

# Durchmesserreduzierte Implantate

## Erweiterung des Therapiespektrums

M.O.Klein | Düsseldorf

### Zusammenfassung

Es existieren zahlreiche Indikationen für den Einsatz schmaler dentaler Implantate mit Durchmessern  $\leq 3,5$  mm. Gerade bei älteren Patienten mit zahnlosem, atrophischem Unterkiefer kann die Verwendung durchmesserreduzierter Implantate helfen, zusätzliche augmentative Maßnahmen mit den damit verbundenen Risiken und Kosten zu vermeiden. Generell weisen schmale Implantate höhere Belastungsspitzen am krestalen Knochen auf als vergleichbare Implantate konventioneller Durchmesser, sodass marginale Knocheneinbrüche vorkommen können. Des Weiteren droht bei langjähriger Belastung das Auftreten von Ermüdungsbrüchen. Aus diesem Grund stellen Indikationen wie die Versorgung ästhetisch anspruchsvoller Frontzahnücken oder bei hohen Kaubelastungen hohe Ansprüche an Implantat-Design, Oberflächen- und Materialeigenschaften. Neue Legierungen wie TiZr mit verbesserten Materialeigenschaften können helfen, die

"Langzeit-Performance" zu verbessern und schlussendlich auch das Therapiespektrum zu erweitern.

### Schlüsselwörter

Kieferatrophie - Zahnloser Kiefer -  
Implantatdesign - Materialeigenschaften -  
Knochenaugmentation

Das Fortbildungsangebot wurde nach den Leitsätzen der Bundeszahnärztekammer zur zahnärztlichen Fortbildung einschließlich der Punktebewertung von BZÄK/DGZMK erstellt. Mit dieser Fortbildungseinheit können 2 Fortbildungspunkte erworben werden.



### Lernziel

Nach der Lektüre dieses Beitrags

- ▶ kennen Sie die klinischen Indikationen für durchmesserreduzierte Implantate ( $\leq 3,5$  mm).
- ▶ wissen Sie, warum bei Anwendung von durchmesserreduzierten Implantaten höhere okklusale Belastungen vorerst noch vermieden werden sollten.
- ▶ fühlen Sie sich sicher darin, das Makrodesign eines Implantatkörpers in Abhängigkeit von der zu erwartenden mechanischen Knochenqualität auszuwählen.
- ▶ können Sie erklären, warum die Implantatoberflächeneigenschaften die definitive Sekundärstabilität beeinflussen.
- ▶ können Sie Ihrem älteren Patienten mit zahnlosem, atrophischem Unterkiefer nach realistischer Einschätzung des Behandlungserfolgs ein minimal-invasives, zeitsparendes und kostengünstiges Implantationsverfahren anbieten.

### „Grenzbereich“ der modernen Implantologie

#### » Kaufunktionelle Rehabilitation

In der modernen Zahnmedizin ist der Einsatz dentaler enossaler Implantate zur kauffunktionellen Rehabilitation teilweise oder vollständig zahnloser Kieferabschnitte nicht mehr wegzudenken. Für zahlreiche Indikationen existieren wissenschaftlich fundierte Therapieansätze mit hervorragenden Langzeitergebnissen der inserierten Implantate, wie zum Beispiel für die interforaminale Unterkieferregion bei primär ausreichendem Knochenangebot [1].

Die hohen Erfolgsquoten bei diesen "konventionellen Fragestellungen" führen naturgemäß zu einer stetigen Ausdehnung der Indikationsstellung hin zu mehr risikobehafteten Lagerbedingungen bzw. Patientenkollektiven [2].

#### » Kieferatrophie

Insbesondere die demografische Bevölkerungsentwicklung mit dem stetig wachsenden Anteil eines zumindest teilweise zahnlosen Patientenkollektivs und der damit verbundenen Kieferatrophie stellt die moderne Zahnmedizin und vor allem auch die Disziplin der (Geronto-)Implantologie vor neue Herausforderungen. Gerade die konventionelle Versorgung des zahnlosen, atrophischen Unterkiefers mit herausnehmbarem Zahnersatz kann dem Behandlungsteam die Grenzen des Machbaren aufzeigen. Dahingegen erweist sich die Insertion schon von zwei strategisch positionierten interforaminalen Implantaten als Halteelemente für eine Unterkieferprothese als sehr effiziente, kostengünstige und nur moderat invasive Behandlungsalternative und wird zunehmend als Therapieoption der Wahl zur Versorgung des zahnlosen Unterkiefers angesehen ([3]; »Abb. 1). Die Ankopplung der Prothese kann über Steg-, Kugelkopf-, Magnet- oder Locator®-Verankerungen erfolgen [4]. Derartige Versorgungen resultieren in einer signifikanten Verbesserung der Kaufunktion mit assoziierter Hebung der Lebensqualität [5][6]. Des Weiteren unterstützen die eingebrachten, funktionell belasteten Implantate den

Strukturerhalt mit Verminderung einer weiteren Knochenatrophie [1].

#### » Kritische Bedingungen für dentale Implantate

Folgende lokale quantitative und qualitative Limitierungen lassen sich für eine erfolgreiche (primäre) dentale Implantation identifizieren ("kritische Lagerverhältnisse"):

- ▶ nichtausreichendes bzw. grenzwertiges Restknochenangebot (horizontales/vertikales Defizit, kritische Nähe zu anatomischen Nachbarstrukturen),
- ▶ schlechte mechanische Knochenqualität (eher spongioser Knochen),
- ▶ schlechte biologische Knochenqualität (zum Beispiel unzureichend knöchern durchbautes Regenerat),
- ▶ schlechte Weichgewebssituation (wenig fixierte Gingiva, dünner Biotyp).

