

Aluminiumoxidkeramische Implantate heute – Eine Übersicht

P. A. Ehrl, Freudenstadt

Implantate aus dem Werkstoff Aluminiumoxidkeramik haben in den vergangenen 15 Jahren eine rasante Entwicklung erfahren. Nachdem man eine erhebliche Verbesserung der mechanischen Eigenschaften dieses Materials erreicht hatte, beschäftigte man sich Anfang der 70er Jahre vor allem mit der biologischen Reaktion auf diesen Werkstoff. Die positiven Ergebnisse führten zunächst zur Entwicklung einer Vielzahl von Implantatkörpern, aus denen sich heute einige als klinisch anwendbar herausgestellt haben. Es sei jedoch nicht vergessen, daß bereits im vergangenen Jahrhundert Znamensky³¹, sowie in den dreißiger Jahren dieses Jahrhunderts Brill (1931) und Abel (1934) die Vorzüge der Keramik zu schätzen wußten. Die neuere Entwicklung wurde von Sandhaus²⁵, Mutschelknauss²¹ eingeleitet, die Ende der 60er Jahre keramische Implantatkörper vorstellten.

1 Das Material

1.1 Biokompatibilität (Biologische Eigenschaften)

Grundlage für die Einführung der Aluminiumoxidkeramik als Implantatmaterial war das günstige Verhalten dieses Materials im biologischen Milieu. Man kann es als erwiesen ansehen, daß Al_2O_3 -Keramik sehr gut biokompatibel ist^{13, 14, 22}. Selbst kleine Abriebteilchen werden ohne morphologisch erkennbare Reaktion toleriert. Wichtig für dieses Verhalten ist die Tatsache, daß dieser Werkstoff bioinert ist. Diese biologischen Eigenschaften können bei geschlossenen Implantaten uneingeschränkt ausgenutzt werden, was z. B. bei den Hüftendoprothesen zu einer Anwendung in mittlerweile über 60 000 Fällen geführt hat. Die Beurteilung wird jedoch schwieriger, wenn man in Betracht zieht, daß Zahnimplantate erstens die epitheliale Abdeckung durchbrechen und zweitens in der Funktion erheblich variierenden Druckbelastungen ausgesetzt sind. Dies bedeutet, daß man von der Keramik sowohl die Eigenschaft zu einem dichten Abschluß an der Epithel-Keramik-Grenze als auch zu einer stabilen Veran-

kerung zwischen Keramik und Knochen fordern muß.

1.1.1 Der Implantat-Gewebe-Kontakt im enossalen Bereich

Der enossale Implantat-Gewebe-Kontakt kann zum einen in einem direkten Knochen-Keramik-Kontakt und zum anderen in der Interposition einer mehr oder weniger funktionsgerechten Bindegewebsschicht bestehen. Die tierexperimentelle Untersuchung belasteter Al_2O_3 -Keramik-Implantate hat bisher zu verschiedenen Ergebnissen geführt. Bei porzellanumbrannten Metallimplantaten fand man in allen Fällen eine Bindegewebsschicht zwischen Implantat und Knochen, die dünner war als bei vergleichsweise eingesetzten Metallimplantaten¹⁵. Auch bei Al_2O_3 -Keramiken fand man diese Schicht^{19, 24}, die man auf die Mikrobewegungen im Knochenlager zurückführte²³. Im rasterelektronenmikroskopischen Bild wurden auch geordnete Faserstrukturen zwischen Knochen und Implantat festgestellt²⁰, welche die Funktion eines sog. Ersatzdesmodontes besitzen könnten. Andere Untersucher fanden jedoch keine bindegewebige Schicht, sowohl im licht- als im rasterelektronenmikroskopischen Bild^{13, 18, 29},

sondern eine komplette Replika der Keramikoberfläche, die infolge der mikroskopischen Rauigkeit der Keramik eine mechanisch-verzahnende Haftung bewirkt. Es sei hier vermutet, daß diese unterschiedlichen Ergebnisse durch folgende Variablen bedingt sind: Operationstechnik, sofortige oder sekundäre Belastung, Oberfläche, Implantatform, Funktionsbereich, Untersuchungstechnik, Untersuchungsbereich am Implantat.

Auch für die klinische Anwendung wurde eine bindegewebsfreie Anlagerung des Knochens an die Keramik festgestellt³⁰, die jedoch aufgrund der geringen Anzahl der vorliegenden Untersuchungen und der besonderen Umstände der Spicilemengewinnung nicht repräsentativ sind. Anhand klinischer und vor allem röntgenologischer Befunde ist anzunehmen, daß es bei der klinischen Anwendung langfristig eher zur Bindegewebsinterposition kommt als im Tierexperiment^{9, 10}.

Festzuhalten ist, daß sowohl eine direkte Knochen-Implantat-Anlagerung als auch eine Bindegewebsinterposition möglich sind. Es ist bislang nicht hinreichend nachgewiesen, welche Art der Inkorporation des keramischen Zahnimplantats gefordert werden muß, denn beide Inkorporationsarten erlauben klinisch praktikable Ergebnisse. So wurde z. B. nachgewiesen, daß z. B. Pfeilstiftimplantate eher eine direkte Knochenanlagerung hervorrufen und Extensionsimplantate eher zu einer Bindegewebsinterposition führen⁹.

1.1.2 Das biologische Verhalten im Bereich der Epitheldurchtrittsstelle

Die Epitheldurchtrittsstelle von Zahnimplantaten gilt seit langem als locus mino-

ris resistens, sind doch hinreichend Verläufe bekannt, bei denen es durch entzündlich bedingte Sulcusvertiefungen zu Epitheltiefenwachstum, Implantatlockerung und schließlich -verlust kam. Gerade hier erweist sich die Aluminiumoxidkeramik gegenüber anderen Materialien als überlegen, da sie eine Epithelanlagerung ermöglicht, welche dem marginalen Parodont am natürlichen Zahn entspricht. Der gingivale Faserapparat bleibt erhalten, und es besteht eine normale Epithelstruktur ohne subepitheliale Infiltrate³⁰. Auf welche Weise die Epithelanlagerung am Implantatthals erfolgt, ist bislang aufgrund präparationstechnischer Schwierigkeiten noch nicht nachgewiesen.

