, das die Krone im Original druckt und sie in einem 3D-Modell zu drucken. Das Programm ist ein 3D-Modell, das die Krone im Original druckt und sie in einem 3D-Modell zu drucken. Das Programm ist ein 3D-Modell, das die Krone im Original druckt und sie in einem 3D-Modell zu drucken.

Silberprothesen. Die Silberprothesen sind ein Modell, das die Krone im Original druckt und sie in einem 3D-Modell zu drucken. Das Programm ist ein 3D-Modell, das die Krone im Original druckt und sie in einem 3D-Modell zu drucken. Das Programm ist ein 3D-Modell, das die Krone im Original druckt und sie in einem 3D-Modell zu drucken.

Erreicht die fertige Krone im 3D-Druck die Krone im Original, so ist sie ein Modell, das die Krone im Original druckt und sie in einem 3D-Modell zu drucken. Das Programm ist ein 3D-Modell, das die Krone im Original druckt und sie in einem 3D-Modell zu drucken. Das Programm ist ein 3D-Modell, das die Krone im Original druckt und sie in einem 3D-Modell zu drucken.

Das fertige Modell wird in einem 3D-Drucker gedruckt und es ist ein Modell, das die Krone im Original druckt und sie in einem 3D-Modell zu drucken. Das Programm ist ein 3D-Modell, das die Krone im Original druckt und sie in einem 3D-Modell zu drucken. Das Programm ist ein 3D-Modell, das die Krone im Original druckt und sie in einem 3D-Modell zu drucken.

*Heiner Weber hat promoviert 1951 an der Universität Düsseldorf. Seit 1962 ist er ärztlicher Direktor des Zahnklinikums Prof. Dr. Dr. H. H. Müller in der Zahnklinik der Universität Tübingen.*

PROTHESEN

# Implantate & Co.

Künstliche Wurzeln im Kiefer, so genannte Implantate, kommen den natürlichen Verhältnissen näher als andere Prothesen.

Von Peter A. Ehrl

Die Zahnfee braucht in Deutschland ein gutes finanzielles Polster: Nicht weniger als etwa 15 Millionen Zähne werden in hiesigen Praxen alljährlich gezogen. Damit der Mund gesund bleibt und auch künftig zu kauen vermag, fertigen Zahntechniker und Ärzte Ersatz an. Mittlerweile lassen sich drei Verfahren unterscheiden, von denen die Implantate etliche Vorteile haben, allerdings deutlich teurer kommen können.

Die schon den Etruskern bekannte Form solcher Prothesen ist herausnehmbar. Die Kunst dabei: Sie muss einerseits leicht zu entnehmen und andererseits sehr belastbar sein. Dafür gibt es heute technisch ausgereifte Halteelemente: Klammern genannte gebogene Metallarme klemmen durch Eigenspannung an gesunden Zähnen, als Geschiebe bezeichnete Fräsungen an Kronen und Prothesen passen exakt ineinander. Teleskopkronen sind hauchdünne Kronen, auf die als ein Gegenstück die Prothese aufgesetzt wird.



Ein „Arbeitszahn“ aus einer feuerfesten Masse ist das Abbild des Originals.



Aus Keramik wird das Inlay in der Kaufläche des Arbeitszahnes modelliert.



Das gebrannte Inlay, hier noch im Arbeitszahn.



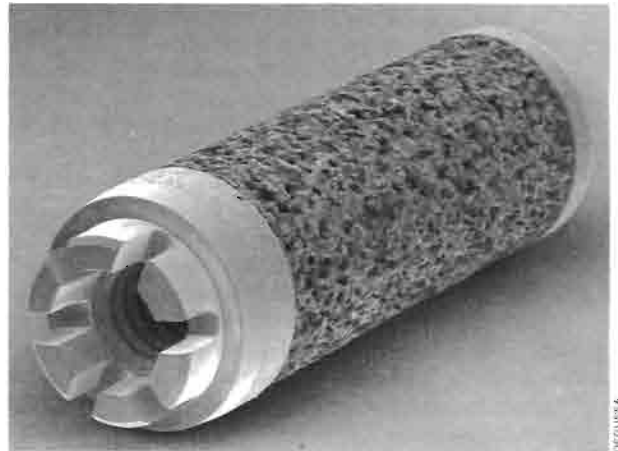
Separation des Inlays nach dem Brand.



Fertig: Das Inlay füllt die Kavität im Backenzahn.



