

Philipp-Cornelius Pott, Franziska Ulmer, Rüdiger Zimmerer

Implantatplanung und chirurgische Aspekte zur Reduktion des Periimplantitisrisikos*

Warum Sie diesen Beitrag lesen sollten

Dieser Beitrag stellt präimplantologische Maßnahmen zur Reduktion von periimplantären Entzündungen mit Fokus auf Implantatplanung, Hart- und Weichgewebsmanagement und navigierter Implantologie vor.

Zusammenfassung: Periimplantäre Entzündungen sind trotz hochentwickelter Operationstechniken und Implantatkomponenten bis heute eine häufig auftretende Komplikation in der dentalen Implantologie. Das Entstehen periimplantärer Entzündungen kann nicht nur postimplantologische Ursachen haben, sondern auch präimplantologische Faktoren spielen eine Rolle. Neben der Ausgestaltung der prothetischen Versorgung sind insbesondere die korrekte Planung der Implantatposition und die chirurgische Vorbereitung des Implantationsgebiets für den Langzeiterfolg dentaler Implantate von Bedeutung. Dieser Beitrag beschäftigt sich mit diesen präimplantologischen Faktoren mit besonderem Augenmerk auf der Implantatplanung, dem Hart- und Weichgewebsmanagement und der navigierten Implantation unter Berücksichtigung aktueller relevanter Literatur.

Schlüsselwörter: Hart- und Weichgewebsmanagement; navigierte Implantation; Periimplantitis; präimplantologische Maßnahme

Klinik für Zahnärztliche Prothetik und Biomedizinische Werkstoffkunde, Medizinische Hochschule Hannover: PD Dr. med. dent. Philipp-Cornelius Pott
Zahnarztpraxis Dr. Franziska Ulmer, Hannover: Dr. med. dent. Franziska Ulmer

Klinik für Mund-, Kiefer- und Plastische Gesichtschirurgie, Universitätsklinikum Leipzig: PD Dr. med. Dr. med. dent. Rüdiger Zimmerer

* Deutsche Version der englischen Erstveröffentlichung Pott P-C, Ulmer F, Zimmerer R: Implant planning and surgical aspects to reduce the risk of peri-implantitis. Dtsch Zahnärztl Z Int 2022; 4: 30–35

Zitierweise: Pott P-C, Zimmerer R, Ulmer F: Implantatplanung und chirurgische Aspekte zur Reduktion des Periimplantitisrisikos. Dtsch Zahnärztl Z 2022; 77: 30–36

Peer-reviewed article: eingereicht: 02.03.2021, revidierte Fassung akzeptiert: 04.10.2021

DOI.org/10.53180/dzz.2022.0004

Implant planning and surgical aspects to reduce the risk of peri-implantitis

Abstract: Peri-implant inflammation is still a frequent complication in dental implantology despite highly developed surgical techniques and implant components. The development of peri-implant inflammation may not only have post-implantological causes, but pre-implantological factors also play a role. In addition to the design of the prosthetic restoration, correct planning of the implant position and surgical preparation of the implant site are particularly important for the long-term success of dental implants. This paper deals with these pre-implantological factors with special emphasis on implant planning, hard and soft tissue management and navigated implant placement, taking into account current relevant literature.

Keywords: hard and soft tissue management; navigated implantation; peri-implantitis; preimplant procedure

Einleitung

Alein in Deutschland werden jährlich über 1.300.000 dentale Implantate gesetzt [3]. Die Komplikationsrate liegt über einen Beobachtungszeitraum von 5 Jahren noch bei ca. 20%, und periimplantäre Entzündungen sind mit einer Hauptursache für das Implantatversagen [2, 4]. Dennoch ist die implantologische Versorgung des Lückengebisses oder des zahnlosen Kiefers aus dem Therapiespektrum der modernen Zahnmedizin heute nicht wegzudenken, vor allem deshalb nicht, weil durch Weiterentwicklungen von Fertigungstechniken und Materialien der Indikationsbereich für dentale Implantate immer größer wird. Moderne präimplantologische und implantologische Operationstechniken ermöglichen Implantatversorgungen heute in nahezu allen Arealen. In Abhängigkeit von verschiedenen Einflussfaktoren zeigen diese jedoch unterschiedlich gute Langzeitprognosen.

Im Fokus dieses Beitrags stehen diejenigen Aspekte, die während des chirurgischen Vorgehens der Implantatversorgung das Risiko für im Verlauf auftretende Komplikationen beeinflussen. Allgemeine und allgemeinmedizinische Risikofaktoren für Implantatkomplikationen wie beispielsweise Medikationen oder

Vorerkrankungen stehen nicht im Fokus dieses Beitrags, vielmehr wird davon ausgegangen, dass absolute und relative Kontraindikationen patientenindividuell erfasst und berücksichtigt werden.

Abbildung 1 zeigt ein Flussdiagramm für einen standardisierten Ablauf, der das Auftreten von Komplikationen im Zeitraum bis zur Implantation reduzieren kann. Das Hauptaugenmerk liegt dabei auf der Vermeidung ungünstiger Hart- und Weichgewebsverhältnisse in der Implan-

tationsregion bzw. auf der Verbesserung von ungünstigen Verhältnissen vor der Implantatinsertion gepaart mit einem sinnvollen Backward-Planning und der korrekten Auswahl der geeigneten Implantattypen.