Weitere Herausforderungen an den Implantologen stellen immer offensivere Einheil- und Belastungsprotokolle sowie eine kalkulierbare Ästhetik dar [7][8]. Nicht zuletzt führen auch gesteigerte Erwartungshaltungen (iatrogen und medial getriggert) der Patienten an die Versorgung sowie ein nichtwegzudiskutierender Konkurrenzdruck zu immer höheren Anforderungen an Behandlungsteam, eingesetzter Technik und verwendetem Material.

Prinzipiell lassen sich die oben genannten Beeinträchtigungen des Implantatlagers in vielen Fällen durch folgende (prä-)implantologische Maßnahmen beherrschen:

- ▶ Vermehrung des lokalen Knochenangebots,
- ▶ Verwendung dimensionsreduzierter Implantate (kurz, schmal).

### Vermehrung des lokalen Knochenangebots

#### » Osteodistraktion oder "bone splitting"

Methoden zur umschriebenen Vermehrung des lokalregionär vorhandenen Knochenangebots wie Osteodistraktion oder "bone splitting" stellen definierte Anforderungen an das vorhandene Lagergewebe und sind mit deutlich erhöhtem Aufwand verbunden. In der Regel verlangen diese Verfahren einen im Vergleich zur einfachen Implantation umfangreicheren operativen Zugang mit der Gefahr der Verletzung sensibler anatomischer Nachbarstrukturen (Zahnwurzeln, Nerven). Allein die zum Teil weitflächige Ablösung des Periosts bei der Lappenbildung wirkt limitierend auf die Blutversorgung des Knochens und fördert eine weitere Knochenresorption.

#### » Augmentation

Als Alternative zur oben beschriebenen Knochenvermehrung sind unterschiedliche Augmentationsverfahren weit verbreitet. Von vielen Behandlern wird die Verwendung von körpereigenem, autologem Knochen- gewebe aufgrund seiner osteokonduktiven und -induktiven Eigenschaften präferiert. Dennoch bereiten Entnahmeaufwand und -morbidity sowie ein nicht immer beherrschbares Resorptionsverhalten mehr und mehr den Weg für geeignete alloplastische Knochenersatzmaterialien (KEM) als Alternative [9][10]. In einem systematischen Review im Rahmen der Konsensuskonferenz 2010 der Deutschen Gesellschaft für Implantologie

» Hohe Erfolgsquoten führen zu einer stetigen Ausdehnung der Indikationsstellung

» Schon zwei strategisch positionierte interforaminale Implantate können bereits sehr effizient Halt für eine Unterkieferprothese bieten

» Immer offensive Einheil- und Belastungsprotokolle stellen Herausforderungen an den Implantologen dar

» Methoden zur Knochenvermehrung stellen definierte Anforderungen an das vorhandene Lagergewebe

(DGI) konnte gezeigt werden, dass der Einsatz von KEM für ausgewählte Indikationen wie Sinusliftoperationen wissenschaftlich sehr gut dokumentiert ist und in hohen Implantatüberlebensraten resultiert [11]. Dahingegen gelten externe Kieferkammaugmentationen (vertikale Auflagerungen, horizontale Anlagerungen außerhalb des "envelope") als anspruchsvolle Indikationen mit erhöhtem Risiko von Augmentat- und Implantatverlust [12]. Zusätzlich finden KEM aufgrund ihres "Fremdkörpercharakters" nicht immer uneingeschränkte Patientenakzeptanz, sodass generell über geeignete Alternativen aufgeklärt werden sollte.

### Fazit

Generell bedeuten die hier erwähnten Verfahren der lokalen Knochenvermehrung/-augmentation regelmäßig einen erheblichen operativen und apparativen Mehraufwand. Auch sehen sich speziell ältere zahnlose Patienten oft nicht in der Lage, die damit verbundenen finanziellen Belastungen zu tragen. Des Weiteren existieren konkrete Restriktionen vor umfangreichen, zeitintensiven chirurgischen Interventionen mit Angst vor Komplikationen und Schmerzen [13][14].

### Einsatz dimensionsreduzierter Implantate

Der Einsatz moderner durchmesserreduzierter dentaler Implantate ( $\leq 3,5$  mm) dient der Erweiterung des Behandlungsspektrums und hilft, den Umfang von vorbereitenden oder simultanen Knochenaugmentationen zu verringern oder gänzlich zu vermeiden. („Avoid augmentation.“)

Im Folgenden wird auf die Indikationen, die unterschiedlichen Bauformen, das biomechanische Risikoprofil und die sich daraus ergebenden speziellen Anforderungen (Design, Material, Oberflächeneigenschaften) an durchmesserreduzierte dentale Implantate eingegangen.

#### » Indikationen

Folgende klinische Indikationen sind für durchmesserreduzierte Implantate definiert worden:

- ▶ enge Interdentalräume ( $< 6$  mm), zum Beispiel durch Aufwandern von Zähnen nach Zahnverlust,
- ▶ Nichtanlagen wie kongenital fehlende seitliche Schneidezähne,
- ▶ schmale Alveolarkämme, zum Beispiel durch langjährige Atrophie oder bei Verlust der vestibulären Knochenlamelle nach Zahnextraktion.
- ▶ Sind mehrere Implantate in grenzwertig enge Schaltlücken zu setzen, können schmalere Durchmesser mit entsprechend breiterem interimplantärem Abstand in einem deutlich verbesserten Strukturhalt (Knochen, Papille) resultieren.
- ▶ Seltene Indikationen stellen Verankerungen komplexer epithetischer Versorgungen nach ablativer Tumorchirurgie im Gesichtsbereich dar [15].