Es liegen jedoch ausführliche klinische Untersuchungen vor, welche das periimplantäre Verhalten der Mukosa beschreiben^{7, 9, 27, 30}. Als Kriterien für diese Beurteilung gelten die klinische Inspektion der Mukosa auf entzündliche Zeichen, die Messung der Sulcustiefe und der Sulcusfluidfluß-Rate. Es konnte gezeigt werden, daß die Anlagerung der Gingiva im Bereich der Epitheldurchtrittsstelle des keramischen Implantates dem Verhalten des Parodontes am natürlichen Zahn entspricht. Natürlich ist auch der Zustand der periimplantären Gingiva vom individuellen Mundhygieneverhalten abhängig.

Da der Mißerfolg eines Implantates häufig durch ein Epitheltiefenwachstum initiiert wird, kann vermutet werden, daß als ein Frühzeichen im Röntgenbild ein Zurückweichen der radioopaken Struktur im Bereich des Implantatpfostens zu bemerken ist. Ein solcher „Krater“ tritt bei den verschiedenen Implantaten verschieden häufig auf, die Häufigkeit ist also vom Implantattyp und dessen Anwendungsbereich abhängig. Interessanterweise besteht zwischen dem Röntgenbefund und der Taschentiefe keine mathematische Korrelation, was zu der Vermutung Anlaß gibt, daß das Attachment der Mukosa am Implantat mangels physiologischer Mechanismen einer verbreiterten Attachmentzone bedarf.

1.2 Physikalische Eigenschaften

Die Eigenschaften der Aluminiumoxidkeramik – sie ist mit dem bekannten Edelmetall Saphir chemisch identisch – lassen sich aus den Merkmalen der hexagonal rhomboedrischen Kristallstruktur, worin Aluminium- und Sauerstoffatome als Ionen vorliegen, ableiten. Diese Ionen können im Temperaturbereich der medizinischen Anwendung das Gitter nicht ver-

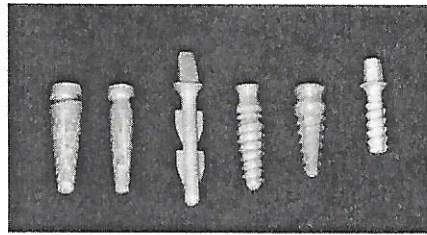


Abb. 1: Einzelimplantate (von links): a, Tübinger Implantat, b, Münchner Modifikation, c, Pfeilstiftimplantat nach Mutschelknauss, d, Implantat nach Münch, e, Implantat nach Reuther, f, Biolox-Schraube

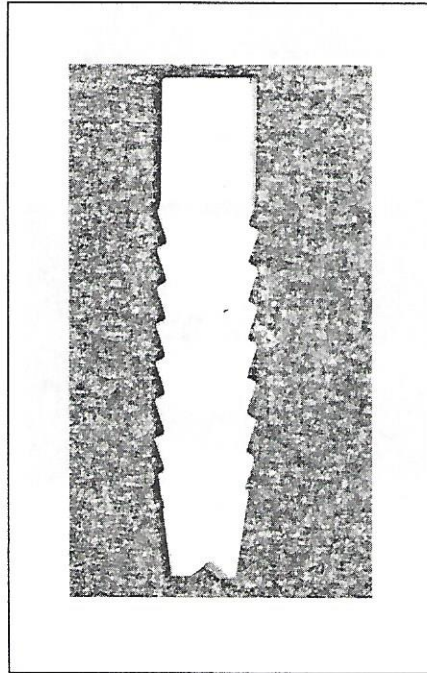


Abb. 2: C.B.S.-Implantat

lassen. Daraus resultieren Maximalwerte an mechanischer Festigkeit, elektrischem Widerstand und chemischer Beständigkeit⁵. Letztere bedingt das bioinerte Verhalten der Al_2O_3 -Keramik. Die äußerst geringe Plaqueaffinität, die durch eine Hochglanzpolitur der Implantate im Bereich der Epitheldurchtrittsstelle noch verbessert wird, läßt sich ebenfalls mit dieser physikalischen Eigenschaft begründen¹⁷. Die Aluminiumoxidkeramik ist außerdem formstabil, sterilisierbar, temperaturwechselbeständig, inert gegenüber Flüssigkeiten und einfach herstellbar.

Voraussetzung für die klinische Anwendbarkeit der Al_2O_3 -Keramik war es, daß die Festigkeitswerte des Materials derart verbessert wurden, daß es nicht zu Brüchen kommen kann. Nicht problematisch ist dabei die Vertikalkomponente der Kaukraft, da die Keramik mit einer mittleren Bruchlast von 10 000 N um den Faktor 25 höher liegt als die Kaukraft mit ca. 400 N. Bezüglich der horizontalen Belastbarkeit sind jedoch bei den Implantatdimensionen Grenzen gesetzt.

Neuere Untersuchungen zeigen, daß ein Implantatdurchmesser von 3 mm nicht unterschritten werden darf, bei dem der Bruchwert von 100 N doppelt so hoch wie die horizontale Komponente der Kaukraft von ca. 50 N ist¹¹. Zu Beginn der Implantatentwicklung wurde dieser Minimaldurchmesser bei einigen Implantaten unterschritten, was zu Frakturen geführt hatte. Heute wird dieser Wert von allen Implantaten eingehalten. Da für den Bereich der transdentalen Fixation jedoch auch kleinere Implantatdurchmesser wünschenswert sind, suchte man die Bruchfestigkeit weiter zu verbessern. Dies gelang mit der Entwicklung der monokristallinen Al_2O_3 -Stifte, die eine Biegefestigkeit von 1200 N/mm² erreichen (polykristallin 500 N/mm²) und damit auch bei geringeren Durchmessern weniger bruchgefährdet sind.