Neben den besonderen Anforderungen an die eigentliche Implantation spielt dabei insbesondere die Planung der gewünschten Implantatposition unter Berücksichtigung der späteren implantatprothetischen Restauration eine herausragende Rolle. Jepsen et al. fordern, dass die gewählte Implantatposition und die prothetische Versorgung so gewählt bzw. gestaltet sein müssen, dass sie der regelmäßigen häuslichen Mundhygiene wie auch der professionellen Prophylaxe zugänglich sind [12]. Nach Schwarz et al. gibt es dazu in der Literatur bisher jedoch noch wenig Daten, sodass die zugrunde liegende Evidenz hinsichtlich der präimplantologischen Einflussfaktoren auf das Entstehen periimplantärer Entzündungen noch eingeschränkt ist [23]. Eine Implantatplanung, die im Voraus nicht nur chirurgische Aspekte wie Knochenqualität und -quantität berücksichtigt, sondern auch die später geplante prothetische Versorgung unter den Aspekten des notwendigen Implantatdurchmessers, des späteren Weichgewebsmanagements und der Hygienefähigkeit einbezieht, trägt dazu bei, das Risiko periimplantärer Weichgewebsentzündungen und der etablierten Periimplantitis zu reduzieren. Nach Roma-

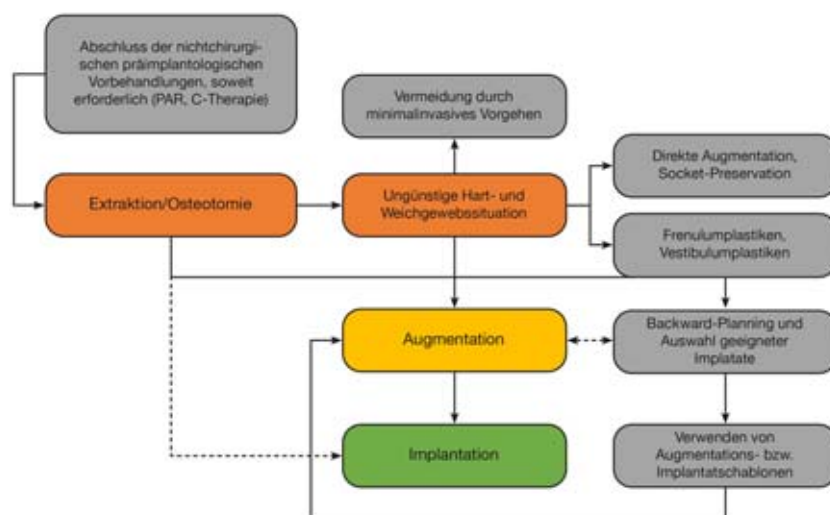


Abbildung 1 Grundsätzliche Strategien zur Reduktion des Periimplantitisrisikos vor und während der Implantation

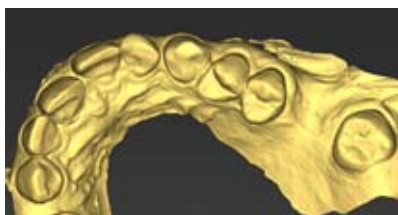


Abbildung 2a 3D-Datensatz einer Schalllücke in Regio 26 nach direktem intraoralen Scan.

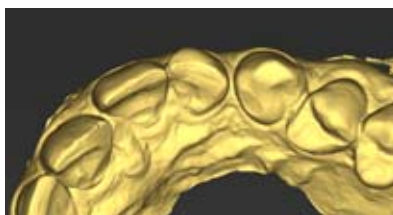


Abbildung 2b Virtuelle Aufstellung eines konfektionierten Planungszahns 26 in den vorliegenden 3D-Datensatz

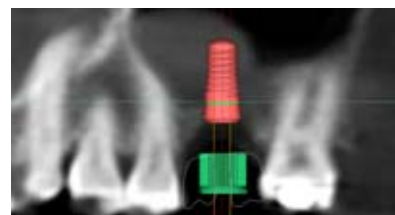


Abbildung 2c Schnittbild aus Planungs-DVT (vor präimplantologischen Maßnahmen) mit virtuell positioniertem Implantat 26, eingeblendetem virtuell aufgestelltem Zahn und virtueller Bohrhülse. Hier wird klar, dass vor Implantation ein Sinuslift erforderlich ist.