Um ihre Oberfläche zu vergrößern, haben viele Implantate ein Schraubgewinde und zusätzlich eine Beschichtung mit Hydroxylapatit (links). Durch Aufrauen entsteht eine noch größere Oberfläche und damit ein innigerer Kontakt von Knochen und Implantat. Die sehr präzise, zinnenförmige Struktur dient der sicheren, formschlüssigen Verbindung mit der aufgesetzten Krone (rechts).



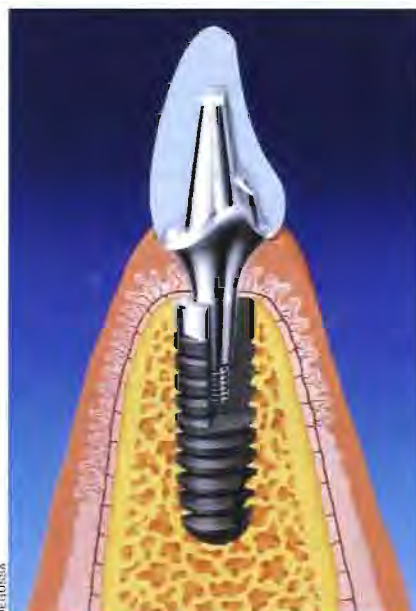
Die letzten beiden Möglichkeiten der Verankerung erfordern Überkronung gesunder Zähne, kosten also intakte Substanz, die erste kommt nur scheinbar ohne aus, denn die Klammern reiben Hartsubstanz ab. Darüber hinaus haben herausnehmbare Prothesen mitunter deutliche Nachteile: Zum einen empfindet sie der Patient anfangs meist als Fremdkörper, zum anderen werden die zur Befestigung genutzten Zähne über die Maßen belastet. Klammern als Halteelemente führen langfristig zum Abrieb von Schmelz, manchmal muss ein gesunder Zahn überkront, das heißt beschliffen werden, und mitunter verstärkt Hebelwirkung die auf die Zähne wirkende Kraft. Am Ende droht dann die Totalprothese. Dass sie heute immer seltener vorkommt, ist ein Erfolg von Prävention und moderner Therapie.

Eindeutig komfortabler ist fest sitzender Zahnersatz; auch verursacht er weniger Folgeschäden. Problematisch sind aber insbesondere die bekannten „Brücken“: Intakte Zähne rechts und links einer Lücke werden beschliffen und überkront, daran wird der überbrückende Zahnersatz dauerhaft befestigt. Der Nachteil ist zunächst der Verlust gesunder Substanz. Bei sehr großen Prothesen droht zudem wieder Überlastung, denn die „Brückenpfeiler“ müssen ja nun die gesamte Kaukraft aufnehmen.

Hinzu kommt ein generelles Problem: Bei Zahnverlust geht meist auch Kieferknochen verloren – gerade im ästhetisch wichtigen Frontbereich lassen sich solche Defekte durch konventionelle Brücken und Prothesen nicht immer kaschieren.

Eine medizinisch und ästhetisch optimale Lösung bieten Implantate. Das sind fest im Kiefer eingepflanzte Verankerungen, die mit einer einzelnen Krone versehen oder als Träger von Prothesen genutzt werden. Zu Beginn der Entwick-

lung, die bis in die zweite Hälfte des vergangenen Jahrhunderts hineinreicht, hatte man sie nur für Notfälle in Betracht gezogen. Seit ihrer wissenschaftlichen Anerkennung im Jahre 1982 hat sich die Implantologie aber so weiterentwickelt, dass man diese Technik heute vielfach als die überlegene Methode bezeichnen kann. Der Grund: Implantate helfen fast immer, die Begleit- und Folgeschäden herkömmlicher Prothesen zu vermeiden. In einer Studie von 1996 erwiesen sich 80 Prozent der untersuchten Implantate nach zwanzig Jahren als noch voll funktionstüchtig. Kein anderes Gebiet der Zahnmedizin hat im vergangenen Jahrzehnt auch nur annähernd so viele wissenschaftliche Untersuchungen hervorgebracht wie die Implantologie.



Implantate sind künstliche Zahnwurzeln. Ihr Grundgerüst – meist Schrauben oder Stifte – wächst in das umgebende Knochengewebe des Kiefers ein. Auf dem oberen Ende werden Kronen oder Brücken verankert.