Konkret für das oben beschriebene ältere Patientengut mit den genannten Einschränkungen und Ängsten ist insbesondere der minimal-invasive, zeitsparende Charakter des Einsatzes schmaler Implantate mit Vermeidung zusätzlicher Augmentationen und umfangreicher Lappenpräparation hervorzuheben.

Generell sollte der Einsatz durchmesserreduzierter Implantate – egal welcher Bauform – auf Indikationen mit vergleichsweise geringen Kaubelastungen (Frontzahnregion, Prothesenhalt im zahnlosen Kiefer) begrenzt sein. Gründe hierfür sind hohe Belastungen am "Knochen-Implantat-Interface" sowie das Risiko des Auftretens von Material(ermüdungs-)brüchen beim Einsatz von Implantatsystemen aus nichtlegiertem Titan. Aktuell rücken moderne Designs und neuartige Legierungen mit verbesserten mechanischen Eigenschaften ins Zentrum des Interesses (s. Abschn. "Materialermüdung"), sodass eine schrittweise Ausdehnung des Indikationsspektrums für die Zukunft denkbar ist. Für alle oben genannten Indikationen für durchmesserreduzierte Implantate mit dem charakteristischen grenzwertigen Knochenangebot ist eine sorgfältige präoperative Planung essentiell. Moderne bildgebende Verfahren wie die Digitale Volumetomographie (DVT) helfen hierbei, das vorhandene Knochenangebot optimal auszunutzen.

#### » Bauformen und biomechanische Risikoprofile

Im Allgemeinen spricht man von „durchmesserreduzierten“ oder „schmalen“ Implantaten bei einem Durchmesser  $\leq 3,5$  mm. Aufgrund der uneinheitlichen und teilweise irreführenden Terminologie gestalten sich Literaturrecherchen bezüglich der Eigenschaften und der „performance“ durchmesserreduzierter Implantate oftmals schwierig. Häufig werden die Begriffe „durchmesserreduziertes Implantat“, „schmales Implantat“ und „Miniimplantat“ synonym verwendet. Es sollte jedoch auf jeden Fall zwischen

- ▶ einteiligen, transgingivalen, teilweise selbstschneidenden Schraubensystemen mit präformierten, unter Umständen zu beschleifenden Suprastrukturen („Miniimplantate“  $< 2,5$  mm) und
- ▶ konventionellen ein- oder zweiseitigen Implantatsystemen ( $\geq 3,0$  mm)

unterschieden werden, da die Möglichkeiten der weiteren prothetischen Versorgung bei der letzteren Kategorie vielfältiger sind.

Neben den wichtigen Faktoren Implantatdurchmesser und -länge kann zwischen den folgenden implantatabhängigen Erfolgskriterien unterschieden werden [16]:

- ▶ Implantat(makro)-Design samt Ankopplung der prothetischen Sekundärteile,
- ▶ Material (Legierung) des Implantatkörpers sowie
- ▶ Oberflächen(mikro)-Design.

**Makrodesign.** Das Makrodesign eines Implantatkörpers ist für die Primärstabilität unmittelbar nach Implantatinsertion sowie für die langfristige krestale Knochenreaktion verantwortlich und sollte dementsprechend an der zu erwartenden mechanischen Knochenqualität ausgerichtet werden. Es setzt sich aus Dimension und Form des Implantatkörpers sowie der Konfiguration der Schraubenwindungen zusammen. Bei härterem, mehr kortikalem Knochen wie zum Beispiel im Bereich der Unterkieferfront sollte der Implantatkörper eher zylindrisch konfiguriert sein, während bei weicherem, mehr spongiossem Knochen wie im Bereich des Oberkiefersei-

» Der Einsatz von Knochenersatzmaterialien resultiert für ausgewählte Indikationen in hohen Implantatüberlebensraten

» Digitale Volumetomographie als wichtiger Bestandteil der präoperativen Planung

» „Avoid augmentation“

» Der minimal-invasive, zeitsparende Charakter dieser Therapiealternative ist besonders hervorzuheben

» Der Einsatz sollte auf Indikationen mit geringen Kaubelastungen begrenzt sein

» „Schmale“ Implantate haben einen Durchmesser  $\leq 3,5$  mm

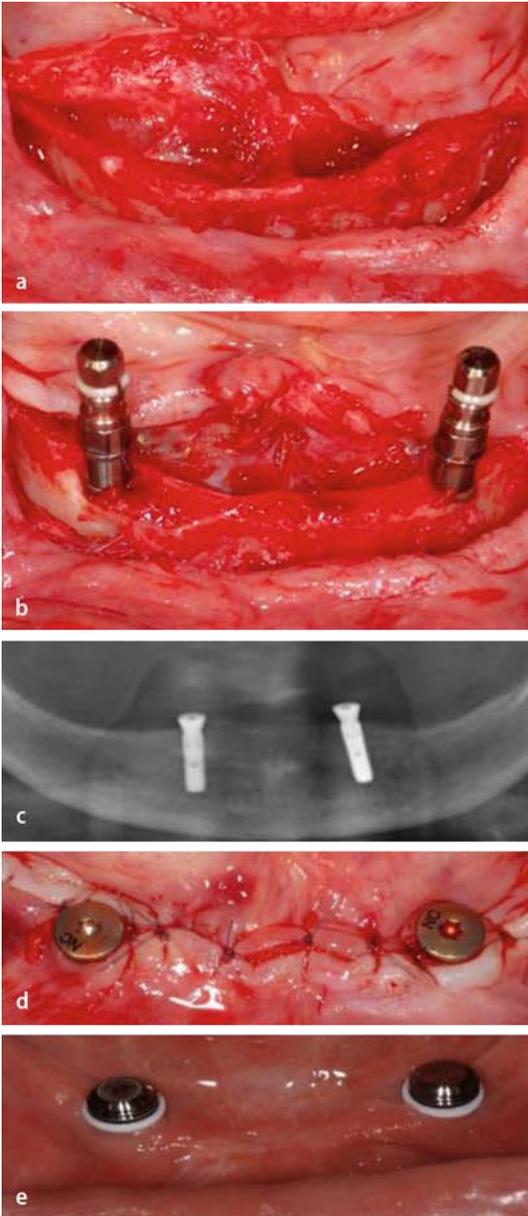
tenzahngebiets oft einem konischen Design der Vorzug gegeben wird.