Im folgenden werden die Implantate aus Al_2O_3 -Keramik beschrieben, die nach Auffassung des Autors eine Bedeutung für die klinische Anwendung besitzen. Dabei werden bewußt nur Fakten beschrieben; die Wertung einzelner Implantate muß unterbleiben, solange vergleichbare statistische Auswertungen fehlen. Für die intensive Beschäftigung mit bestimmten Implantattypen sei auf die weiterführende Literatur verwiesen.

2 Einzelzahnimplantate

In diesem Kapitel sind jene Implantate zusammengefaßt, die enossal in etwa den Raum einer natürlichen Zahnwurzel beanspruchen (Abb. 1). Ihr Hauptanwendungsbereich liegt im Ersatz eines in einer sonst vollzähligen Zahnreihe fehlenden Zahnes (Klasse I nach Brinkmann). Sie werden jedoch auch in Kombination mit anderen Implantatsystemen oder zur Aufnahme von prothesenstabilisierenden Konstruktionen (z. B. Stegverbindungen) eingesetzt.

2.1 Das C.B.S.-Implantat nach Sandhaus

Dieses Implantat muß schon aus historischen Gründen an erster Stelle genannt werden, da es 1969 als erstes Implantat der keramischen Gruppe vorgestellt wurde (Sandhaus 1969). Die biologischen und physikalischen Werte sind die gleichen, wie sie für alle Implantate beschrieben wurden, lediglich die Bruchfestigkeit ist mit 300 kg/mm² geringer. Das Implantat ist durch seine schraubenförmige Gestalt einfach zu implantieren, auch bei geringfügig verminderter Alveo-

larkamnbreite ist eine Implantation möglich, da das Implantat einen max. Durchmesser von 5 mm aufweist (Abb. 2). Es gibt zwei Implantatlängen (15, 20 mm). Ein Einzelzahnersatz ohne Verbindung mit natürlichen Zähnen wird von Sandhaus abgelehnt. Es wird die Indikation für fixe Brücken, bedingt abnehmbaren Ersatz („Magnetprothese“) angegeben. Als günstigste Implantatregion wird regio 3 und die Tubergegend genannt. Sandhaus gibt an, bis heute 3000 Patienten mit C.B.S.-Schrauben versorgt zu haben. Eine detaillierte Statistik fehlt.

2.2 Das Pfeilstiftimplantat nach Mutschelknauss (BioloX®)*

Die Pfeilstiftimplantate weisen einen Durchmesser von 3 mm auf, der Stift besitzt eine enossale Länge von 17,5 bzw. 19,5 mm, hat 2 bzw. 4 gleichartige Fortsätze. Der kronenstumpfartige Aufbau mit Stufe ist, gegenüber dem Stift um 7° geneigt (Abb. 1c). Dies entspricht der anatomischen Situation im Hauptanwendungsbereich: Die Frontzahnregion im Oberkiefer. Das operative Vorgehen ist mit dem normierten Instrumentarium einfach durchzuführen, es kann eine primäre Stabilität erreicht werden.

Es werden innen gekühlte Fräsinstrumente verwendet. Der Vorteil dieses Implantates gegenüber den anderen Implantattypen besteht vor allem darin, daß es auch noch bei schmalen Alveolarkamm Anwendung finden kann, wie dies bei lange zurückliegender Extraktion oder bei Extraktion mit Beschädigung der buccalen Knochenlamelle vorkommt. Dieses Implantat wird nur als Spätimplantat angewandt, d. h. daß mindestens 6 Monate nach der Extraktion des zu ersetzenden Zahnes abgewartet werden müssen. In der Regel wird man es zum Ersatz eines einzelnen Frontzahnes anwenden, in seltenen Fällen können auch mehrere nebeneinander liegende Implantate eingesetzt werden. Das Implantat wird sofort nach der Implantation mit einer provisorischen Krone versorgt, die für eine Dauer von 6 Monaten durch eine Adhäsivtechnik mit den Nachbarzähnen verbunden wird und somit zugleich als Schienung dient. Abb. 3 und 4 zeigen den typischen Anwendungsbereich dieses Implantates.

Statistische Angaben sind über 43 Implantate über einen Zeitraum von 2 bis 5 Jahren publiziert^{9, 10}. Detaillierte Unter-

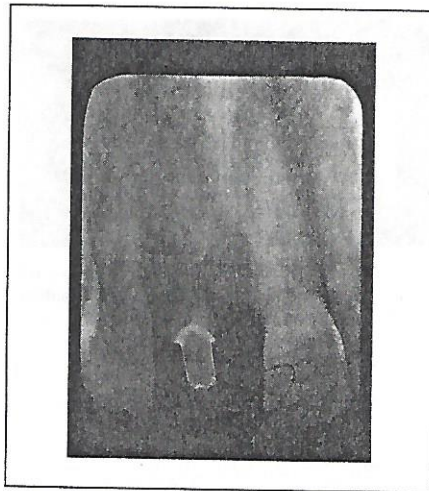


Abb. 3: Pfeilstiftimplantat regio 11 zum Ersatz des traumatisch in Verlust geratenen natürlichen Zahnes. 4 Jahre post impl.