Heute nutzt man als Grundwerkstoff der Wurzel fast ausschließlich Titan, nur hinsichtlich der optimalen Oberflächen-gestaltung gibt es unterschiedliche Auffassungen. Je größer die Kontaktfläche mit dem Kiefer, desto inniger und fester wird die Verbindung. Die einfachste Vergrößerungs-Methode ist das Schraubengewinde. Manche Implantate sind auch mit Hydroxylapatit beschichtet. Dieses Material, das beispielsweise bei hochwertigen Hüftgelenksimplantaten verwendet wird, entspricht in der chemischen Zusammensetzung etwa dem Knochen und kann deshalb eine enge, chemische Verbindung mit ihm eingehen. Das Hydroxylapatit wird im Laufe der Zeit teilweise abgebaut und durch Knochen ersetzt. Neuere Wurzel-Typen vergrößern die Mikrooberfläche durch chemisches oder mechanisches Aufrauen des Titans selbst; man spricht dann von einer 3D-Struktur.

Jeder Verlust an Zähnen und Knochensubstanz erschwert aber auch eine Behandlung mit Implantaten. Die aktuelle Forschung konzentriert sich deshalb nicht mehr auf Fragen der Technik, sondern der Biologie: Wie kann man verloren gegangene Knochenmasse so weit wieder herstellen, dass ein Implantat Halt findet?

Die wichtigsten, schon genutzten Lösungen sind: Die Transplantation körpereigenen Knochens aus anderen Kieferbereichen, dem Hüftknochen oder Unterschenkelknochen; der Einsatz tierischen Materials; seit 1999 die Stimulierung der Knochenneubildung durch Wachstumsfaktoren, die von Rindern gewonnen wurden; das allmähliche Aufdehnen des verbliebenen Knochens, um dessen Volumen zu erhöhen. Neuerdings gelingt es auch, Wachstumsfaktoren durch Zentrifugieren aus Patientenblut anzureichern.

Mit den meisten der erwähnten Verfahren lassen sich zwar geradezu spektakuläre Erfolge erzielen, doch nur bei entsprechend großer Erfahrung. Enorme

## „Die Zahnarztpraxis als reine Reparaturwerkstatt ist ein Auslaufmodell.“



Kann es Zahngesundheit für jedermann geben? Der Präsident der Bundeszahnärztekammer scheint skeptisch.

**Spektrum der Wissenschaft:** *Es gibt viel Neues an zahnmedizinischer Technik für Diagnose und Therapie. Was hat Otto Normalverbraucher davon?*

**Dr. Willmes:** Er profitiert vom Zuwachs an Wissen, aber nicht immer von neuer Technik. Nicht jeder Zahnarzt kann deren ganzes Spektrum anbieten, denn die Anschaffung neuer Geräte geht ins Geld und muss sich rechnen. Doch 90 Prozent der Bundesbürger sind in der Gesetzlichen Krankenkasse versichert, und die kann für ihre Versicherten nur einen bestimmten Leistungskatalog anbieten – bei zusätzlicher Einschränkung durch die Budgetpolitik der Regierung. Zu diesem Katalog gehören weder das gesündere digitale Röntgen noch zahnfarbene Füllungen, noch Implantate. Das sind deshalb Privatleistungen. Das bedeutet: Grundversorgung für alle und weitergehende Leistungen als Wahlangebote bei privater Zuzahlung. Ein entsprechender Katalog ist in Arbeit.

**Spektrum:** *Angenommen, ich wäre bereit, für eine neue Technik selbst Geld hinzulegen, wie finde ich denn den Zahnarzt, der sie einsetzt?*

**Willmes:** Fast alle Zahnärztekammern haben Patientenberatungsstellen eingerichtet, viele führen Listen der auf bestimmte Behandlungen spezialisierten Ärzte. Angaben zu fachlicher Qualifizierung, Zertifizierungen und dergleichen erlauben Rückschlüsse auf die gesuchte Therapiemethode. Allerdings beruhen diese Einträge auf Selbstangaben der Zahnärzte.

Forschungsanstrengungen sind noch vonnöten, um die Verfahren zu standardisieren und als Regelangebot in den Praxen einzuführen.

