

5. Präoperative Diagnostik

5.1 Kommunikation mit dem Implantataspiranten

Die Vorstellungen der Patienten über Zahnimplantate stehen oft in deutlichem Widerspruch zu den Kriterien, die der Zahnarzt benutzt, wenn er sich zu einer Implantation entscheidet. Am Beginn - und vor einer spezifischen Planung - einer implantologischen Therapie muß daher immer ein ausführliches Gespräch mit dem Patienten stehen. Dabei ist es zunächst einmal wichtig die Beweggründe des Patienten zu erforschen, die ihn nach einer implantologischen Versorgung nachfragen lassen. Nur dann wird der Behandler in der Lage sein den Patienten über die eventuell bevorstehende Behandlung so zu informieren, dass dieser eine fundierte Entscheidung für - oder auch gegen - eine Implantation treffen kann.

Da es sehr schwierig ist, in einem ersten Gespräch die Persönlichkeit eines Patienten richtig zu erfassen, ist es immer sinnvoll, dieses wichtige Gespräch auf zwei Termine zu teilen. Indem der Zahnarzt dem Patienten die Chancen und die Problematik einer Implantation näher bringt, kann er feststellen, ob dieser die Voraussetzungen mitbringt, die diese Behandlung zu einem Erfolg werden lassen. Die vom Patienten zuerst genannte Motivation für eine Implantation darf der Zahnarzt während der gesamten Behandlung nicht mehr vergessen, denn der Patient wird den Erfolg letztlich daran messen, ob seine Vorstellungen in Erfüllung gegangen sind. Wichtig ist daneben, ob eine Einsicht in die nicht immer nur angenehmen Notwendigkeiten der Behandlung besteht. Häufig hat sich der Patient den Weg zu mehr Lebensqualität einfacher vorgestellt. Diese Aufklärung über den Behandlungsablauf zu diesem frühen Stadium der Arzt-Patient-Beziehung ist umso wichtiger, je umfangreicher die implantologische Therapie sein wird. Aus der Frage nach der Ursache des Zahnverlustes ist nicht nur die Information über den tatsächlichen Ablauf abzuleiten, sondern auch die Frage nach der Einstellung des Patienten zu seinen Zähnen und der Wertigkeit des Zahnverlustes für ihn. Die Reaktion des Patienten auf Erläuterungen des Behandlers zum Behandlungsablauf, zu den Risiken, Kosten, zu alternativen Behandlungsmöglichkeiten, die Bereitschaft zur Mitarbeit, zu einer optimalen Mundhygiene und regelmäßigen Nachkontrollen sind dabei ebenso wichtige Parameter bei der Erfassung der psychologischen Konstellation.

Bei aufwendigen und technisch komplizierten implantologischen Therapien spielt die intellektuelle Erfassung der Problematik neben einer gewissen manuellen Fähigkeit, wie sie z. B. abnehmbare Konstruktionen erfordern, ebenfalls eine wichtige Rolle. Zumindest wird die Problemdarstellung dieser Zusammenhänge durch den Zahnarzt den Patienten bei der Entscheidung über die zu wählende technische Lösung beeinflussen.

Es ist nicht zu empfehlen, einen Patienten zu einer Implantation zu überreden, insbesondere dann nicht, wenn die vorgenannten Grundvoraussetzungen nicht erfüllt sind. PERGER weist auf der anderen Seite darauf hin, dass gerade

Patienten, die auf eine Art der Therapie fixiert sind, in falscher Einschätzung der Risiken falsche Angaben machen können, um die von ihnen gewünschte Behandlung durchführen zu lassen.

Berufliche Gründe können die Indikation etwas weiter stellen lassen, ebenso wird man in bestimmten Fällen bei Patienten mit Anfallsleiden oder Patienten, deren psychische Grundeinstellung oder Anlage übliche zahnärztliche Behandlungsmethoden nicht zulassen, zusätzliche Kriterien in Betracht ziehen. Auch wenn sich die Rechtsprechung in jüngster Zeit in Richtung Erfolgshaftung entwickelt, so ist nach wie anzuraten gerade bei erweiterter Indikationstellung eine besonders genaue, erweiterte Dokumentation der Aufklärung durchzuführen. Abb. 1 fasst die Grundvoraussetzungen für eine Implantation zusammen.

Nicht ohne Bedeutung ist die Erwartungshaltung von Patient und Behandler bezüglich der Dauerhaftigkeit einer implantologischen Therapie. Auch

• Motivation zur Implantation	• Risikobereitschaft
• Leidensdruck	• Hygienebewusstsein
• Grund für Zahnverlust	• Bereitschaft zu Mitarbeit
• Einstellung zu Zahnverlust	• Kostenfrage
Abb.1: Leitfaden für ein erstes Gespräch mit dem Implantataspiranten	

hier gilt: „Ehrlichkeit währt am längsten“. Die Erwartungshaltung sollte also nicht höher als die Realität geschraubt werden.

Hierzu können die gängigen Statistiken herangezogen werden, die für das jeweils geplante System gelten (siehe z.B. Statement der DGZMK/Internet). Auch der Hinweis auf die Überlebensraten von Endoprothesen in anderen Körperbereichen, die auf Grund der oft geringeren Beanspruchung und der Erhaltung der Körperintegrität ja sogar bessere Voraussetzungen bieten, bieten Argumentationshilfen für einen von Beginn an realistischen Umgang mit dieser Frage.