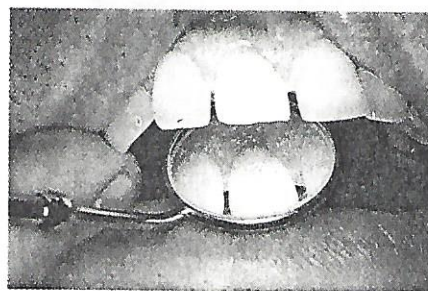


Abb. 4: Klinisches Bild zu Abb. 3

suchungsergebnisse liegen bezüglich klinischer und röntgenologischer Untersuchungsparameter, der Sulcus-Fluid-Fließ-Rate (SFFR), der peripilären Sulcustiefe und der Plaqueausdehnung vor.

Insgesamt gleichen die Untersuchungsergebnisse weitgehend den Befunden, die an Vergleichszähnen der gleichen Individuen gefunden wurden. Ehr¹⁰ gibt eine Mißerfolgsrate von 15 % (n=43) und Brinkmann (pers. Mittlg.) von 16 % (n=99) an.

2.3 Das Tübinger Implantat (Frialit®)*

Das Tübinger Implantat wurde 1976 erstmals vorgestellt²⁸. Zunächst als Sofortimplantat bezeichnet, wurde die Indikation später auf die Spätimplantation ausgedehnt. Der enossale Implantatkörper ist durch Stufenzylinder gekennzeichnet, die zur Oberflächenvergrößerung zusätzlich Lakunen aufweisen (Abb. 1a). Die einfache Form erlaubt eine einfache

Operationstechnik. Der Indikationsbereich dieses Implantates liegt im Bereich der Frontzähne und Prämolaren. Die Implantationstechnik erfolgt zweizeitig, d. h. daß die prothetische Suprakonstruktion nach einer Einheilungsphase von 3 Monaten erfolgt. Das Implantat liegt in 3 Größen vor (4, 5 und 6 mm Ø). Da sich der Durchmesser im Bereich des Implantathalses bei der Spätimplantation in den schmalen Alveolarkamm zuweilen als zu groß erwies, wurde die Münchner Modifikation dieses Implantates entwickelt (Abb. 1b). Das Tübinger Implantat wurde in seiner klinischen Anwendung vorbildlich anhand mehrerer Kriterien untersucht: Klinische Beurteilung, SFFR, Sulcustiefe, Lockerung, Berührungsschwelle und Perkussion. Spezielle Untersuchungen beschäftigten sich mit der Lastaufnahme des Knochens, der Tastsensibilität im Bereich der Implantate und dem Bewegungsverhalten (Literaturhinweise bei Schulte, 1981). Die SFFR entsprach dabei den Werten von Zähnen mit gesunder Gingiva. Die Auslenkung des Implantates erfolgt ausschließlich durch die elastische Deformation des Knochens. Daraus konnte für die Okklusion der Implantatsuprakonstruktion abgeleitet werden, daß die Implantate in der IKP und bei den Exkursionen erst dann voll belastet werden dürfen, wenn die benachbarten Zähne am Ende ihrer desmodontal bedingten Auslenkung angekommen sind.

235 Implantate wurden einer Verlaufskontrolle unterzogen. Die Erfolgswahrscheinlichkeit wird mit 90% angegeben. Dabei gilt, daß mit zunehmender Erfahrung die Erfolgswahrscheinlichkeit steigt. Dies erklärt die Tatsache, daß bei Neuanwenden einer Methode in der Regel höhere Mißerfolgsquoten vorkommen¹², worauf andere Autoren auch bei anderen Implantatsystemen bereits hinwiesen. Auch die hier zitierte Statistik wurde nach anfänglich häufigeren Mißerfolgen bereinigt.

2.4 Das Implantat nach Münch²⁰ (BioloX®)

Das Implantat nach Münch kann ebenfalls als Sofort- oder Spätimplantat angewandt werden. Es wird auch das zweizeitige Verfahren durchgeführt. Dieses Implantat entspricht in seinen Dimensionen in etwa der Münchner Modifikation des Tübinger Implantates. Die Retention wird hier durch ein Gewinde erreicht (Abb. 1d). Wie alle hier besprochenen Implantate wurde auch dieses mit Hilfe der spannungsoptischen Methode auf Spannungsspitzen hin untersucht. Dar-

* BioloX®: Hersteller Feldmühle AG, Plochingen

* Frialit®: Hersteller Friedrichsfeld GmbH, Mannheim

aus resultierte eine abgerundete Form der Gewindegänge, welche die Nachteile der Schraubenform minimiert. Durch das Gewinde und die konische Form wird eine gute Primärstabilität erreicht. Als Besonderheit weist dieses Implantat im Bereich des Knochendurchtrittes zirkuläre Rillen auf, welche den zirkulären Fasern des Zahnhalteapparates eine bessere Adaptation bieten sollen.

Der Bereich der peripilären Mukosa ist hochglanzpoliert, damit sich diese reizfrei anlagern kann. Der Rotationsstabilität dient eine Rinne im Bereich des Gewindes. Der Aufnahme der Suprakonstruktion dient ein normierter, metallischer Stiftaufbau (Abb. 6). Auch dieser Autor hält einen mobilen Aufbau nicht für erforderlich, „da die Elastizität des Knochens und das neugebildete Ersatzdesmodont eine Dämpfung der funktionell einwirkenden Kräfte ermöglicht“.

Der Indikationsbereich dieses Implantates ist die Oberkieferfront – in Abhängigkeit von der Ausdehnung des Sinus maxillaris – und regio 3 und 4 im Unterkiefer. Das operative Vorgehen gestaltet sich aufgrund der einfachen Implantatform ebenso einfach und ist mit dem normierten, teilweise innengekühlten Instrumentarium leicht durchführbar. Eine detaillierte Untersuchung über klinische Verläufe fehlt; *Brinkmann* berichtet bei 114 eingesetzten Implantaten über 5 Mißerfolge (=4%, pers. Mittlg.), *Ehrl* bei 38 Implantaten über 1 Mißerfolg.