nos et al. zeigen beispielsweise Implantate mit größerem Durchmesser im Verlauf einen stärkeren Abbau der bukkalen Knochenlamelle als dünnere Implantate mit einem Durchmesser $\leq 3,75$ mm [21]. Dies zeigt, dass hinsichtlich der Wahl der korrekten Implantatposition neben der geplanten Restauration und ihrer erwarteten Belastung auch das im gewünschten Bereich befindliche Hart- und Weichgewebe berücksichtigt werden muss. Erhöhte Schleimhautbeweglichkeit, also das Fehlen keratinisierter befestigter Gingiva im Bereich von Implantaten, kann periimplantäre Entzündungen triggern [23]. Insbesondere die präimplantologische Beurteilung des umgebenden Weichgewebes an der geplanten Implantatposition ist daher von Bedeutung. Es zeigt sich oft gerade im Bereich der Wangen- und Lippenbändchen eine erhöhte Schleimhautbeweglichkeit, insbesondere dann, wenn es dort nach Zahnverlust zur Kieferkammatrophy gekommen ist. Eine verstärkte Kieferkammatrophy führt auch zur Veränderung der Lagebeziehung zwischen Kieferkamm und den Umschlagfalten, in deren Nähe ebenfalls der Anteil keratinisierter befestigter Gingiva reduziert ist.

Mithilfe von Bohrschablonen können die geplante(n) Implantatposition(en) heute bereits sehr präzise auf die klinische Situation im Patientenmund übertragen werden [19]. Obgleich die digital gestützten modernen Planungs- und Behandlungsmöglichkeiten bereits eine gute Therapiesicherheit bieten, zeigen dentale Implantate leider die oben bereits erwähnte verhältnismäßig hohe Komplikationsrate.

Ziel dieses Übersichtsartikels ist es, zunächst eine Übersicht über die Methode des sogenannten Backward-Planning zu geben, anschließend präimplantologische chirurgische Strategien und die schablonengeführte Implantation näher zu betrachten. Abschließend wird eine kurze Übersicht über die zurzeit relevante Literatur gegeben. Einleitend sei folgende allgemeine Frage gestellt: Gibt es eine ideale Implantatposition, und wie kann sie gefunden werden?

Präimplantologisches Backward-Planning

Eine ideale Implantatposition hängt von unterschiedlichen Aspekten ab. Chirurgisch sind eine gute Primärstabilität und anschließend eine gute Osseointegration von maßgeblicher Bedeutung. Eine gute knöchern Ausgangssituation, eine komplikationsfreie Implantation und ein postoperativer bakterienreicher Schleimhautverschluss sind für das Erreichen dieser Ziele wichtig. Implantatprothetisch hängt die ideale Implantatposition von der zu erwartenden Belastung durch den Zahnersatz und das zur Verfügung stehende Platzangebot ab. Insbesondere die zu erwartende Belastung spielt im Zusammenhang mit der gewünschten idealen Langzeitstabilität eine herausragende Rolle, da die ideale Kraftverteilung über den Zahnersatz und das Implantat in den Knochen nur dann erfolgen kann, wenn die einwirkende Kraft direkt in der Implantatachse wirkt und das Implantat hinsichtlich Form und Durchmesser korrekt gewählt wurde. Zudem sind Aspekte der späteren Hygienefähigkeit unbedingt zu berücksichtigen.

Aufgrund der jeweils patientenindividuellen anatomischen Gegebenheiten sind Idealvoraussetzungen nur in äußerst seltenen Fällen zu finden, sodass in nahezu allen Fällen unter der „idealen“ Implantatposition die für den Patienten individuell beste Implantatposition zu verstehen ist. Kalra et al. stellen in ihrer Arbeit heraus, dass eine optimale Positionierung unter Berücksichtigung biomechanischer, kaufunktionaler, ästhetischer und phonetischer Aspekte Voraussetzung für eine optimale Implantatversorgung ist [16]. Es muss also bereits vor der eigentlichen Implantation feststehen, wie der spätere Zahnersatz ausgestaltet werden soll. Dabei gilt: Je genauer die Planung der späteren Versorgung entspricht, desto mehr Informationen können in die Implantatplanung einfließen. Es muss unbedingt berücksichtigt werden, dass nicht nur Position und Angulation des Implantats eine Rolle spielen. Auch die gewählten Implantatdurchmesser mit den daraus resultierenden Emergenzwinkeln und Emergenzprofilen haben nach Yi et al. einen signifikanten Einfluss auf das Entstehen von periimplantären Entzündungen und damit auf den langfristigen Erfolg der Versorgung [28].

Der Einfluss der schließlichen Ausgestaltung der prothetischen Versorgung auf das Risiko periimplantärer Entzündungen ist ebenfalls ein wichtiger Aspekt. Diese Thematik ist Gegenstand eines weiteren Artikels in dieser Ausgabe und wird daher im Folgenden nicht in die Tiefe gehend betrachtet.