Bleibt die Frage nach den Kosten. Ein Implantat mit Krone beläuft sich je nach Aufwand auf 3000 bis 6000 Mark. Bei kleineren Behandlungen ist das damit kaum teurer als konventionelle Kronen. Anders aber bei umfangreichen Rekonstruktionen. Der Extremfall – eine herausnehmbare Totalprothese – kostet 1000 bis 8000 Mark, eine Totalimplantation – bei der fast immer auch ein Kieferaufbau notwendig ist – etwa 30000 bis

**Spektrum:** *Ist eine Praxis mit fünf Jahre alter technischer Ausstattung überhaupt noch in der Lage, moderne Zahnheilkunde zu bieten?*

**Willmes:** Im Prinzip schon. Bei den meisten Maßnahmen zur Behandlung kariöser Defekte, in der zahnärztlichen Chirurgie und auch beim Zahnersatz spielt es in der Regel keine entscheidende Rolle, ob man mit den Möglichkeiten von vor fünf Jahren arbeiten muss. Neue Methoden sind aber oft schonender. Wenn zum Beispiel eine Ecke angebrochen ist, muss man eben nicht mehr den verbliebenen gesunden Zahn abschleifen



und eine Krone draufsetzen, sondern kann das fehlende Stück mit Komposit Schicht für Schicht wieder aufbauen.

**Spektrum:** *Wie steht es mit der Prophylaxe? Können die neuen Entwicklungen Zahn- und Munderkrankungen zurückdrängen?*

**Willmes:** Es sieht so aus. Die Statistik zeigt uns, dass die Zahngesundheit bei Kindern und Jugendlichen ganz deutlich besser geworden ist. Bei 12-Jährigen – eine international gebräuchliche Vergleichsgruppe – ist die Zahl der durch Karies geschädigten Zähne in den letzten

zehn Jahren hier zu Lande von durchschnittlich 3,9 auf 1,6 zurückgegangen. Dahinter steht zum einen die verbesserte Mundhygiene als Ergebnis unserer Aufklärungsarbeit etwa in Kindergärten und Schulen. Dahinter stehen aber auch neue Produkte der Industrie als Ergebnis der Forschung. So gibt es seit einiger Zeit einen speziellen Kunststoff zum Verschließen feiner Rillen auf den Backenzähnen. Das reduziert Bakterienherde. Die Dritte Deutsche Mundgesundheitsstudie, die 1999 veröffentlicht wurde, weist nach, dass Kinder ohne solche Fissurenversiegelung durchschnittlich 2,2 von Karies betroffene Zähne hatten, behandelte Kinder hingegen nur 1,3. Auf diese Ergebnisse sind wir sehr stolz.

**Spektrum:** *Können nicht auch Erwachsene Sorgenkinder sein? Wie steht es denn mit deren Zahngesundheit?*

**Willmes:** Natürlich gibt es auch da Fortschritte. Jedes gut sitzende Implantat schützt den Kieferknochen vor möglicher Fehlbelastung. Von den gentechnischen Entwicklungen, die ja noch gar nicht in aller Tragweite abzusehen sind, gar nicht zu reden. So wird beispielsweise erforscht, wie man Kariesbakterien soweit verändern kann, dass sie keine Säuren mehr produzieren.

**Spektrum:** *Immer bessere Prophylaxe, medizinischer Fortschritt – wie sehen Sie die Zukunft Ihres Berufsstandes?*

**Willmes:** Die Zahnarztpraxis als reine Reparaturwerkstatt ist ein Auslaufmodell. Wir werden noch mehr als heute schon Ansprechpartner „rund um den Mund“ sein, die Patienten begleiten und beraten. Allerdings wird der Umfang solcher Leistungen stark davon abhängen, dass Zahngesundheit für jedermann von der Politik auch wirklich gewollt wird.

Die Fragen stellte die Berliner Medizinjournalistin Birgit Dohlus.

150000 Mark. Zahnlosigkeit lässt sich unter den Vorgaben einer Sozialversicherung damit wohl nicht beheben. Mit der größeren Verbreitung – 1998 wurden in Deutschland immerhin etwa 190000 Zahnimplantate eingesetzt – dürfte sich der hohe Preis etwas reduzieren.

**Peter A. Ehrh** studierte Medizin und Zahnmedizin. Er arbeitet als niedergelassener Arzt und Zahnarzt für Oralchirurgie. Ehrh ist Gutachter für Implantologie und forschender Implantologe.



Dennoch glaube ich, dass die Implantologie im Verein mit einer Wiederherstellung des Kieferknochens immer mehr in den Industrieländern zur Standardlösung bei Zahnverlust werden wird – sie entspricht einfach am ehesten den natürlichen Verhältnissen gesunder Zähne. Aus finanziellen, manchmal auch aus praktischen Gründen werden aber konventionelle Brücken und Kronen weiter existieren. Zu wünschen wäre, dass durch eine Verbesserung der Prävention Zahnverlust immer seltener vorkommt oder zumindest nur noch einzelne Zähne ersetzt werden müssen statt ganzer Zahngruppen. ■