2.5 Die BioloX®-Schraube

Die Ähnlichkeit dieses Implantates mit dem C.B.S.-Implantat nach Sandhaus ist unschwer zu erkennen. (Abb. 1f). Es unterscheidet sich von diesem durch die Konizität des Aufbaues, durch die werkstoffgerechte und spannungsoptisch günstige Gewindeform, die polierte Hohlkehlung im Bereich des Epitheldurchtrittes, die seitliche Rinne im Gewinde zur Rotationsstabilisierung und die zirkuläre Stufe zum definierten Abschluß der prothetischen Suprakonstruktion¹ (Abb.7). Die Schraube ist in 20 und 22 mm Länge lieferbar (enossaler Anteil 12 bzw. 14 mm).

Die Hauptindikation dieses Implantates ist in der Pfeilvermehrung im reduzierten Restgebiß (Klasse III nach *Brinkmann*) zu sehen. Durch den schmalen Implantathals eignet es sich insbesondere zur Anwendung im schmalen Alveolarkamm.

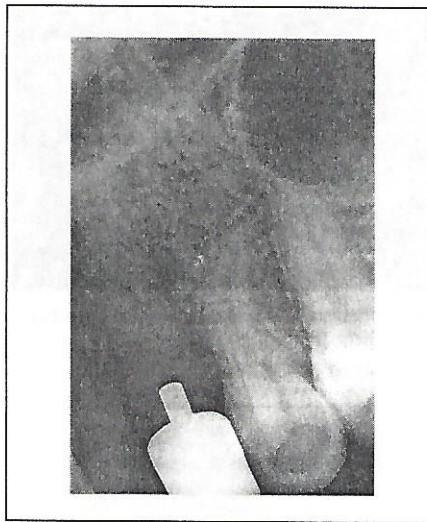


Abb. 5: Tübinger Implantat regio 24

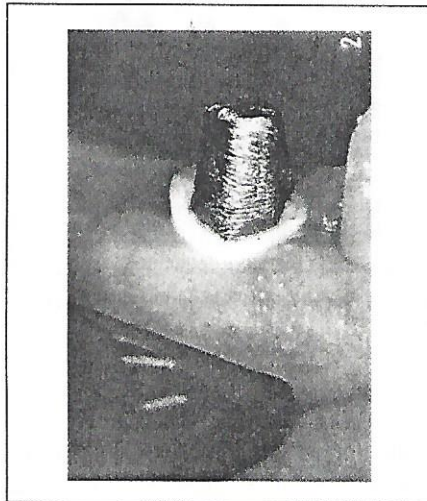


Abb. 6: Implantat nach Münch mit beschliffenem Aufbau

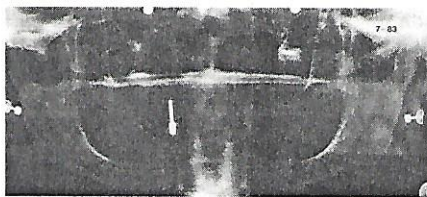


Abb. 7: Vier BioloX-Schrauben zur Aufnahme einer Stegkonstruktion

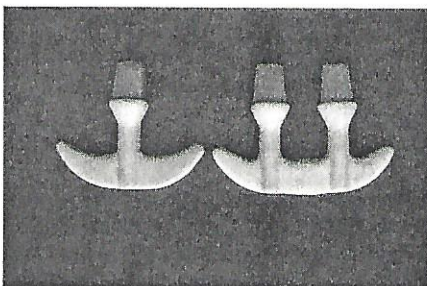


Abb. 8: Das ein- und zweipostige Ankerimplantat nach Mutschelknauss/Brinkmann

2.6 Andere Einzelzahnimplantate aus Aluminiumoxidkeramik

Mit den zuvor genannten Implantaten sind alle jene genannt, die heute in der implantologischen Praxis eine Rolle spielen. Der Vollständigkeit halber seien jedoch noch das Schraubenimplantat nach *Reuther*⁶, (dessen Prinzip die Form des *Münch'schen* Implantates vorwegnahm, als Besonderheit einen Resilienzkörper aufweist, das jedoch derzeit nicht lieferbar ist) (Abb.1c) und das Implantat nach *Driskell* und *Heller* genannt. Aus monokristalliner Aluminiumoxidkeramik ist das Bioceram®-Schraubenimplantat, dessen Indikation m.E. in der Aufnahme von Stegkonstruktionen im Unterkieferfrontzahnbereich liegt.

3 Extensions- oder Blattimplantate

Die Idee zu dieser Form des enossalen Implantates geht auf *Linkow* (1968) zurück. Die Form dieser Implantate entspricht der anatomischen Region des zahnlosen Unterkiefers, indem sie den nach der Extraktion verbliebenen Alveolarkamm oberhalb des N. alv. inf. ausnutzt. Die implantologische Versorgung einer verkürzten Zahnreihe im Unterkiefer (Klasse II nach *Brinkmann*) gilt heute als das sicherste implantologische Verfahren. Auch die Anwendung zur Pfeilvermehrung im Unterkieferseitenzahnbereich ist sinnvoll, etwa wenn die Zähne 4 bis 7 fehlen. Damit kann die Überkronung weiterer natürlicher Zähne vermieden werden (vgl. Abb. 10).

3.1 Das Ankerimplantat nach Mutschelknauss/Brinkmann (BioloX®)

Das von *Mutschelknauss* entwickelte Ankerimplantat wurde von *Brinkmann* dahingehend geändert, daß die Extensionen nach oben geschwungen sind, was zum einen eher der Morphologie des Unterkiefers entspricht und zum anderen das operative Vorgehen erleichtert. (Abb.8) Auch die Formgebung dieses Implantates geht auf spannungsoptische Untersuchungen zurück, sämtliche Kanten sind verrundet. Über den Ankerflügeln bildet sich nach der Implantation eine 3 bis 4 mm starke reossifizierte Schicht. Die verschiedenen Stärken des Ankerflügels sowie des Ankerschaftes bewirken eine dreidimensionale Verankerung.