5.2 Anamnese

5.2.1 Allgemeinärztliche Anamnese

Die Unbedenklichkeit einer Fremdkörpereinpflanzung aus allgemeinmedizinischer Sicht steht im Vordergrund bei der Entscheidung für oder gegen eine Implantation. Ergeben sich bei der Anamnese Hinweise für Erkrankungen aus dem allgemeinmedizinischen Bereich, so muß der Patient zunächst einer entsprechenden fachärztlichen Untersuchung zugeführt werden. Auch zahnmedizinische Hinweise auf Allgemeinerkrankungen (z.B. früher Zahnverlust, Parodontitiden unklarer Genese) sowie ein Alter ab 50 Jahren sollten Anlass für eine allgemeinmedizinische Konsiliaruntersuchung sein. Bei der Planung umfangreicher Therapien im Zusammenhang mit Augmentationen und natürlich bei einer geplanten Intubationsnarkose ist eine allgemeinärztliche Untersuchung zwingend. Auf der anderen Seite ist die allgemeinärztliche Untersuchung dann nicht erforderlich, wenn sich kein Hinweis auf allgemeine Erkrankungen weder bei der

Befragung noch aus dem Augenschein ergibt und wenn eher kleinere Eingriffe wie z.B. eine Einzelimplantat vorgesehen sind, die den Umfang kleiner oralchirurgischer Eingriffe wie z.B. einer Apektomie nicht übersteigen..

Bei Erkrankungen, die therapeutisch günstig beeinflusst werden können, sprechen wir von "relativen Kontraindikationen" bezüglich einer Implantation. Hier sind im Einzelfall im Konsil mit einem Internisten Risiko und Nutzen einer Implantation abzuwägen. Eine "absolute Kontraindikation" liegt vor, wenn eine Befundverbesserung nicht mehr möglich ist oder sich operative Eingriffe ohnehin verbieten (Abb. 2). Probleme ergeben sich bei der prognostischen Beurteilung insofern, als ein späteres Erkranken des Patienten oder eine Verschlechterung des Zustandes nicht zuverlässig vorhergesehen werden können, ein solches Abgleiten jedoch auch ungünstige Konsequenzen für eine Implantatversorgung haben kann. Im Frankfurter Konsensus wurde eine umfassende Darstellung der Kontraindikationen gefunden (ACKERMANN et al.; Abb. 2/ergänzt).

Implantat-Kontraindikationen	
Relative	Absolute
• Diabetes mellitus	• Kachexie
• Infektiöse Erkrankungen	• Hohes biologisches Alter
• Urämie, Urikopathie	• Erkrankungen, die durch Implantate negativ beeinflusst werden können (z.B. Endocarditis, Herzklappenersatz, Organtransplantation)
• Verdacht auf einen Fokus	
• Stresssituationen	
• Behandlung mit Kortikosteroiden	
• Bestimmte Systemerkrankungen	• Erkrankungen und Therapieformen, die die Einheilung und den Verbleib des Implantates sowie das Implantatlager gefährden (z.B. Immunsuppression, Antikoagulantien, Zytostatika)
• Bestimmte Stoffwechselerkrankungen	
• Mangelndes Mundhygieneverhalten	
• Nikotinabusus	
Abb. 2	

Nikotingenuss ist ein wichtiger Faktor für Implantatverluste. In einer Studie an 540 Patienten mit 2194 Brånemark-Implantaten traten in 4.76% bei Nichtrauchern und in 11,28 bei Rauchern Misserfolge auf (BAIN et al., 1996). Gründe hierfür können sein, dass der Knochentyp 4 bei Rauchern fast doppelt so häufig auftritt als bei Nichtrauchern (BAIN et al., 1994) und dass eine Zigarette zu einer Reduktion der Fließgeschwindigkeit des peripheren Blutes um 40% für eine Stunde führt und die Granulozytenfunktion beeinträchtigt HAA et al. (1996) fanden, dass auf drei Raucher, aber nur auf 25 Nichtraucher ein Implantatverlust führt. Sie stellten einen signifikant höheren Blutungsindex, größere Taschentiefen sowie eine ausgeprägtere periimplantäre Entzündung und Knochenabbau fest.

Patient:	geb. am:	ja	nein
- Viele Arztbesuche		☐	☐
- Viele Medikamente		☐	☐
wenn ja, welche:			
- Corticoide		☐	☐
- Marcumar		☐	☐
- Neurologische Erkrankungen		☐	☐
- Knochenerkrankungen		☐	☐
- Herz-, Kreislauferkrankungen		☐	☐
wenn ja, welche:			
- Rheuma		☐	☐
- Diabetes mellitus		☐	☐
- Stoffwechselerkrankungen		☐	☐
- Allergien		☐	☐
- Normabweichungen d. Blutbildes		☐	☐
- Infektionskrankheiten		☐	☐
Weitere Befunde, die ich mitteilen möchte:			
Ich interessiere mich für eine Zahnimplantation besonders aus folgendem Grund:			
Abb. 3: Allgemeinmed. spez. Anamnese vor einer Implantation			

Hilfreich bei der Entscheidung über die Dringlichkeit ist eine Checkliste bzw. Abfrageliste, welche die hierfür wichtigen Fragen beinhaltet. Abb. 3 gibt hierfür ein Beispiel.