Eine zentrale Idee bei der Gestaltung des Implantat-Designs ist die Weiterleitung der axialen Belastungen nach apikalwärts, um eine Überbelastung der krestalen Knochenanteile mit konsekutiver Resorption zu vermeiden. "Finite-Element"-Analysen zur Simulation der Krafteinleitung in den Knochen zeigen generell für schraubenförmige, konische Designs eine günstigere Stressverteilung in die Tiefe des Knochens hinein [17]. Jedoch ist das Einbringen von konischen Implantaten

» Das Makrodesign sollte an der zu erwartenden mechanischen Knochenqualität ausgerichtet werden

» Eine zentrale Idee ist die Weiterleitung der axialen Belastungen nach apikalwärts

» Bei zweiteiligen Implantatsystemen spielen die Art und die Lokalisation der Ankopplung eine wichtige Rolle



1 Versorgung eines zahnlosen atrophischen Unterkiefers mit zwei interforaminalen diameterreduzierten Implantaten (Strauman Roxolid™, 3,3 mm). a Darstellung des schmalen, gratförmigen Alveolarfortsatzes; b Zustand nach Einkürzen des Alveolarfortsatzes und Implantatinserterion; c,d postoperative Kontrolle, transgingivale Einheilmodus; e klinischer Aspekt nach Anpassen der Locator®-Verankerungen

technisch schwieriger und verlangt größere operative Erfahrung des Behandlers. Einen praktischen Kompromiss stellen "hybrid-geformte" Implantate mit einem zylindrischen apikalen Teil und einem konischen krestalen Teil dar [18]. Weitere Ansätze zur besseren Verteilung der Krafteinleitung sind "progressive Schraubengewinde-Designs" und das "platform shifting" [19].

Während einteilige "Miniimplantate" in der Regel durchgehend solide sind, haben konventionelle Implantatsysteme einen hohlen Innenteil (Schraubengewinde) zur Befestigung der Sekundärteile.

Bei zweiteiligen Implantatsystemen spielen die Art und die Lokalisation der Ankopplung eine wichtige Rolle [20]. Auch hier konnten Finite-Element-Analysen zeigen, dass interne konische Ankopplungen in einem günstigeren biologischen Verhalten des marginalen Knochens resultierten, verglichen mit externen flachen Interfaces [21].

Bei allen Implantaten findet der Hauptanteil der Stresseinleitung in die krestalen Anteile des Knochens statt, was bei konventionellen Implantatformen den Einsatz von kurzen Implantaten unterstützt [22] bzw. eine individuelle Indikationsstellung für längere Implantate (> 12 mm) fordert.

Der zunächst hypothetische Vorteil von durchmesserreduzierten Implantaten (erweitertes Indikationsspektrum, weniger Knochenaugmentationen) liegt auf der Hand. Es muss aber bedacht werden, dass hiermit natürlich auch die technische Umsetzung der genannten baulichen Wunschcharakteristika immer schwieriger wird bzw. bei "Miniimplantaten" gar nicht realisierbar ist. Gerade bezüglich des Langzeiterfolgs erscheint die Einhaltung der oben definierten, hartgewebtsfreundlichen technischen Merkmale (Form, Gewindevverlauf, Platform shifting, interne Ankopplung) von hohem Wert, da zahlreiche Untersuchungen belegen, dass sich die Stresswerte im krestalen kortikalen Knochen reziprok zum Implantatdurchmesser verhalten, d. h., schmale Bauformen resultieren in ungünstigeren Belastungsspitzen [23]. Ding et al. [24] konnten mithilfe von Finite-Element-Analysen nachweisen, dass die Belastungen am Implantat-Knochen-Interface bei der Reduktion des Implantatdurchmessers von 4,1 auf 3,3 mm sprunghaft und signifikant ansteigen, während sich die Belastungswerte beim Vergleich von 4,8 und 4,1 mm nicht mehr signifikant unterscheiden [24]. Für Miniimplantate sind diese Stresswerte insbesondere im krestalen Bereich nochmals erhöht [25]; dies kann zu progredienten periimplantären Knocheneinbrüchen mit konsekutiven Implantatverlusten führen.

**Materiallegierung.** In Ergänzung zur den genannten biomechanischen Limitierungen spricht das erhöhte Risiko einer Implantatfraktur gegen die uneingeschränkte Verwendung schmaler Implantate aus herkömmlichen Titanlegierungen, da die mechanische Belastbarkeit dieser Verbindungen limitiert ist und Ermüdungsbrüche drohen [26]. Eine Alternative können hier neue Legierungen wie TiZr darstellen, da dieses Material eine gesteigerte Festigkeit und eine hohe Biokompatibilität ausweisen.