Das prinzipielle Vorgehen des Backward-Planning wird im Folgen-

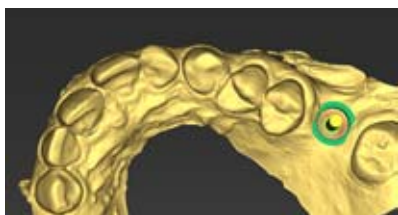


Abbildung 2d Projektion des virtuell positionierten Implantats auf den 3D-Datensatz mit zusätzlich eingeblendeter Bohrhülse

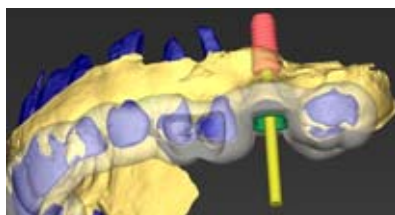


Abbildung 2e Im 3D-Datensatz eingeblendete Zähne aus DVT für korrektes Matching der Datensätze mit virtuellem Implantat, Bohrhülse, Implantatachse und virtueller Bohrschablone

den an 2 Beispielen kurz beschrieben: Im 1. Beispiel soll eine Schalltlücke im Oberkiefer an Position 26 mit einer implantatgetragenen Einzelkrone versorgt werden (Abb. 2a–e). Zur Beurteilung der knöchernen Strukturen und des Sinus maxillaris wird eine DVT-Aufnahme angefertigt. Die spätere Krone ist durch die Ausdehnung der Lücke und die Position der Antagonisten klar vorgegeben. In diesem Fall genügt also bei Bedarf eine virtuelle Zahnaufstellung am Computer in einer geeigneten Software, die dann der zunächst virtuellen Positionierung des Implantats dient. Für die Fertigung der Bohrschablone ist ein dreidimensionaler Datensatz der klinischen Situation erforderlich. Dieser kann entweder durch Einscannen eines Situationsmodells gewonnen werden, oder es können intraorale Scansysteme für die direkte Datengewinnung genutzt werden. Durch Zusammenführen der Planungsdaten und des Modelldatensatzes liegen alle relevanten Informationen für die Fertigung der Bohrschablone, z.B. im 3D-Druck, vor.

Im 2. Beispiel soll ein Patient mit einer Kieferspalte im Oberkiefer mit einer implantatgetragenen Totalprothese versorgt werden. Es liegt kein alter Zahnersatz vor. In diesem Fall müssen analog zum Vorgehen in der konventionellen Totalprothetik über den Weg der Kieferrelationsbestimmungen und Wachsaufstellung zunächst die spätere Position der Zähne sowie die Volumina der Prothesenbasen festgelegt werden. Nach der Einprobe am Patienten können Wachsaufstellung und Modelle ebenfalls digitalisiert werden.

Bei Bedarf, etwa bei unklarer Kieferrelation, können die Wachsaufstel-

lungen auch mithilfe von Bariumsulfat in röntgenopake Schablonen für eine DVT-Aufnahme überführt werden. Alternativ dazu ist es in einigen Fällen auch möglich, anhand der palatinalen Weichgewebssituation im Oberkiefer die digitalisierten Modelldatensätze mit und ohne eine Wachsaufstellung als Referenz in die Implantatplanungssoftware zu matchen (Abb. 3).

Auch in diesem Beispiel liegen nun alle relevanten Daten für die Fertigung der Bohrschablonen vor.

Durch digital vorgeplante Implantatpositionen und entsprechende Bohrschablonen kann heute bereits eine besonders hohe Vorhersagbarkeit der späteren realen Implantatposition erreicht werden. Van de Wiehle et al. haben sich mit der Übertragungsgenauigkeit bei schablonengeführter Implantation beschäftigt und konnten Positionsabweichungen der Implantatschulter zu der digital geplanten Position sowohl in vertikaler ($0,5 \pm 0,5$ mm) als auch in horizontaler ($0,9 \pm 0,5$ mm) Richtung feststellen [26]. Ähnliche Daten wurden auch in anderen Arbeitsgruppen gefunden, wobei jedoch auch maximale Abweichungen in allen Raumrichtungen von bis zu 2 mm beobachtet worden sind [15, 27]. Nach Ruppin et al. ist die Genauigkeit der navigierten Implantation abhängig von der Qualität und der Bildauflösung des zugrunde liegenden 3D-Röntgendatensatzes und des verfügbaren Knochens [22]. Entsprechend kann es auch bei theoretisch sehr guten Ausgangssituationen während der Implantation letztlich zu leichten Abweichungen der idealen Implantatposition kommen, z.B. im

Oberkiefer aufgrund der geringeren Dichte der Spongiosa (Abb. 4).

Präimplantologische Chirurgie und Weichgewebsmanagement

Unter dem Begriff der präimplantologischen Chirurgie werden alle operativen Verfahren zusammengefasst, die der Bereitstellung eines biologisch adäquaten hartgewebigen Implantat- und angrenzenden Weichgewebelagers dienen. Diesen Begriff gilt es von demjenigen der präprothetischen Chirurgie abzugrenzen. Unter letzterem werden operative Verfahren zusammengefasst, die der Verbesserung des Prothesenlagers, insbesondere in der Ära vor dem Durchbruch des implantatgetragenen Zahnersatzes, dienen [11]. Zu den typischen Eingriffen zählen Mundbodensenkungen, Vestibulumplastiken und die Entfernung von Schlotterkämmen und Ostosen [11].