Bei der Überweisung eines Implantataspiranten an einen Hausarzt oder Internisten sollten die für die Implantation wichtigen Befunde gezielt abgefragt werden. In Abb. 4 sind jene Parameter genannt, die aufgeführt sein sollten. Da die Problematik der Implantation nur vom zahnärztlichen Behandler in vollem Umfang übersehen werden kann, muß dieser auch die richtigen Impulse bei der Diagnostik geben und daher gezielte Fragen stellen. Bei häufigerer Zusammenarbeit ist dabei sicher ein kollegiales Gespräch der verschiedenen

Disziplinen sinnvoll. Die gründliche präimplantologische Diagnostik erhält insbesondere dadurch einen besonderen Stellenwert, als es sich ja um einen Wahleingriff handelt, bei dem das Erkennen und Ausschalten von Risiken jeglicher Art mehr im Vordergrund steht als bei dringlichen Eingriffen oder den üblichen Operationsindikationen. Die Indikationsstellung kann dabei nicht losgelöst vom Operationsrisiko gesehen werden. Überwiegen bei guten Voraussetzungen deutlich die Vorteile der implantologischen Therapie, die sie anderen Lösungen (Brückenprothetik, herausnehmbarer Zahnersatz) überlegen macht, so mindert sich dieser Vorteil mit zunehmenden Risiken. So wird in letzteren Fällen die Indikationsstellung aus dieser Sicht eher in die Nähe einer Schönheitsoperation geraten und muß daher - auch aus forensischer Sicht - den dabei geltenden Prämissen entsprechen.

Blutbild - Erythrozyten Leukozyten Alkalische Phosphatase Saure Phosphatase Cholesterin Blutgerinnung Knochenerkrankungen Herz-, Kreislauferkrankungen Neurologische Erkrankungen Stoffwechselerkrankungen Regelmäßige Medikamenteneinnahme Rheumatische Erkrankungen Diabetes mellitus Allergien Infektionskrankheiten Weitere Befunde, die ärztlicherseits gegen eine Zahnimplantation sprechen
Abb. 4 Fragen an den präimplantologisch untersuchenden Allgemeinarzt

Die Kenntnis von den Vorgängen um den Knochenstoffwechsel lässt die Bedeutung z. B. der Phosphatasen erkennen. So sind die Osteoblasten besonders reich an alkalischer Phosphatase, während man die saure

Phosphatase vor allem in Osteoklasten, aber auch in Thrombozyten und

Nein	Ja
-Sind Sie in letzter Zeit gewachsen ?	☐
-Hat Ihr Hutumfang zugenommen ?	☐
-Haben Sie schmerzende oder verbildete Knochen ?	☐
-Leidet jemand in Ihrer Familie an Osteoporose ?	☐
-Sind Sie täglich an der Sonne ?	☐
-Nehmen Sie Calcium oder Vitamin D ?	☐
-Treiben Sie regelmäßig Sport ?	☐
-Rauchen Sie ?	☐
-Sind Sie kleiner geworden ?	☐
-Haben Sie sich in letzter Zeit etwas gebrochen ?	☐
-Bemerken Sie eine gebückte Haltung ?	☐
-Essen und trinken Sie regelmäßig Milchprodukte ?	☐
-Trinken Sie Alkohol ?	☐
-Ist Ihre Periode regelmäßig ?	☐
-Sind Sie in den Wechseljahren ?	☐

Erythrozyten findet. Pathologisch erhöhte Werte der sauren Phosphatase findet man daher z.B. bei Knochentumoren, dem Osteoklastom (M. Paget), Hyperparathyreoidismus und Thrombopenien. Hyperhyreose und Kortikoidtherapien erniedrigen den Wert der alkalischen Phosphatase. Erhöhte Vorsicht ist bei der zunehmenden Multimorbidität älterer Patienten geboten. Nicht selten findet man z. B. eine Herzerkrankung mit einer Antikoagulantientherapie, Endokarditisgefahr und hohem Medikamentenkonsum verquickt. Nur eine äußerst intensive Beratung und Betreuung vor, während und nach der Implantation durch Zahnarzt und Internisten können hier - bei entsprechend hoher Dringlichkeit - sicher nur in Ausnahmefällen eine solche "high-risk"-

Implantation überhaupt rechtfertigen. Ein Unterlassen der Implantation ist dann sicher richtiger. Spezifische Fragen nach dem Knochenstoffwechsel können ebenfalls mit einem Formblatt einfach gestellt und die Problematik damit eingekreist werden (Abb. 5).

Allergietests auf das zu verwendende Implantatmaterial spielen derzeit keine Rolle, da bislang Allergien gegen Titan, Hydroxylapatite bzw. Al_2O_3 nicht bekannt geworden sind. Immerhin hat auch für Titan bereits ein Patientenschutzbund (in der Schweiz, im Zusammenhang mit Hüftendoprothesen) Bedenken angemeldet, die ernst genommen werden sollten. Verfolgt man die Entwicklung in anderen Bereichen der Medizin, wo Laienurteile die Einschätzung über lange Zeit beeinflussten, bis wissenschaftliche Erkenntnisse sie widerlegten, ist eine rasche und kompetente Reaktion auf solche Äußerungen wichtig. Sog. Unverträglichkeiten, die man am ehesten mit der psychogenen Prothesenintoleranz in Verbindung bringen und daher als psychogene Implantatintoleranz bezeichnen kann, wurden jedoch bereits bekannt. Ergibt sich der Verdacht, dass bei einem Patienten in dieser Hinsicht eine erhöhte Sensibilität besteht, könnte eine vorherige Austestung ggf. eine zusätzliche Sicherheit bieten. Ein möglicher Test ist der Lymphozytentransformationstest (LTT-Test), bei dem nach Auskunft bei einem diesen Test durchführenden Labor bis heute keine erhöhte Sensibilität gegenüber Titan festgestellt wurde (Prof. v. Baehr, Berlin).