**Oberflächeneigenschaften.** Mikrostrukturelle, physikalische und chemische Oberflächeneigenschaften sind verantwortlich für die definitive Sekundärstabilität bzw. Osseointegration eines dentalen Implantats. Es ist zu konstatieren, dass Titan per se ein sehr biokompatibler Werkstoff ist und schon einfache strukturelle Oberflächenmodifikationen in der Regel in einer guten Osseointegration resultieren. Bei durchmesserreduzierten Implantaten ist allerdings zu beachten, dass

- ▶ die hohen Belastungen am Implantat-Knochen-Interface eine zügige und sehr belastungsstabile Einheilung erfordern und
- ▶ die für die biologischen Interaktionen zur Verfügung stehende Gesamtoberfläche reduziert ist.

Von daher stellen schmale Implantate, die unter Umständen auch noch in kompromittierte Knochenlager inseriert werden (s. Abschn. „Kritische Bedingungen für dentale Implantate“), erhöhte Anforderungen an die Oberflächeneigenschaften.

Durch geeignete Modifikationen der Implantatoberfläche können die Eckpfeiler der initialen biologischen Implantateinheilung, nämlich Proteinadsorption, Thrombozytenaktivierung und osteoblastäre Zellreaktion, entscheidend gefördert werden [27]. Gängige Oberflächenmodifikationen kommerzieller Implantatsysteme fokussieren sich auf eher unspezifische Veränderungen von Oberflächentopographie und -chemie. Gezielte Funktionalisierungen von Implantatoberflächen durch Ankopplung biologischer Liganden wie Adhäsionsmoleküle oder Wachstumsfaktoren werden in der Praxis noch nicht routinemäßig eingesetzt. Als besonders geeignet erweisen sich Mikrostrukturierungen der Oberflächen, die durch Sandstrahlen und Säureätzen erzeugt werden. Hydrophile, "energiereiche" Titanoberflächen resultieren in einer gesteigerten Thrombozytenaktivierung sowie in einer höheren Differenzierung und Syntheseleistung der osteoblastären Zielzellen [28][29][30]. Diese Erkenntnisse sind sowohl mit Tiermodellen, die eine verbesserte Gewebeintegration und erhöhte mechanische Stabilität der inserierten Implantate zeigten [31], als auch mit klinischen Studien [32] konsistent.

#### » Erfolgsraten

Für die klassischen Indikationen (atrophischer zahnloser Unterkiefer, Einzelzahnersatz der Frontzahnregion) ist die Praktikabilität durchmesserreduzierter Implantate seit Jahrzehnten gut dokumentiert. Neben vielen Fallberichten existieren auch zahlreiche klinische Studien an großen Patientenkollektiven mit teilweise hohem Evidenz-Level (verblindet randomisiert kontrolliert, prospektives Kohortendesign) über die unterschiedlichsten Implantatsysteme. In der gesichteten Literatur liegt die Überlebensrate der nachuntersuchten schmalen Implantate regelmäßig >95% und reicht somit an die Performance von Implantaten mit regulärem Durchmesser heran. Wie bereits erwähnt, ist bei den durchmesserreduzierten Implantaten die Differenzierung zwischen konventionellen Implantatformen und "Miniimplantaten" wichtig.

**Versorgung des zahnlosen Unterkiefers.** Für die Indikation der Versorgung des zahnlosen Unterkiefers durch implantatgestützten, herausnehmbaren Zahnersatz existieren seit Mitte der 1990er Jahre zahlreiche Publikationen. Auffällig ist hier ein Nebeneinander von Studien über konventionelle schmale Implantate und über "Miniimplantate", die ab der Jahrtausendwende sukzessive wissenschaftlich untersucht wurden.

#### Konventionelle durchmesserreduzierte Implantate.

Schon 1995 konnten Spiekermann et al. [33] für intramobile Zylinderimplantate (IMZ) des Durchmessers 3,3 mm bei über 60 Patienten und einem mittleren "Follow-up"-Zeitraum von knapp 6 Jahren eine Überlebensrate von 95% feststellen [33]. Weitere Untersuchungen von Zinsli et al. (Straumann-Implantate, 3,3 mm, [34]), Arisan et al. (Straumann-Implantate, 3,3 mm, und Xive-Implantate, 3,4 mm, [35]) sowie Al-Nawas et al. (Straumann-Implantate, 3,3 mm, [36]) weisen ähnlich gute Implantatüberlebensraten für durchmesserreduzierte Implantate im zahnlosen Unterkiefer auf.

#### Miniimplantate.

Griffitts et al. (IMTEC-Miniimplantate, 1,8 mm, [37]), Shatkin et al. (3-M-Miniimplantate, 1,8–2,4 mm, [38]) sowie Morneburg u. Pröschel (Microplant-Miniimplantate, 2,5 mm, [39]) zeigten deren Praktikabilität bei der Versorgung des zahnlosen Unterkiefers.

#### Fixierter (Einzel-)Zahnersatz.

Auch für die Indikation des fixierten (Einzel-)Zahnersatzes existieren zahlreiche Publikationen. In der gesichteten Literatur scheinen hier eher konventionelle (mehrteilige) Implantatsysteme (»Abb. 2) zur Anwendung zu kommen, auch wenn es Studien über Miniimplantate gibt.

Im Gegensatz zur kaufunktionellen Rehabilitation des zahnlosen Unterkiefers sind die ästhetischen Ansprüche bei dieser Indikationsstellung sicherlich höher anzusetzen, sodass hier besonderes Augenmerk auf biomechanische Implantateigenschaften mit Auswirkungen auf den marginalen Knochenverlauf gelegt werden sollte.