Zur Schaffung eines hartgewebigen Implantatlagers für die spätere Implantatinsertion existiert eine Vielzahl unterschiedlicher Verfahren. Häufig werden die rekonstruktiven oder augmentativen Eingriffe nach Herkunft des verwendeten Biomaterials in autologe, allogene und xenogene Verfahren eingeteilt. Während für die Rekonstruktion von Kontinuitätsdefekten der autologe Knochen, entweder mikrochirurgisch-anastomosiert oder avaskulär, als Goldstandard gilt, kann bei umschriebenen, lokalen Augmentationen zusätzlich zu den autologen Verfahren auf allogene und xenogene Materialien zurückgegriffen werden. Neben der Verwendung in Reinform können Biomaterialien auch in Kombination eingesetzt werden. Dazu hat sich die Beimischung von xenogenen oder allogenen Materialien zu autologem Knochen bewährt. Als intraorale Spenderareale für autologen Knochen, entweder als Block oder in partikulärer Form, dienen die Retromolarregion, die Kinnregion sowie für die Rekonstruktion im ästhetischen Bereich die Crista zygomaticoalveolaris [9]. Der Vollständigkeit halber soll an dieser Stelle noch auf die Alveolarkamm distraction und die Sandwich-Osteoplastik hingewiesen werden, die beide allerdings sehr viel sel-

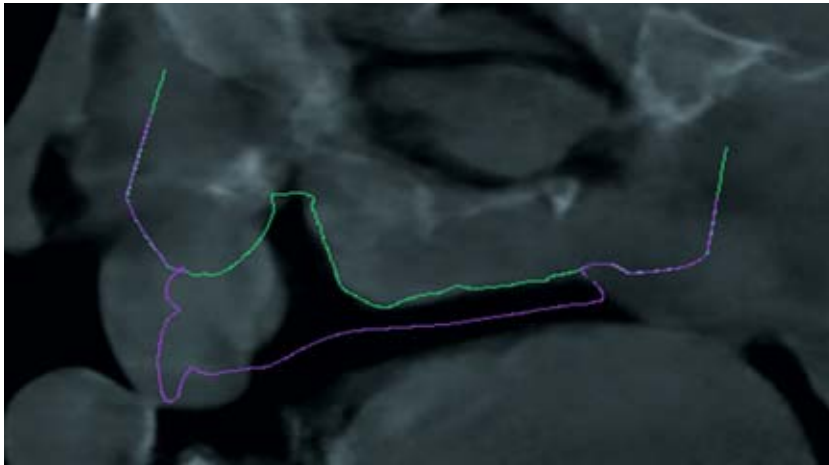


Abbildung 3 Anhand der Schleimhautreferenz überlagerte Datensätze aus DVT und Modellscan (grüne Linie) und Wachsauflage (violette Linie). Es wird insbesondere deutlich, welche Weichgewebeunterstützung durch die Frontzahnauflage zu erwarten ist.

tener in der täglichen Praxis indiziert sind [1, 10].

Prinzipiell müssen Knochentransplantate lage- und rotationsstabil fixiert werden, um die Erschließung durch einwachsende Gefäße zu ermöglichen. Die Abdeckung mit einer Kollagenmembran kann das Ergebnis verbessern und erlaubt bei einer eventuell auftretenden Dehiszenz eine komplikationslose sekundäre Wundheilung.

Insbesondere im ästhetisch relevanten Frontzahnbereich oder bei großen zu erwartenden Extraktionsalveolen muss die Möglichkeit der Socket-Preservation bedacht werden. Juodzbalys et al. haben in ihrem Review aus 2019 herausgearbeitet, dass in diesem Kontext ästhetische, funktionelle und risikoassoziierte Aspekte zur Entscheidungsfindung herangezogen werden sollen, und einen entsprechenden Entscheidungsbaum vorgestellt [14].

Einsatz und Erfolg von allogenen und xenogenen Materialien in der präimplantologischen Chirurgie konnten wissenschaftlich bereits in großer Zahl dargestellt werden. Aus diesem Grund sind viele dieser Knochenersatz- oder Biomaterialien als augmentative Standardverfahren für viele Indikationen etabliert. Während die Wechselwirkung zwischen der Implantatoberfläche und dem Hartgewebelager entscheidend für die initiale Osseointegration dentaler Im-

plantate ist, wird die Aufrechterhaltung oder Generierung einer adäquaten Weichgewebesituation um das Implantat herum als Schlüsselfaktor für den Langzeiterfolg und für die Prävention periimplantärer Erkrankungen gesehen. Pranskunas et al. stellten in ihrem systematischen Review heraus, dass das Fehlen keratinisierter befestigter Gingiva im Implantatbereich erforderlich ist um die Hygienefähigkeit zu verbessern und das Periimplantitisrisiko zu senken [18]. Aus diesem Grund sind Weichgewebeeingriffe, häufig in Form unterschiedlicher freier Binde- oder Schleimhauttransplantate, ein fester Bestandteil aktueller dentaler Implantologie [24]. Die Weichgewebetransplantation kann zeitlich gesehen vor, während und nach der Insertion eines dentalen Implantats erfolgen [25]. Ziel aller Verfahren ist im Grunde genommen die Schaffung eines Saums von 2 mm keratinisierter Schleimhaut zirkulär um das Implantat herum [20].