5.2.2 Zahnärztliche Anamnese

Bei der zahnärztlichen Anamnese wird man zunächst nach den Hauptbeschwerden im Bereich des Kauorganes fragen. Nicht selten wird der Patient dabei ästhetische Gesichtspunkte in den Vordergrund stellen. Probleme beim Patientengespräch können sich daraus ergeben, dass ästhetische Fragen beim medizinischen, eher

funktionell geprägten Denken häufig erst sekundär gesehen werden. Stehen jedoch funktionelle Beschwerden im Vordergrund des Leidensdruckes, so ist besondere Vorsicht bei der direkten Anfertigung eines implantat-gestützten Zahnersatzes geboten. In solchen Fällen muß zunächst die funktionelle Problematik vollständig erfasst, und die Beschwerden mit herkömmlichen, herausnehmbaren Mitteln beseitigt sein, bevor Implantate für die Definitivversorgung herangezogen werden. Auf der anderen Seite ist in manchen Fällen gerade eine implantologische Therapie besonders geeignet funktionsbedingte Probleme besonders gut zu lösen.

Die zahnärztliche Anamnese beschäftigt sich mit der Ursache der totalen oder partiellen Zahnlosigkeit des Patienten. So müssen Mundschleimhautrekrankungen, Parodontopathien und die Kariesanfälligkeit erfragt werden. Dabei spielt der Umgang des Patienten mit diesen Problemen eine große Rolle, da ja bei Implantaten besonders hohe Anforderungen an die zukünftige Mundhygiene gestellt werden müssen.

Bei der Anamneseerhebung sind Aufnahmeformulare sinnvoll, da sie ohne großen Zeitaufwand für den Zahnarzt zunächst einmal die wichtigsten Fragen beantworten und für das Zahnarzt-Patient-Gespräch eine Hilfe sind. Ein entspr. Anamnesebogen wurde schon in Abb. 4 erwähnt. Ersetzen können sie das Gespräch jedoch nicht. Fragen, die das Gespräch öffnen und in die richtige Richtung lenken sind z. B.

- Sind Sie mit Ihren Zähnen zufrieden ?
- Haben Sie Zahnfleischbluten ?
- Leiden Sie unter Mundgeruch ?
- Beobachten Sie Zahnlockerung oder haben Sie Zähne durch Parodontose verloren
Wenn ja: Hatten Sie bereits eine Parodontalbehandlung ?
- Nehmen Sie an einem persönlichen Zahnerhaltungsprogramm teil ?
Wenn nicht: Würden Sie das gerne ?
- Knirschen Sie mit den Zähnen ?

5.3. Klinische Diagnostik

5.3.1 Lokalbefund

5.3.1.1 Inspektion

Die gründliche zahnärztliche Untersuchung hat in jedem Fall der speziellen implantologischen Befunderhebung vorauszugehen. Niemals sollte eine implantologische Behandlung isoliert von der Gesamtproblematik des Kauorganes erfolgen. Die Kenntnis der Untersuchung von Zahnerkrankungen, Zahnbetterkrankungen und das Wissen um die pathologischen Veränderungen des Kauorganes seien hier vorausgesetzt. Im folgenden wird daher nur die speziell für implantologische Behandlungen erforderliche Diagnostik besprochen.

Bei der Inspektion beurteilt der Blick in die Mundhöhle den Zustand der oralen Mukosa:

- Besteht eine erhöhte Entzündungsbereitschaft ?
- Ist die Mundhygiene ausreichend ?
- Bestehen Mukosaveränderungen i. S. einer Präkanzerose (Leukoplakien) ?

Bei vorhandenem Restzahnbestand werden vor allem das marginale Parodont und die Interdentaltapille inspiziert, da sich etwaige Entzündungszeichen am ehesten im Bereich der funktionellen Endstrombahn zeigen. Anzeichen einer vernachlässigten Mundhygiene warnen vor einer Implantation. In vielen Fällen wird vor einer implantologischen Therapie eine parodontologische Vorbehandlung mit entsprechender Anleitung zur häuslichen Mundpflege erforderlich sein. Die systematische Parodontalbehandlung ermöglicht eine intensive Betreuung und eine Schärfung des Problembewusstseins um die Mundhygiene im Vorfeld der Implantation. Die parodontologischen Untersuchungsmethoden gestatten zugleich eine Dokumentation des Behandlungsverlaufes. Bei parodontal weniger belasteten Patienten kann die Erfassung von Mundhygiene-Indices und deren Verlaufskontrollen die gleiche Wirkung erzielen.

Eher für wissenschaftliche Zwecke ist die Photographie angefärbter Plaqueareale und deren planimetrischer Auszählung geeignet (Plaqueplanimetrie). Ggf. können Speicheltests zusätzlich hinzugezogen werden. Im Verlauf einer solchen Vorbehandlung wird sich die Bereitschaft zur Mitarbeit ergeben. Bei rezidivierenden parodontalen Mundschleimhauterkrankungen sollte nicht oder zumindest nicht umfangreich implantiert werden.