#### Konventionelle durchmesserreduzierte Implantate.

In einer Studie von Sohn et al. (Biohorizons-Implantate, 3,0 mm, [40]) resultierte der Ersatz von seitlichen Schneidezähnen des Oberkiefers bzw. der Ersatz von Unterkieferschneidezähnen nach zwei Jahren in 100%igem Implantatüberleben mit moderaten marginalen Knocheneinbrüchen. In einer Studie über den Ersatz seitlicher Oberkieferschneidezähne kamen Degidi et al. (XIVE-Implantate, 3,0 mm, [41]) zu identisch guten Resultaten; zudem konnten sie die Praktikabilität einer Sofortversorgung auf durchmesserreduzierten Implantaten nachweisen. Andersen et al. [42] untersuchten den Ersatz von zentralen und seitlichen Oberkieferschneidezähnen (3i-Implantate, 3,25 mm) und kamen auf 93,8%iges Implantatüberleben nach zwei Jahren. Cordaro et al. (Straumann-Implantate, 3,5 mm, [43]) kamen in ihrer Studie über den Ersatz von Unterkieferschneidezähnen ebenfalls auf 100%iges Implantatüberleben nach zwei Jahren, allerdings resultierten zwischen zwei gesetz-

» Bezüglich des Langzeiterfolgs ist die Einhaltung der hartgewebefreundlichen technischen Merkmale von hohem Wert

» Die Oberflächeneigenschaften sind für die definitive Sekundärstabilität des dentalen Implantats verantwortlich

» Durch geeignete Modifikationen kann die Implantateinheilung entscheidend gefördert werden

» Für klassische Indikationen ist die Praktikabilität seit Jahrzehnten gut dokumentiert

» Hier reicht die Implantatüberlebensrate an die Performance von Implantaten mit regulärem Durchmesser heran

» Für intramobile Zylinderimplantate des Durchmessers 3,3 mm konnte eine Überlebensrate von 95% festgestellt werden

» Auf die biomechanischen Implantateigenschaften sollte besonderes Augenmerk gelegt werden

ten Implantaten regelmäßig erhöhte Sondierungstiefen, was die Bedeutung eines ausreichenden interimplantären Abstands unterstreicht. In einer longitudinalen Studie über unterschiedliche Indikationen im Ober- und Unterkiefer verglichen Romeo et al. [44] schmale Straumann-Implantate (3,3 mm) mit dem Standarddurchmesser (4,1 mm). Für die durchmesserreduzierten Implantate lagen die kumulativen Überlebensraten im Oberkiefer bei 98,1% sowie im Unterkiefer bei 96,9% und unterschieden sich somit nicht signifikant zu jenen der Standardimplantate (96,8 versus 97,9%). Hallman [45] konnte für die Indikation des stark atrophierten Oberkiefers die Sicherheit einer Versorgung mit schmalen Implantaten (Straumann-Implantate, 3,3 mm) in Verbindung mit Knochenaugmentationen nachweisen. Eine Multizenterstudie von Zembic et al. (Nobel Direct-Implantate, 3,0 mm, [46]) über den Ersatz seitlicher Oberkiefer- und

Unterkieferschneidezähne bot zwar hohe Überlebensraten von 98% nach einem Jahr, teilweise imponierten jedoch marginale Knocheneinbrüche, was als Indiz für das eher ungünstige Belastungsprofil am Implantat-Knochen-Interface bei der Verwendung schmaler Implantate zu werten ist. Allgemein ist bei den "konventionellen Implantaten" eine vorsichtige Tendenz zu immer geringeren Implantatlängen zu konstatieren (bis zu 8 mm [34][35][36]), obwohl Sohrabi et al. [47] in ihrem systematischen Review ein (statistisch nicht berechnetes) gehäuftes Auftreten von Misserfolgen für Längen  $\leq 13$  mm feststellten.

**Miniimplantate.** Mazor et al. belegten die Versorgung von unterschiedlichen Einzelzahnlücken mit Hightech-Miniimplantaten (2,4 mm, Überlebensrate nach fünf Jahren: 96,8%; [48]). Es ist hervorzuheben, dass die in den einschlägigen Arbeiten verwendeten „Miniimplantate“ in der Regel länger sind als die bei vergleichbaren Indikationen eingesetzten "konventionellen Implantate". Hintergrund ist der Versuch der Kompensation der ungünstigen Belastungsmomente bei geringem Implantatdurchmesser.

Voraussetzung für die Verwendung dieser Implantate sind natürlich ausreichend vertikale Knochendimensionen, was insbesondere im atrophierten Seitenzahngelände auf anatomische Limitierungen [basale Kieferhöhlen(KH)-Wand, Nervverlauf] stößt.

**Materialermüdung: Chance für neuartige Legierungen.** Wie bereits erwähnt, stellt das Auftreten von Materialbrüchen ein Risiko durchmesserreduzierter Implantate aus reinem Titan dar: Bei der Verwendung kann es in seltenen Fällen zur Fraktur des Implantatkörpers kommen Zinsli et al. [34].

Es konnte gezeigt werden, dass Titan-Zirkonium-Legierungen eine höhere Zugfestigkeit und eine gerin-



2 Versorgung einer schmalen Einzelzahnlücke in Regio 15 mit einem durchmesserreduzierten Implantat (Strauman Roxolid™ 3,3 mm). a Ausgangsröntgen mit Messkugel; b postoperative Kontrolle; c,d seitliche Ansicht und Aufsicht direkt nach der Implantatinsertion, transgingivaler Einheilmodus unter Bildung eines Rolllappens von palatinal; e Kronenversorgung

gere Materialermüdung im Vergleich zu den in der dentalen Implantologie oft verwendeten reinen Titanverbindungen [American-Society-for-Testing-and-Materials(ASTM)-Titan, Titan Grad 4; [49]] aufweisen. Die Roxolid™-Legierung [Titan-13Zirkonium (TiZr), Institut Straumann AG, Basel, Schweiz] zeigt unter anderem für durchmesserreduzierte Implantate verbesserte Materialeigenschaften bei gleichbleibender hoher Biokompatibilität und einer zu herkömmlichen Implantaten (Titan Grad 4) vergleichbaren knöchernen Einheilung [50]. Des Weiteren erlaubt diese Legierung identische mikrostrukturelle und chemische Oberflächenveränderungen im Sinne der SLA®- bzw. SLActive®-Modifikationen (SLA: "sandblasted, acid-etched"; [51]). Die Versorgung einer schmalen Einzelzahnücke in Regio 15 mit einem derartigen durchmesserreduzierten Implantat (Straumann® Roxolid™, SLActive® 3,3 mm) zeigt »Abb. 2a–e«.