Navigierte, schablonengeführte Implantation

Der gezielte Einsatz der digitalen Bildanalyse ermöglicht für die präimplantologische Knochenaugmentation eine präzise Vorhersage und die Erstellung computerassistierter Bohrschablonen mit punktgenauer Umsetzung sowohl der Knochenaugmentation als auch der Implantatinsertion [8, 9].

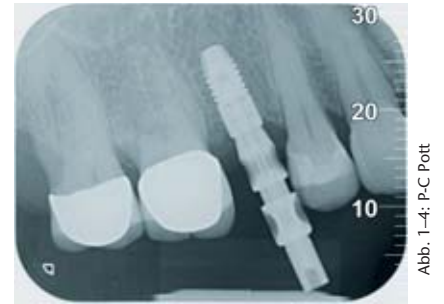


Abbildung 4 Implantat in Regio 15. Der eingeschaubte Abformpfosten zeigt eine leichte Mesial-Angulation des Implantats.

Auch in diesem Zusammenhang sollte mit den Begriffen Navigation und schablonengeführte Implantation sorgfältig umgegangen werden, da diese fälschlicherweise häufig synonym verwendet werden. Grundvoraussetzung für beide Verfahren ist ein 3D-Datensatz (DVT/CT) mit einer Schichtdicke < 1 mm. Bei der Navigation handelt es sich um ein Verfahren der Echtzeitabtastung. Dazu können (Bohr-)Instrumente mit Referenzmarkern versehen, registriert und zur Echtzeitabtastung – sog. Real-Time Navigation – verwendet werden. In der dentalen Implantologie kann so der Implantatbohrer registriert („getrackt“) werden, und die dreidimensionale Bewegung des Instruments lässt sich in Echtzeit am Bildschirm verfolgen [29, 30, 31]. Die dreidimensionale Kontrolle des Bohrinstruments liegt frei in den Händen des Operateurs. Vektor und Länge des Bohrstollens können zwar virtuell geplant werden, sind aber nicht in einer Schablone festgelegt. Im Gegensatz dazu sind bei der schablonengeführten Implantation („guided surgery“) – je nach Beschaffenheit der Schablone – Implantatposition, Länge und Vektor verschlüsselt. Sie umfasst in der Regel keine Echtzeitkomponente, da die Implantatbohrung in allen Dimensionen in der Schablone verschlüsselt ist. Theoretisch ließen sich beide Verfahren kombinieren, woraus aber kein zusätzlicher Gewinn an In-

formation und Sicherheit resultiert. Es konnte in zahlreichen wissenschaftlichen Publikationen nachgewiesen werden, dass die schablonengeführte und navigierte Implantatinsertion zur Erreichung der präoperativ virtuell geplanten Implantatposition der Freihand-Implantation überlegen ist [13]. Zudem bieten beide Verfahren eine zusätzliche Sicherheit zur Schonung wichtiger anatomischer Nachbarstrukturen. Dass durch eine präzise Implantatpositionierung entsprechend der Vorplanung auch die Auftretenswahrscheinlichkeit periimplantärer Erkrankungen reduziert werden kann, scheint zwar denkbar, konnte aber bisher noch nicht zweifelsfrei belegt werden.

Kurzübersicht über aktuelle relevante Literatur

Insgesamt ist die Literaturlage zu insbesondere chirurgischer Prävention noch sehr übersichtlich. Es gibt zwar viele Artikel zur chirurgischen Therapie periimplantärer Erkrankungen, jedoch nur wenig zur direkten Prävention von Periimplantitis. Diese Kurzübersicht bezieht absichtlich nur Artikel aus den vergangenen 5 Jahren ein, da für die Neuversorgung von Patienten nach der Meinung der Autoren aktuelle Literatur relevant ist.

Eine in PubMed durchgeführte Suche aktueller Literatur aus den vergangenen 5 Jahren zum Thema chirurgische Prävention periimplantärer Entzündungen mit dem Suchterm „surgical prevention of periimplantitis“ ergab insgesamt 98 Treffer. Nach der unabhängigen Durchsicht der Trefferliste wurden anhand der Titel 95 Artikel ausgeschlossen, die sich mit der Therapie periimplantärer Entzündungen und nicht mit deren Prävention beschäftigen.

Nach Durchsicht der Abstracts verblieben insgesamt 3 Artikel, zzgl. eines weiteren Artikels aus der relevanten Sekundärliteratur, die in der folgenden Kurzübersicht berücksichtigt worden sind.

Romanos et al. beschreiben, dass neben implantatprothetischen Komponenten Traumata während der chirurgisch invasiven Behandlung die Wahl des korrekten Implantatdurchmessers und die Fehlpositionierung

von Implantaten Einfluss auf die Ausbildung von Biofilm und auf die Prozesse des Bone-Remodeling haben. Auch biologische Aspekte, wie ausreichendes Knochenvolumen und eine adäquate attached Mukosa im Operationsgebiet, spielen herausragende Rollen [21].