Des weiteren ist zu beurteilen, ob die in Frage kommende(n) Durchtrittsstelle(n) des Implantatpfostens von einer genügend breiten Zone der Gingiva propria umgeben sein wird. Die Notwendigkeit und Breite ist derzeit umstritten, nachdem sie zuvor zwingend gefordert wurde. Auf jeden Fall ist man auf der sicheren Seite, wenn man ein Zone befestigter Gingiva erhält bzw. herstellt. Der Ansatz von Bändern direkt auf oder in der Nähe des Alveolarkammes muß erkannt werden. Die Indikation zu plastischen Eingriffen im Bereich des Mundvorhofes oder des Mundbodens kann jetzt gestellt werden (Abb. 6). Dabei ist zu beachten, dass die Indikation für präprothetisch-chirurgische Eingriffe bei stark atrophierten Alveolarfortsätzen, bei denen die Muskel- und Bänderansätzen den Kieferkamm erreichen, nur zurückhaltend gestellt werden kann. Aufgrund der fehlenden knöchernen Basis kommt es hier schnell zu Rezidiven. In solchen Fällen sollten daher eher die betreuenden Maßnahmen wie Mundhygiene-Instruktionen und professionelle Reinigung mit engmaschigem Recall intensiviert werden. Alternativ ist an ein augmentatives Verfahren zu denken.

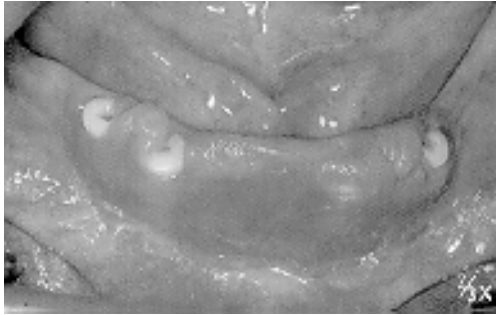


Abb. 6
Zustand nach Vestibulumplastik zur
Verbreiterung der befestigten Gingiva
um Implantate

5.3.1.2 Palpation

Die Palpation mit dem tastenden Finger erlaubt die Beurteilung der Dimensionen der für die Implantation in Frage kommenden Kieferabschnitte. Um das Ausmaß der nach Zahnverlust eingetretenen Alveolarkammatrophie einschätzen zu können, wird im Oberkiefer die Höhe des Alveolarkammes und im Unterkiefer der Verlauf der Linea mylohyoidea und des darunterliegenden Sulcus mylohyoideus palpiert (Abb. 7a-b).



Abb. 7a
Aspekt der Mandibula von caudal.
Die Bereiche unterhalb der Crista
mylohyoidea (fovea submandibularis)
und der Spina musc. genioglossi (fovea
sublingualis) - schraffiert - müssen
diagnostisch und intraoperativ
kontrolliert werden.

Abb. 7b
Perforationen in den Mundboden
können lebensbedrohliche Blutungen
hervorrufen.

Letztere markieren zum einen grob den Verlauf des Mandibularkanals (KUBIK), zum anderen den Winkel, um den der Implantatpfosten nach bukkal geneigt oder versetzt werden muß, um eine zu dünne linguale Knochenlamelle zwischen Implantatkörper und Mundboden oder gar eine Perforation zu vermeiden. Die durchschnittliche Neigung beträgt ca. 15°. Im Oberkiefer lässt sich die Alveolarkammhöhe unterhalb des Nasenbodens palpieren. Die Resilienz der Mukosa lässt sich am besten ebenfalls mit dem tastenden Finger prüfen. Auch bei der zunehmenden Verwendung fortgeschrittener röntgenologischer Methoden sollte das einfache Diagnostikum des palpierenden Fingers zumindest für die erste

Orientierung nicht vernachlässigt werden. Bei einer dicken und stark nachgebenden Mukosa bieten Messlehren, Sondierung und Sägeschnittmodelle weitere Informationen (siehe dort).

Die Dokumentation des klinischen Aspektes mit photographischen Mitteln gewinnt - auch aus forensischer Sicht immer mehr an Bedeutung.

5.3.1.3 Apparative diagnostische Techniken der lokalen Diagnostik

Die Indikation einer Implantation ist auch abhängig von Befunden der Nachbarzähne. Wenn auch eine Implantation immer die bessere therapeutische Wahl ist, so werden immer alternative Therapien in Erwägung zu ziehen sein. Vor allem zwei Gründe geben hier den Ausschlag:

1. Ein zu geringes Knochenangebot verbunden mit zu hohen bzw. riskanten augmentativen Maßnahmen und
2. finanzielle Gründe. In diesen Fällen gewinnt die Befundung der natürlichen Zähne an Bedeutung.

Die bekannten Verfahren der Inspektion, Sondierung und Radiologie (siehe dort) stehen natürlich im Vordergrund. Da die Schädigung natürlicher Zahnschubstanz und das Risiko der Devitalisierung durch eine Kronenpräparation ein wichtiger Entscheidungsgrund ist, kann die Messung der Restdentindicke eine Rolle spielen. Dies kann mit dem Prepometer¹ geschehen. Apparative Möglichkeiten, den Zustand des marginalen Parodonts vorhandener natürlicher Zähne zu prüfen, bestehen in der Anwendung des Periotestgerätes² (Messung der Zahnbeweglichkeit i.w.S.) oder des Periotrongerätes³ (Messung der Sulcusfluidflußrate/SFFR durch Widerstandsmessung). Bei zahnlosen Patienten kann nur der Blick auf den vorhandenen Zahnersatz helfen, das Mundhygienebewusstsein des Patienten zu erfassen.

5.4 Modellanalysen

Modellanalysen sind integrierter Bestandteil der präimplantologischen Diagnostik. Die Beurteilung des Modells des Implantatkiefers ermöglicht eine Aussage über die Kieferform, -breite und die Beziehung zu Nachbarzähnen. Immer sollten Implantat- und antagonistischer Kiefer zueinander in Beziehung gesetzt werden.