Das operative Vorgehen bei diesen Implantaten erfordert mehr operative Erfahrung als bei den Einzelimplantaten:



Abb. 9: Zweipostiges Ankerimplantat regio 46, 47

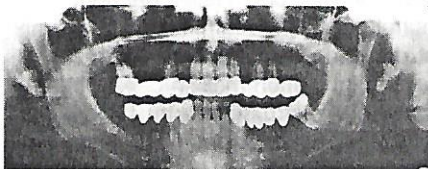


Abb. 10: Frankfurter Extensionsimplantate zur Versorgung einer verkürzten Zahnreihe und einer weiten Brückenspanne

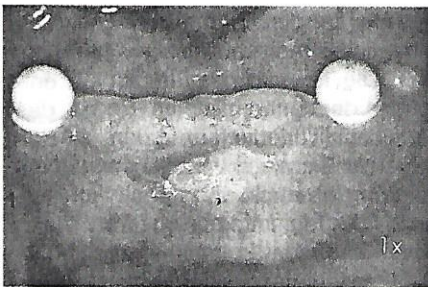


Abb. 11: Kugelrotationssystem

Es muß immer ein Mukosaperiostlappen präpariert werden – nach Möglichkeit als Ponchoflap oder mit S-förmiger Schnittführung, so daß die Knochenwunde abgedeckt wird –, und es muß mit Radfräsen eine exakte Knochenrinne angelegt werden. Auch die Planung und die provisorische prothetische Versorgung sind mit mehr Aufwand verbunden. Durch das normierte, innengekühlte Instrumentarium ist diese Problematik jedoch weitgehend minimiert worden. Das Implantat liegt in ein- und zweipostiger Form vor, um der jeweiligen Ausdehnung des zahnlosen Abschnittes gerecht zu werden (Länge 20 bzw. 24 mm) (Abb. 9).

Über diese Implantate liegt eine detaillierte Fünfjahresstudie mit Berücksichtigung klinischer und röntgenologischer Parameter, sowie Messung der SFFR, Sulcustiefe und Plaqueausdehnung vor^{7,9}. Die Meßergebnisse entsprachen den Befunden an den natürlichen Vergleichszähnen der Implantatpatienten. Addiert man die Zahlenangaben dieser Untersu-

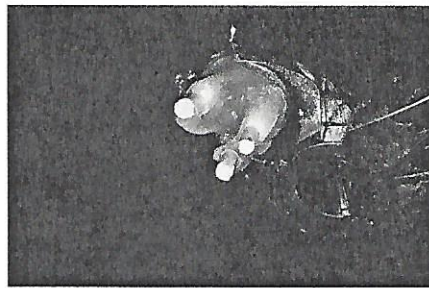


Abb. 12: Ein mit drei Keramikstiften zur Replantation vorbereiteter Zahn 36.

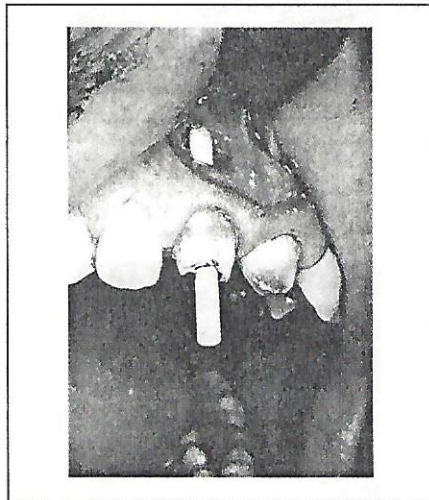


Abb. 13: Transdentale Fixation mit einem Keramikstift bei 11.

chung mit den Angaben von *Brinkmann*, so ergibt sich eine Mißerfolgsquote von 6,6% (n=137).

3.2 Das Frankfurter Extensionsimplantat (BioloX®)

Dieses Implantat entspricht in etwa dem zuvor erwähnten, und es besitzt auch den gleichen Anwendungsbereich. Die Form weicht von der zuvor genannten insbesondere dadurch ab, daß die Extensionen für eine bessere Retention zusätzlich Perforationen besitzen und daß der Implantatpfosten gerade ist und nicht wie beim Ankerimplantat einen Knick von 15° aufweist (Abb. 10).

4 Das Kugelrotationssystem (BioloX®)

Dieses System dient der Stabilisierung totaler Prothesen – vor allem im Unterkiefer – und geht auf *Brinkmann* und *Putenat* zurück. Es handelt sich dabei um ein Schraubenimplantat, welches beiderseits in regio 3 eingesetzt wird und

nach Abwarten einer Einheilungszeit mit einer 3/5-Kugel versorgt wird (Abb. 11). Diese Kugel besteht wie das Implantat aus Aluminiumoxidkeramik, und da sie hochglanzpoliert ist, gibt es keinen Anlaß zu Plaqueablagerungen, sie erlaubt keinen Materialabrieb und ruft dadurch auch keine Abnutzung an den Halteelementen (Kunststoffrotationskappen in der Prothese) hervor. Dieses Verfahren ist noch recht jung, so daß Langzeiterfahrungen zunächst abgewartet werden sollten. Die bisherigen Erfahrungen sind jedoch vielversprechend, und es scheint, daß man mit Hilfe dieser methode jenen vielen Patienten helfen kann, deren Prothesen mit herkömmlichen Methoden kein ausreichender Halt verliehen werden kann.