In einer verblindeten, randomisierten kontrollierten Studie über die Versorgung des zahnlosen, atrophischen Unterkiefers verglichen Al-Nawas et al. [36] die Performance durchmesserreduzierter Implantate aus Titan Grad 4 mit baugleichen Implantaten der Roxolid™-Legierung (Straumann® SLActive®, 3,3 mm). In einem "Split-mouth"-Modell wurde Patienten jeweils sowohl ein herkömmliches Titan-Implantat als auch ein Roxolid™-Implantat interforaminal inseriert (»Abb. 1a–e«). Hierbei war die Seitenverteilung randomisiert und verblindet.

### Korrespondenzadresse

**PD Dr. Dr. M.O. Klein**

Kieferchirurgische Gemeinschaftspraxis

Dr. Dr. Stroink & Partner

Stresemannstr. 7, 40210 Düsseldorf

marcusoklein@me.com, www.kieferchirurgie.org



**PD Dr. Dr. M.O. Klein**

- » Herr PD Dr. Dr. Klein, geboren 1977, studierte von 1996 bis 2006 an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz Medizin und Zahnmedizin mit den entsprechenden Promotionen 2003 und 2006.
- » Von 2003 bis 2012 war er als Mitarbeiter an der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie Mainz, zuletzt als Oberarzt, tätig. Im Jahr 2009 erfolgte die Anerkennung des Facharztes für MKG-Chirurgie, im Jahr 2012 die Zusatzbezeichnung "plastische Operationen".
- » PD Dr. Dr. Klein habilitierte sich 2010 für das Fach Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie. Von September 2010 bis März 2011 war er kommissarischer Leiter der MKG des Städtischen Klinikums Ludwigshafen.
- » Seit März 2012 ist er in der kieferchirurgischen Gemeinschaftspraxis Dr. Dr. Stroink und Partner in Düsseldorf tätig. PD Dr. Dr. Klein weist zahlreiche nationale und internationale Veröffentlichungen und Vorträge sowie eine aktive Referententätigkeit mit den Schwerpunkten Augmentation und dentale Implantologie vor.

**Interessenkonflikt:** Es besteht kein Interessenkonflikt.

Nach zwölf Monaten konnte bei den nachuntersuchten 87 Patienten kein signifikanter Unterschied bezüglich des Implantatüberlebens (TiZr: 98,9%; Ti: 97,8%) und des periimplantären Knochenverlaufs festgestellt werden.

Implantatfrakturen traten nicht auf [36]. Die Biokompatibilität von derartigen Titan-Zirkonium-Legierungen, verbunden mit der höheren mechanischen Belastbarkeit, mag in Zukunft zu einer Ausweitung der Indikationen von durchmesserreduzierten Implantaten führen.

### Fazit für die Praxis

- » Der Einsatz durchmesserreduzierter dentaler Implantate bietet sowohl dem Behandler als auch dem Patienten durch mehr Behandlungsoptionen eine höhere Flexibilität.
- » Es existieren zahlreiche Indikationen, die heute schon teilweise sehr erfolgreich bedient werden. Gerade bei der stetig wachsenden "kritischen" älteren Patientenpopulation dienen diese Implantate der kaufunktionellen Rehabilitation ohne große begleitende Augmentationsmaßnahmen: Dies spiegelt sich in einer gesteigerten Akzeptanz von Implantatbehandlungen wider.
- » Die zum Teil ungünstigen biomechanischen Eigenschaften mit hohen Belastungsmustern bzw. Belastungsspitzen am krestalen Implantat-Knochen-Interface (vor allem bei Miniimplantaten) stellen insbesondere bei ästhetisch anspruchsvollen Indikationen (Frontzahnregion) maximale Ansprüche an das Implantat-Design und die Art der Anknüpfung, aber auch an das chirurgische Vorgehen. Generell sollte immer eine individuelle Nutzen-Risiko-Abwägung bei der Auswahl der geeigneten Therapiemodalität (Augmentation und Einsatz konventionell dimensionierter Implantate versus keine Augmentation unter Verwendung durchmesserreduzierter Implantate) getroffen werden. Moderne Bildgebende Verfahren wie die Digitale Volumetomographie unterstützen die präoperative Planung bei grenzwertigem Knochenangebot und intendiertem minimal-invasivem Vorgehen.
- » Konventionelle Titanlegierungen bergen die Gefahr des Auftretens von Materialbrüchen bei überhöhten Belastungen, was zum strengen Einhalten der etablierten Indikationen mit geringer Kaubelastung verpflichtet. Konkret bestehen noch berechnete Einschränkungen für die Versorgung der Molarenregion. Der Einsatz moderner Legierungen mit verbesserten Materialeigenschaften (höhere Zugfestigkeit, geringere Materialermüdung) birgt das Potenzial für eine weitere Ausweitung des Indikationsspektrums.