Plonka et al. haben sich mit vertikaler Kieferkammaugmentation beschäftigt und einen Entscheidungsbaum für Augmentationshöhen von unter 4 mm, zwischen 4 und 6 mm und von über 6 mm beschrieben. Die Arbeitsgruppe um Plonka betont ebenfalls, dass anatomische, klinische und patientenspezifische Faktoren Einfluss auf den Therapieerfolg haben [17]. Fu und Wang haben sich bereits 2011 mit horizontalen Knochenaufbauten beschäftigt und konnten feststellen, dass die Stärke des Weichgewebes, Position und Form des Kieferkamms und die Verfügbarkeit von autogenem Knochen im Augmentationsgebiet Einfluss auf den Augmentationserfolg haben [5]. Auch Geisinger et al. betonen in ihrer 2020 publizierte Arbeit die besondere Wichtigkeit patientenzentrierter und evidenzbasierter Implantatplanungen für den langfristigen Therapieerfolg. Insbesondere patientenindividuelle Risikofaktoren müssen im Therapiefindungsprozess berücksichtigt werden. Geisinger et al. nennen insbesondere systemische Grunderkrankungen, systemische Medikationen, Rauchen, vorliegende Parodontalerkrankungen, Effektivität der Plaquekontrolle, Qualität und Quantität des relevanten Weichgewebes und individuelle anatomische Bedingungen als Einflussfaktoren [6].

Alle hier zitierten Autorengruppen sind sich darüber einig, dass für eine langfristig erfolgreiche Implantatversorgung eine zielgerichtete Planung der Implantation unter Berücksichtigung patientenindividueller sowohl anatomischer als auch anamnestischer Voraussetzungen erfolgen muss.

Fazit

Abschließend soll die eingangs gestellte Frage „Gibt es eine ideale Implantatposition, und wie kann sie gefunden werden?“ beantwortet werden.

Unter Berücksichtigung der patientenindividuellen Risikofaktoren, der individuellen Hart- und Weichgewebesituation, der Forderungen nach hoher Ästhetik, langfristiger Funktionalität und damit verbunden einer guten Hygienefähigkeit kann zusammenfassend gesagt werden, dass die „ideale Implantatposition“ als ein patientenindividuelles Optimum verstanden werden muss. Dieses Optimum kann durch eine vollständige klinische Befunderhebung unter Berücksichtigung der in diesem Beitrag aufgeführten Aspekte hinsichtlich präimplantologischer chirurgischer Maßnahmen und adäquaten Backward-Plannings heute mit hoher Planungssicherheit erreicht werden. Dennoch ist das Risiko periimplantärer Infektionen im Verlauf nicht vollständig auszuschließen, sondern kann nur reduziert werden.

Interessenkonflikt

Die Autoren erklären, dass gemäß den Richtlinien des International Committee of Medical Journal Editors kein Interessenkonflikt besteht.

Literatur

1. Bormann KH, Suarez-Cunqueiro MM, von See C, Tavassol F, Dissmann JP, Ruecker M, et al. Forty sandwich osteotomies in atrophic mandibles: a retrospective study. *J Oral Maxillofac Surg* 2011; 69: 1562–1570.
2. Derks J, Tomasi C. Peri-implant health and disease. A systematic review of current epidemiology. *J Clin Periodontol* 2015; 42 Suppl 16: S158–171
3. DGI: Presse-Information 30.11.2018. Deutsche Gesellschaft für Implantologie im Zahn-, Mund- und Kieferbereich e.V., 2018
4. Dreyer H, Grischke J, Tiede C, Eberhard J, Schweitzer A, Toikkanen SE, Glöckner S, Krause G, Stiesch M. Epidemiology and risk factors of peri-implantitis: a systematic review. *Journal of Periodontal Research* 2018; 53: 657–681
5. Fu JH, Wang HL. Horizontal bone augmentation: a decision tree. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2011; 31: 429–436
6. Geisinger ML, Calvert Grosso K, Kaur M, Abou Arraj RV, Basma H, Ogdon D, Geurs NC. *Clinical Decision Making for*

Primary Peri-Implantitis Prevention: Practical Applications. Clin Adv Periodontics. 2020 Jul 23. doi: 10.1002/cap.10115. Online ahead of print.