Bei der Beurteilung der präimplantären Situation sollte die Stellung des Implantates im Zahnbogen und die Belastungsrichtung des Implantates in der IKP und in den Exkursionen geprüft werden. In besonderen Fällen sind die Modelle auch für eine probatorische Präparation verwendbar. So kann eine evtl. vorgesehene provisorische Sofortversorgung des Implantates (bei einphasigen Verfahren) vorbereitet werden (EHRL).

¹ Hersteller Prepometer

² Hersteller Periotest

³ Hersteller Periotron

5.4.1 Feststellung der Kieferform

5.4.1.1 Vermessungstechniken

Mit sog. Implantatlehren können am Patienten die Schleimhautdicke, die Alveolarfortsatzbreite, die interdentale Distanz, die Breite der Gingiva propria und der Vertikalabstand zum Gegenkiefer festgehalten werden. Diese Messungen können auf das Modell übertragen werden. Ohne speziellen instrumentellen Aufwand können die Schleimhautdicke mit einer zahnärztlichen Sonde und einem endodontischen Stopp sowie die äußeren Kieferabmessungen mit einer der üblichen sterilisierbaren Schieblehren oder dem Knochenzirkel festgestellt werden. Spezifische Implantatlehren wurden von verschiedenen Autoren vorgeschlagen (u.a. BRINKMANN, LAKOS, SEIDE et al., SPÖRLEIN et al.). Abb. 8 zeigt ein Beispiel.



Abb. 8
Implantatlehre zur Prüfung der Alveolarkammbreite und Höhe

5.4.1.2 Sägeschnittmodelle

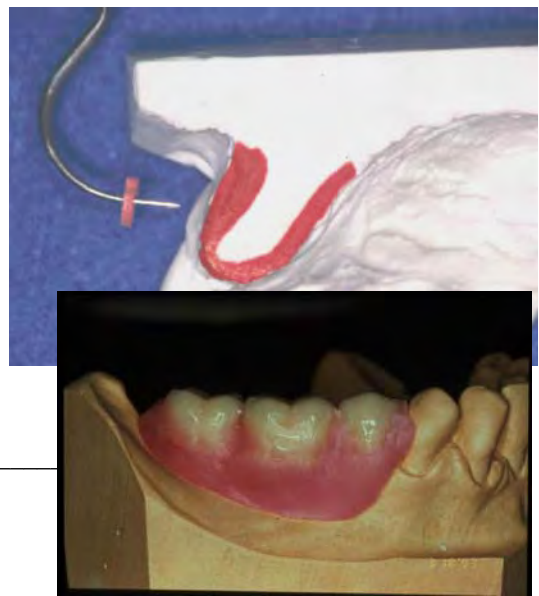
Überträgt man die mit der Sonde gemessene Schleimhautdicke auf ein im Implantationsbereich gesägtes Modell, so kann man eine Vorstellung von der Ausdehnung des knöchernen Alveolarfortsatzes erhalten (NENTWIG, Abb. 9). Insbesondere die Aussagen, ob im Bereich des Alveolargrates eine genügende knöcherne Breite vorliegt und welche Achsenneigung für das Implantat erforderlich ist, sind hier von Bedeutung. Führt diese präoperative Diagnostik, die u. U. auch röntgenstrahlensparend sein kann, zur Planung einer präimplantologischen augmentativen Maßnahme (z.B. bone splitting), so kann mit der Sägeschnittmethode sehr anschaulich das Operationsergebnis dokumentiert werden.

Abb. 9
Sägeschnittmodell zur Implantatplanung (rot: Mukosadicke) nach Messung der Schleimhautdicke mit der Sonde.

5.4.2 Definition der geplanten Position der Rekonstruktion

5.4.2.1 Probeaufstellung („setup“)

Eine Wachaufstellung vor der Implantation ist immer sinnvoll. Das gilt bereits für die Einzelimplantation, wird jedoch mit zunehmender Komplexität der Therapie um so wichtiger. Das setup bezieht immer die



Bezahnung des Gegenkiefers mit ein, d.h. dass Implantat- und Antagonistenkiefer in Relation gesetzt werden. Ein Mittelwertartikulator genügt hierfür, sofern nicht myoarthrogene Probleme zusätzlich bestehen. Das setup dient folgenden Zwecken:

- Machbarkeit
- Position zum antagonistischen Kiefer (intermaxilläre Distanz)
- Position in Bezug auf den Implantatkiefer
- Patientendemonstration

5.4.2.2 Schientechniken zur Übertragung der prothetisch gefundenen Implantatposition

Um nun die gefundene Position der zu rekonstruierenden Zähne für die operative Phase der Implantation übertragbar zu machen können verschieden aufwendige Schientechniken angewandt werden.

Referenzschienen mit Perforationen

Diese einfachste Schienenform dient lediglich der Kennzeichnung der Pilotbohrung, also bestenfalls der Position des Implantatknochendurchtritts. Die Perforation wird vor der Schnittführung entweder zum Durchzeichnen mit einem sterilen Stift oder zum Setzen eines Blutungspunktes benutzt. Nach Präparation des Mukoperiostlappens kann die



Abb. 12
Referenzschiene für eine implantatgestützte Stegkonstruktion (auch hier ist es wichtig die Implantatposition präoperativ zu definieren).
(Foto: Sommerfeld)

Schablone wieder als Positionierungshilfe benutzt werden. Die selben Schablonen können bei zweiphasigen Methoden dazu dienen, bei der Freilegung des Implantatpfostens diesen schneller aufzufinden. Etwas aufwendiger, aber weitaus hilfreicher sind Referenzschienen, die nach einem setup angefertigt wurden. Hier wird die

gewünschte Position der Rekonstruktion vom setup auf eine Schiene übertragen und gibt dem Operateur bei der Implantation eine Vorstellung des gewünschten Ergebnisses.