An dieser Stelle sei jedoch erwähnt, daß man auch mit Hilfe von Einzelimplantaten diesen Patienten helfen kann, indem beispielsweise vier BioloX-Schrauben in den regionen 3 und 4 beiderseits eingesetzt werden und mit einer Stegkonstruktion versorgt werden (Abb. 7).

5 Das auto-alloplastische Replantationsverfahren

Dieses Verfahren wurde von *Kirschner* inauguriert¹⁶. Ausgehend von der Tatsache, daß anatomische Variationen des Wurzelkanals im Bereich der Wurzelspitze häufig eine adäquate endodontische Versorgung unmöglich machen, wurde vorgeschlagen, den betreffenden Zahn sorgfältig zu extrahieren, die Wurzelspitze extraoral zu resezieren, die Wurzel nach Aufbereitung mit einem keramischen Stift (BioloX®) versorgen und den Zahn wieder zu replantieren (Abb. 12). Im Tierexperiment wurde der Heilungsprozeß anhand feingeweblicher Untersuchungen beobachtet. Dabei wurde eine Restitutio ad integrum im Bereich des Zahnhalteapparates beobachtet, die eine Unterscheidung vom normalen Zahnhalteapparat nicht zuließ. Resorptionen wurden an den Präparaten nicht gesehen. Bei dieser Anwendung der Aluminiumoxidkeramik kam es an keiner Stelle zu einer direkten Anlagerung des Knochens an die Keramik, es bildete sich vielmehr ein funktionsgerechter Bindegewebsspalt – entsprechend dem Desmodontspalt. *Kirschner* berichtet über eine Erfolgsquote von 88% (n=300)¹⁶. Diese Methode eröffnet die Möglichkeit, eine Vielzahl von Zähnen zu erhalten, die sonst nur noch extrahiert werden könnten. Auch bei traumatischen Zahnverletzungen oder -verlusten mit Wurzelfrakturen kann das

auto-alloplastische Verfahren angewandt werden.

Auch die transdentale Fixation ist mit diesen keramischen Stiften möglich (sie werden in den Durchmessern von 2, 2,5 und 3 mm hergestellt (Abb. 13). Dies kommt vor allem für solche anatomischen Bereiche in Frage, welche intraoperativ eine gute Übersicht ermöglichen, sodaß ein exakter apikaler Abschluß gewährleistet werden kann. Durch die transdentale Fixation können Zähne oder zumindest deren Wurzeln erhalten werden, die sonst aufgrund ihrer Lockerung entfernt werden müßten. Da diese keramischen Stifte möglichst weit über die – immer zu resezierende – Wurzelspitze hinausragen müssen, ihr Durchmesser jedoch aufgrund der jeweiligen Wurzelstärke auch unter 3 mm betragen muß, sind hier monokristalline Stifte sinnvoller, deren Biegefestigkeit höher ist¹¹.

6 Schlußbetrachtung

Aufgabe dieser Übersicht über die derzeit gebräuchlichen aluminiumoxidkeramischen Implantate war es, deren wichtigste Merkmale und Anwendungsgebiete darzustellen. Für eine intensivere Beschäftigung mit den einzelnen Methoden sei auf die zitierte Literatur, aber auch auf die genauen Implantationsanleitungen, Videopublikationen und Einführungskurse hingewiesen. Doch auch die zitierte Literatur muß unvollständig bleiben, da die große Anzahl der Publikationen über dieses wohl am besten untersuchte Implantationsmaterial den Rahmen dieses Referates bei weitem sprengen würde.

Es sei an dieser Stelle auch darauf hingewiesen, daß natürlich eine jede Implantation neben der Kenntnis der jeweiligen Implantationstechnik – die nur einen kleinen Teil einer implantologischen Behandlung ausmachen kann – die intensive Beschäftigung mit den allgemeinmedizinischen, anatomischen und prothetischen Indikationen und Kontraindikationen erfordert, daß jede Implantation eine sorgfältige Planung erfordert und daß der Erfolg der Implantation erst

durch eine funktionsgerechte prothetische Versorgung gesichert werden kann.

Es kann jedoch heute festgehalten werden, daß durch die Einführung der Aluminiumoxidkeramik in der zahnärztlichen Implantologie eine wichtige Bereicherung des therapeutischen Spektrums möglich war. Sicher ist die Entwicklung heute noch nicht abgeschlossen, doch bieten die hier vorgestellten Verfahren vielfältige Möglichkeiten, die Implantologie praktisch anzuwenden und bei vorsichtiger Indikationsstellung Erfolgsraten zu erreichen, wie wir sie von bewährten Verfahren der Zahnheilkunde gewohnt sind.