7. Gellrich NC, Bormann KH: Präimplantologische Knochenaugmentationen. Quintessenz Zahnmedizin; Dez. 2006, S. 1255.
8. Gellrich NC: Realistische Implantologie heute. Quintessenz Zahnmedizin; Dez. 2006, S. 1283–1295.
9. Gellrich NC, Bormann KH, Tehranchian S, Kokemüller H, Suarez-Cunqueiro MM: Containment and contouring (Co-Coon) technique: a biologically adequate approach to less invasive autogenous preimplant augmentation of bone. Br J Oral Maxillofac Surg 2013; 51: 880–886.
10. Gercken M, Gellrich NC, Bormann KH, Rahlf B: Umfangreicher Knochenaufbau im Unterkiefer mit der Sandwich Osteoplastik; Quintessenz Zahnmedizin, Sep 2020; S. 21–26.
11. Hausamen JE, Machtens E, Reuther JF, Eufinger H, Kübler A, Schliephake H. Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie. Springer Verlag, 2012
12. Jepsen S, Berglundh T, Genco R, Aass AM, Demirel K, Derks J, Figuero E, Giovannoli JL, Goldstein M, Lambert F, Ortiz-Vigon A, Polyzois I, Salvi GE, Schwarz F, Serino G, Tomasi C, Zitzmann NU. Primary prevention oder peri-implantitis: managing peri-implant mucositis. J Clin Periodontol 2015; 42 Suppl16: S152–157
13. Jorba-García A, González-Barnadas A, Camps-Font O, Figueiredo R, Valmaseda-Castellón E: Accuracy assessment of dynamic computer-aided implant placement: a systematic review and meta-analysis. Review Clin Oral Investig 2021 Feb 26.
14. Juodzbals G, Stumbras A, Goyushov S, Duruel O, Fikret T. Morphological classification of extraction sockets and clinical decision tree for socket preservation/augmentation after tooth extraction: a systematic review. J Oral Maxillofac Res 2019; 10, e3
15. Kalt G, Gehrke P. Transfer precision of three-dimensional implant planning with

CT assisted offline navigation. Int J Comput Dent 2008; 11: 213–225

16. Kalra M, Aparna IN, B D. Evolution of surgical guidance in implant dentistry. Dent Update 2013; 40: 577–578, 581–572
17. Plonka AAB, Urban IA, Wang HL. Decision tree for vertical ridge augmentation. Int J Periodontics Restorative Dent. 2018; 38: 269–275
18. Pranskunas M, Poskevicius L, Juodzbals G, Kubilius R, Jimbo R. Influence of peri-implant soft tissue condition and plaque accumulation on peri-implantitis: a systematic review. J Oral Maxillofac Res. 2016; 7: e2
19. Rahlf B, Ulmer F, Stiesch M, Gellrich NC, Pott PC. „Triple-Win“ in der Implantatprothetik durch koordinierte Kommunikation zwischen Patient, Zahnarzt und Chirurg. ZWR 2016; 125: 144–149.
20. Rocuzzo M, Grasso G, Dalmaso P. Keratinized mucosa around implants in partially edentulous posterior mandible: 10-year results of a prospective comparative study. Clin Oral Implants Res. 2016;27(4):491–6.
21. Romanos GF, Delgado-Ruiz R, Sculean A. Concepts for prevention of complications in implant therapy. Periodontol 2000. 2019; 81: 7–17
22. Ruppini J, Popovic A, Strauss M, Spüntrup E, Steiner A, Stoll C. Evaluation of the accuracy of three different computer-aided surgery systems in dental implantology: optical tracing vs. stereolithographic splint systems. Clin Oral Implants Res 2008; 19: 709–716
23. Schwarz F, Derks J, Monje A, Wang H. Peri-Implantitis. J Periodontol 2018; 89 Suppl1: S267-S290
24. Sculean A, Romanos G, Schwarz F, Ramanauskaite A, Keeve PL, Khoury F, Koo K-T, Cosgarea R. Soft-tissue management as part of the surgical treatment of periimplantitis: a narrative review. Implant Dent. 2019;28:210–216
25. Thoma DS, et al. Effects of soft tissue augmentation procedures on peri-implant health or disease: a systematic review and meta-analysis. Clin Oral Implants Res. 2018;29(Suppl 15):32–49

26. Van de Wiele G, Teughels W, Vercurysen M, Coucke W, Temmerman A, M Q. The accuracy of guided surgery via mucosa-supported stereolithographic surgical templates in the hands of surgeons with little experience. Clin Oral Implants Res 2015; 26: 1489–1494

27. Yatzkair G, Cheng A, Brodie S, Raviv E, Boyan BD, Schwartz Z. Accuracy of computer-guided implantation in a human cadaver model. Clin Oral Implants Res 2015; 26: 1143–1149
28. Yi Y, Koo K-T, Schwarz F, Amara HB, Heo S-J. Association of prosthetic features and peri-implantitis: a cross-sectional study. J Clin Periodontol 2020; 47: 392–403
29. Zeller AN, Zimmerer RM, Springhetti S, et al. CAD/CAM-based referencing axis to reduce preoperative radiation exposure for intraoperative navigation. Int J Med Robot. 2021 Feb 7.
30. Zeller AN, Neuhaus MT, Gessler N, et al. Self-centering second-generation patient-specific functionalized implants for deep orbital reconstruction. J Stomatol Oral Maxillofac Surg. 2020; Dec 30:S2468–7855(20)30304–9
31. Zimmerer RM, Ellis E 3rd, Aniceto GS, et al. A prospective multicenter study to compare the precision of posttraumatic internal orbital reconstruction with standard preformed and individualized orbital implants. J Craniomaxillofac Surg. 2016; 44: 1485–1497



Foto: P.-C. Pott

PD DR. PHILIPP-CORNELIUS POTT
 Klinik für Zahnärztliche Prothetik
 und Biomedizinische Werkstoffkunde
 Medizinische Hochschule Hannover
 Carl-Neuberg-Straße 1,
 30625 Hannover
pott.philipp-cornelius@mh-hannover.de