Abb. 11
Einfache Referenzschiene zur Implantatpositionierung

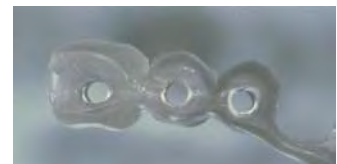


Abb. 13
Referenzschiene nach setup für die Therapie einer verkürzten Zahnreihe

Referenzschienen mit Röntgenmarkierung (Kugeln, Abb. 14 und 15)



Abb. 14
Röntgen-Referenz-schiene

Von den verschiedensten Möglichkeiten ein radiopakes Medium zur Übertragung in ein Röntgenbild zu nutzen (z.B. Drähte, Netze), haben sich Kugeln als sicherstes Mittel bei der einfachen Röntgendiagnostik erwiesen. Bei zuverlässiger Positionierung des Patienten im Röntgengerät bei der Panoramaschichtaufnahme (PSA) kann der gerätespezifische Vergrößerungsfaktor jeweils wiederverwendet werden. Neuere



digitale Geräte erlauben in ihrer software eine jeweilige Übertragung dieses Faktors auf das spezifische Bild. Soll ohne setup nur die Distanzmessung kalibriert werden, so genügt es eine Metallkugel definierten Durchmessers in einem irreversibel plastischen Abformmaterial möglichst exakt in der gewünschten Zahnposition bei der PSA zu fixieren.

Referenzschienen mit Bohrhülsen



Abb. 16
Referenzschiene mit Bohrhülsen (Foto: Sommerfeld)

Bohrhülsen in Referenzschienen erlauben eine exaktere Definition der Achsenrichtung der Kronen- und Implantatposition sowie deren Übertragung beim operativen Vorgehen. Eine nur durch die Suprakonstruktion definierte Positionierung ist dabei problematisch, da die knöcherne anatomische Situation nicht berücksichtigt wird. Dies sollte daher jeweils mit in die Planung einbezogen werden, sei es nun durch eine Sägeschnittmodellplanung oder eine radiologische 3D-Diagnostik (siehe dort).

Referenzschienen mit radioopak markierten Zähnen

Zähne eines setups kann man mit Bariumsulfat radioopak markieren, um damit auf dem Röntgenbild die Umrisse der geplanten Suprakonstruktion mit zu berücksichtigen. In bestimmten Fällen kann auch die Markierung einer Prothese mit Bariumsulfat zur Darstellung der Schleimhautauflage / -dicke sinnvoll sein.

Referenzschienen mit radioopaken Zähnen

Radioopake Zähne⁴ im setup ermöglichen eine bessere Darstellung der Kronenposition als bariumsulfatmarkierte Zähne und sollten daher heute bevorzugt werden.

Kombinationen der genannten Schienen

Natürlich ist die Kombination von Bohrhülsen mit radioopaken Zähnen möglich und sinnvoll. Dies verbessert noch die Qualität der Übertragung der Planung in das operative Vorgehen.

Referenzschienen zur Implantatnavigation

Die Planung zur Implantatnavigation/-robotik kann sich der gleichen Planungshilfsmittel bedienen. D. h. dass hier als Information die knöcherne anatomische Situation, die gewünschte Position der Implantatkronen in Relation zum Antagonistenkiefer und die daraus resultierende Implantatposition vorliegen müssen. Diese Referenzschienen besitzen systemspezifisch weitere Referenzkörper in Form von mehreren Keramik- oder Titankugeln auf (siehe dort). Bei diesen Schienen ist auch auf höchste Präzision bezüglich der Reproduzierbarkeit der Position im Munde zu achten, da diese bei der Röntgenaufnahme und beim operativen Eingriff identisch sein muß. Den größten Informationsgehalt wird man also mit einer Schiene erhalten, welche radioopake Zähne mit Bohrhülsen enthält. Soweit eine paraokklusale Schiene system- bzw. relationsbedingt möglich ist und damit die Aufnahme bei maximaler Interkuspidation möglich ist, wird auch die Berücksichtigung der

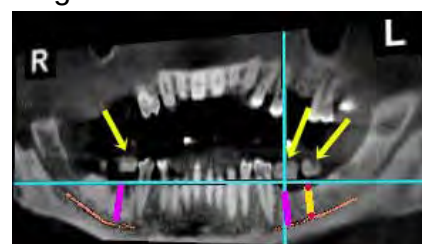


Abb. 17
Radioopake Zähne in einem Schnittbild einer Planungssoftware (IGI)

⁴ Hersteller: Ivoclar

Antagonistenbeziehung möglich. Dies ist allerdings heute nur in Ausnahmefällen möglich.

Die Problematik aller dieser Schablonen besteht darin, dass sie nicht sterilisierbar sind, was insbesondere bei den Hülenschablonen für das Hülseinnere von Belang ist.