Literatur

- Brinkmann, E., Dörre, E.: Das BioloX-Schrauben-Implantat. Zahnärztl. Praxis 32, 528–534 (1981)
- Brinkmann, E.: Indikation und Anwendung chirurgischer Zahnerhaltung. Zahnärztl. Mitt. 72, 362 (1982)
- Brinkmann, E.: Keramische Stiftimplantate: Indikation und Anwendung. Zahnärztl. Mitt. 73, 869–874 (1983)
- Brinkmann, E.: Indikation und Anwendung des keramischen Ankerimplantates. Zahnärztl. Mitt. 73, 704–709 (1983)
- Dörre, E.: Aluminiumoxidkeramik – ein Werkstoff für enossale Implantate. Zahnärztl. Prax. 31, 343 (1980)
- Ehrl, P. A., Reuther, J., Frenkel, G.: Al₂O₃-Keramik als material for dental implants. Int. J. Oral Surg.: 10, Suppl. 1, 93–98 (1981)
- Ehrl, P. A., Frenkel, G.: Klinische Ergebnisse mit einem enossalen Extensionsimplantat aus Al₂O₃-Keramik nach drei Jahren Quintess. Zahnärztl. Lit. 32, 2007–2015 (1981)
- Ehrl, P. A.: Parodontale Kriterien zur Bewertung enossaler Implantate. Dtsch. Zahnärztl. Z. 36, 500–504 (1981)
- Ehrl, P. A.: Vergleichende Untersuchung von Einzelzahn- und Blattimplantaten aus Al₂O₃-Keramik. Österr. Z. Stomatol. 80, 97–102 (1983)
- Ehrl, P. A.: Klinische Studie über Pfeilstift-Implantate nach Mutschelknauss. ZWR 92, 59–64 (1983)
- Ehrl, P. A., Dörre, E.: Transdentale Fixation mit monokristallinen Aluminiumoxidkeramikstiften. Dtsch. Zahnärztl. Z., im Druck
- Fritzsche, C. U., Lentrodt, I., Moltje, W., Osborn, J. F.: Bisherige Erfahrungen mit dem Tübinger Sofortimplantat aus Aluminium-Oxydkeramik. Dtsch. Zahnärztl. Z. 36, 579–584 (1981)
- Griss, P., Krempien, B., Andrian-Werbung, H. von, Heimke, G., Feiner, R.: Experimentelle Untersuchung zur Gewebsverträglichkeit oxidkeramischer (Al₂O₃) Abriebteilchen. Arch. Orthop. Unfallchir. 76: 270–9 (1973)
- Hulbert, S. F., Morrison, S. J., Klawitter, J. J.: Tissue Reaction to Three Ceramics of Porous and Nonporous Structures. J. Biomed. Mater. Res. 6: 347–374 (1972)

- Jacobs, H. G., Kirsch, T.: Zahnärztliches Implantat aus einer Gold-Platin-Legierung mit Porzellanüberzug des enossalen Anteils. Dtsch. Zahnärztl. Z. 29: 1014–7 (1974)
- Kirschner, H.: Chirurgische Zahnerhaltung. Experimente mit Aluminiumoxid-Keramik. Dtsch. Zahnärztl. Z. 36, 274–285 (1981)
- Kreker, G., Kappert, H., Pelz, K., Graml, B.: Die Affinität der Plaque zu verschiedenen Werkstoffen. Schweiz. Mschr. Zahnmed. 94: 647–651 (1984)
- Krempien, B., Schulte, W., Kleinekenscheid, H., Lindner, K., Schareyka, R., Heimke, G.: Lichtoptische und rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen an der Grenzfläche von Implantaten aus Aluminiumoxidkeramik im Unterkieferknochen von Hunden. Dtsch. Zahnärztl. Z. 33: 332–340 (1978)
- Lucatorto, F. M., Trieger, N., Knapp, W. J.: Tissue compatibility of porous alumina-ceramic. J. South. Calif. State Dent. Assoc. 40: 1052–9 (1972)
- Münch, M.: Das Sofortimplantat nach Münch. ZM 13: 1466 (1983)
- Mutschelknauss, E.: Enossale Implantation von Porzellankörpern. Quintessenz 21: (6) 19–23 (1970)
- Newesely, H.: Übersicht über Implantatwerkstoffe. Dtsch. Zahnärztl. Z. 34: 650–4 (1979)
- Niederdelmann, H., Borkmann, B.: Einheilungsbedingungen von Osteosyntheschrauben und Schrauben aus Aluminiumoxid-Keramik im Tierexperiment. ZWR 85: 376–7 (1976)
- Reichert, P., Schlegel, D.: Al₂O₃-Extensionsimplantate im Hundeversuch. Dtsch. Z. Mund-Kiefer-Gesichts-Chir. 3: 99–103 (1979)
- Sandhaus, S.: Nouveaux aspects de l'implantologie. L'implant C.B.S. Dr. S. Sandhaus (Eigenverlag), Lausanne 1969
- Sandhaus, S.: Orale Rehabilitation durch C.B.S.-Implantate nach Sandhaus. Zahnärztl. Prax. 27: 31.4 (1976)
- Schareyka, R.: Die Sulcus-Fluid-Fließrate (SFFR) bei Tübinger Sofortimplantaten aus Aluminiumoxidkeramik. Dtsch. Zahnärztl. Z. 33: 360 (1978)
- Schulte, W., Heimke, G.: Das Tübinger Sofortimplantat. Quintess. Zahnärztl. Lit. 27, Ref.Nr. 5456 (1976)
- Schulte, W., Kleinekenscheid, H., Lindner, K., Schareyka, R., Heimke, G., Gerlach, G., Hardegg, W.: Tierexperimente zur Frage der Einheilung des Tübinger Sofortimplantates. Dtsch. Zahnärztl. Z. 33: 326–331 (1978)
- Schulte, W.: Das enossale Tübinger Implantat aus Al₂O₃ (Frialit®). Der Entwicklungsstand nach 6 Jahren. ZM 19 und 20 (1981)
- Znamensky, N.N.: Über das mechanische Anwachsen künstlicher Zähne bei vollkommener Möglichkeit, während der Dauer des Anwachsungsprozesses harte Speisen zu kauen. Dtsch. Mschr. Zahnheilk. 19: 306–324 (1891)

Danksagung: Allen erwähnten Autoren sei für ihre Bereitschaft zur Überlassung der zitierten Unterlagen gedankt.

Anschrift des Verfassers:

Dr. med. Dr. med. dent. P. A. Ehrl,
Nordstadt-Zentrum, Karl-von-Hahn-Str.
28, 7290 Freudenstadt

31. Frühjahrstagung der Zahnärztekammer Westfalen-Lippe in Bad Salzuflen vom 15.–17. März 1985

Auskunft: Zahnärztekammer Westfalen-Lippe, Auf der Horst 29, 4400 Münster, Tel.: 02 51 / 49 09-213 (Frau Seifen)