### Literatur

Das Literaturverzeichnis kann bei der Redaktion angefordert werden:

anja.weisse@springer.com

## IMPRESSUM

Herausgeber:  
PD Dr. Dr. M.O. Klein,  
Düsseldorf

Mit freundlicher Unterstützung  
der Straumann GmbH, Freiburg

Der Sponsor nimmt keinen  
Einfluss auf die zertifizierte  
Fortbildung.

Eine Sonderveröffentlichung  
des Bereichs Corporate  
Publishing Zahnmedizin

Redaktion: Anja Weisse

Druck:  
Stürtz GmbH, Würzburg  
 Springer Medizin

© Springer-Verlag GmbH 2012

Beilage in „Der Freie Zahnarzt“  
Band 56, Heft 5, Mai 2012

Die Herausgeber der Zeitschrift  
übernehmen keine Verantwor-  
tung für diese Rubrik.

Springer Medizin Heidelberg  
Springer-Verlag GmbH  
Tiergartenstraße 17 | 69121  
Heidelberg  
Springer ist Teil der  
Fachverlagsgruppe  
Springer Science+Business Media

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in dieser Beilage berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen. Für Angaben über Dosierungsanweisungen und Applikationsformen kann vom Verlag keine Gewähr übernommen werden. Derartige Angaben müssen vom jeweiligen Anwender im Einzelfall anhand anderer Literaturstellen auf ihre Richtigkeit überprüft werden.

# CME-Fragebogen



Online fortbilden und Punkte sammeln unter: [springerzahnmedizin.de](http://springerzahnmedizin.de)

**Bei welchem Durchmesser spricht man von "durchmesserreduzierten" oder "schmalen" Implantaten?**

- ò ≤3,9 mm
- ò ≤3,8 mm
- ò ≤3,7 mm
- ò ≤3,6 mm
- ò ≤3,5 mm

**Was ist keine Indikation für ein durchmesserreduziertes Implantat?**

- ò Enge Interdentalräume (<6 mm)
- ò Schmale Alveolarkämme
- ò Hohe okklusale Belastungen
- ò Nichtanlagen seitlicher Schneidezähne
- ò Mehrere Implantate in einer engen Schaltlücke

**Was zählt nicht zu den spezifischen Erfolgsfaktoren für durchmesserreduzierte Implantate?**

- ò Implantatlänge
- ò Implantatlagerung
- ò Implantatmakrodesign
- ò Legierung des Implantatkörpers
- ò Oberflächendesign

**Stresswerte durch Belastungen am Implantat-Knochen-Interface verhalten sich reziprok zum Durchmesser des Implantats. In welchem Bereich des Implantat-Knochen-Interface erhöhen sich die Stresswerte bei reduziertem Durchmesser am deutlichsten?**

- ò Krestal
- ò Medial
- ò Apikal
- ò Peripher
- ò Ubiquitär

**In welcher Richtung sollte die Kraftweiterleitung axialer Belastungen am Implantatkörper erfolgen?**

- ò Nach krestal
- ò Nach medial
- ò Nach para-krestal
- ò Nach peripher
- ò Nach apikal

**Worin besteht der Unterschied zwischen "Miniimplantaten" und konventionellen Implantaten?**

- ò Miniimplantate sind durchgehend perforiert.
- ò Miniimplantate sind durchgehend semi-permeabel.
- ò Miniimplantate sind durchgehend hohl.
- ò Miniimplantate sind durchgehend solide.
- ò Miniimplantate sind durchgehend selektiv-perforiert.

**Schmale Implantate stellen erhöhte Anforderungen an die Oberflächeneigenschaften. Welche der unten genannten Oberflächenmodifikationen zählt nicht dazu?**

- ò Schaffung hydrophiler Oberflächen
- ò Säureätzen
- ò Ankopplung biologischer Liganden
- ò Ankopplung immortalisierter Osteoblasten
- ò Sandstrahlen

**Wie hoch sind die Erfolgsraten von konventionellen durchmesserreduzierten Implantaten in der gängigen Literatur?**

- ò 75%
- ò 80%
- ò >95%
- ò 98%
- ò 100%

**Welche Komplikation kann insbesondere beim Einsatz von durchmesserreduzierten Implantaten auftreten?**

- ò Periimplantitis
- ò Horizontaler Knochenabbau
- ò Ästhetisch unbefriedigende Weichgewebssituation
- ò Verlust der Suprakonstruktion
- ò Materialbrüche am Implantatkörper

**Welche neuartige Legierung weist eine höhere Zugfestigkeit und eine geringere Materialermüdung auf?**

- ò Titan-Zinn-Legierung
- ò Titan-Zirkonium-Legierung
- ò Titan-Palladium-Legierung
- ò Titan-Nickel-Legierung
- ò Titan-Molybdän-Legierung

## Teilnehmen in 4 Schritten

- 1. Registrieren/Anmelden:** Einmalig auf [springerzahnmedizin.de](http://springerzahnmedizin.de)
- 2. Einloggen:** Ihre persönlichen Zugangsdaten erhalten Sie per E-Mail. Loggen Sie sich mit diesen auf [springerzahnmedizin.de](http://springerzahnmedizin.de) ein und wählen Sie unter dem Punkt „Kostenfreie CME mit Partnern“ diesen Beitrag aus.
- 3. Teilnehmen:** Es ist immer nur eine Antwort richtig. Die Reihenfolge der Fragen und der Antworten wird online neu durchmischt.
- 4. Punkte sammeln:** Mit mindestens 7 richtigen Antworten haben Sie bestanden. Sie erhalten sofort per E-Mail eine Teilnahmebestätigung mit 2 CME-Punkten.

**Kontakt CME-Helpdesk: Tel.: +49 (0) 6221-487-8926, E-Mail: [CME@springer.com](mailto:CME@springer.com)**