Das Optimum einer Referenzschienenplanung sollte heute also folgende Kriterien erfüllen:

- Reproduzierbarkeit der Position
- Radioopake Zähne
- Hülsen in Zahnachse in den radioopaken Zähnen
- maximale Interkuspitation möglich

5.5 Röntgenologische Untersuchung

Ohne röntgenologische Diagnostik darf ein implantologischer Eingriff nicht begonnen werden. Die Röntgenaufnahme ist neben der klinischen Untersuchung und der Modellanalyse unerlässlich zur anatomischen Orientierung und Positionierung von Implantaten. Darüber hinaus sind viele Erkrankungen präoperativ nur durch die Röntgendiagnostik zu erfassen. Dies gilt nicht nur für die unmittelbar für die Implantation vorgesehene Region, sondern auch für die Diagnostik am gesamten Röntgenbild. Die vielfältigen Informationen der Röntgendiagnostik sind in Abb. 18 zusammengefasst.

Eine wichtige Bedeutung der Röntgenaufnahme ist außerdem die Dokumentation. Diesem Zweck werden insbesondere Techniken gerecht, die reproduzierbar sind. Aufwendigere Techniken werden vor allem wissenschaftlichen Zwecken vorbehalten bleiben (vgl. hierzu: KOPP). Der forensische Aspekt spielt hier ebenfalls eine bedeutende Rolle.

Eine Beurteilung der biologischen Wertigkeit des Kieferknochens durch eine Röntgenbild (EICHNER, MUTSCHELKNAUSS) ist problematisch, da selbst bei standardisierten Röntgenverfahren nur relative und kaum absolute Aussagen möglich sind. Immerhin lassen sich größere Hohlraumbildungen in der Spongiosa oder pathologische Strukturveränderungen erkennen und diagnostisch auswerten. Mit entsprechender Vorsicht kann der Befund einer erhöhten oder erniedrigten Radiotransluzenz zur Beurteilung der "Lastaufnahmefähigkeit" des Knochens herangezogen werden. Sollte diese Fragestellung im Einzelfall eine höhere Bedeutung haben, so muss auf computertomographische Techniken

D
d

zurückgegriffen werden (siehe dort). Für eine Spätimplantation ist es wichtig, dass bis zum Zeitpunkt der Implantation eine ausreichende knöcherne Organisation im Vergleich mit den der vorgesehenen Implantation benachbarten Regionen röntgenologisch zu erkennen ist. Diese Ansicht muß heute dahingehend relativiert werden, als zumindest primäre Knochendefekte um Implantate entweder vermieden werden müssen oder durch eine Regenerationsmethode wiederhergestellt werden müssen.

5.5.1 Präimplantologische Zahnfilmaufnahmen (3x4cm/4x5cm)

Die Einzelaufnahme stellt eine gezielte Ergänzung der Übersichtsaufnahme des Implantationsgebietes dar. Sie bietet eine schärfere Detailzeichnung der knöchernen Struktur, insbesondere im Frontzahnbereich. Damit wird eine vorsichtige prognostische Beurteilung der Mikroarchitektur und damit der Tragfähigkeit der lokalen Knochenspongiosa möglich. Für Aussagen über den Reorganisationszustand des Knochens nach Zahnextraktion oder operativen Eingriffen ist die Einzelaufnahme weniger als Schichtaufnahmeverfahren geeignet, da die interessierende Zone bei ihr als Summationsbild leicht von kompakteren Zonen überlagert wird. Bei einem Zahnfilm besteht also eher die Gefahr einer zu guten Beurteilung, genau so, wie man apikale Veränderungen an natürlichen Zähnen leichter übersieht.

Berücksichtigt man, dass die Röntgenaufnahme immer nur zwei Dimensionen darstellt, so erscheint es sinnvoll, neben der in der Übersichtsaufnahme projizierten vertikalen Schicht zusätzlich in einem möglichst axialen Strahlengang die horizontale Ebene darzustellen. Hier kann im Unterkiefer die Aufbissaufnahme (axialer Strahlengang, Filmgröße 4x5cm) helfen, ein räumliches Bild der anatomischen Strukturen zu erhalten. LASS schlug vor, zur Beurteilung der Lage des Mandibularkanales diese Aufnahme anzufertigen. Die Aussagekraft ist jedoch individuell sehr unterschiedlich und häufig zu gering. Mit zwei in verschiedenen Winkeln aufgenommenen Röntgenbildern lässt sich der Verlauf des Mandibularkanales rechnerisch ermitteln, was jedoch mit relativ großem Aufwand verbunden ist und bisher keinen Eingang in die implantologische Praxis gefunden hat (LUKAS et al., LÜTH).

Da die Einzelaufnahme zur Diagnostik und Dokumentation nach erfolgter Implantation eine wichtige Information darstellt, kann unter Umständen auch eine präimplantologische, unter reproduzierbaren Bedingungen angefertigte Aufnahme sinnvoll sein. Da die Reproduzierbarkeit durch die Fixierung an okklusalen Flächen erfolgt, ist dies jedoch problematisch, da ja in der Regel nach der Implantation diese Flächen durch implantatgestützte Suprakonstruktionen verändert werden. Man wird sich daher in der Praxis eher einer Langtubus-Technik mit einer Apparatur zur Rechtwinkleinstellung des Filmes bedienen. Bei exakter Reproduzierbarkeit ist die Anfertigung eines individuellen Filmhalters (Kunststoff oder Silikon auf vorgefertigten Plastikfilmhaltern) erforderlich (Abb. 19). Die Filmhalter müssen namentlich gekennzeichnet und aufbewahrt werden. Diese Technik dürfte eher für die wissenschaftliche Auswertung geeignet sein denn für die tägliche Praxis.

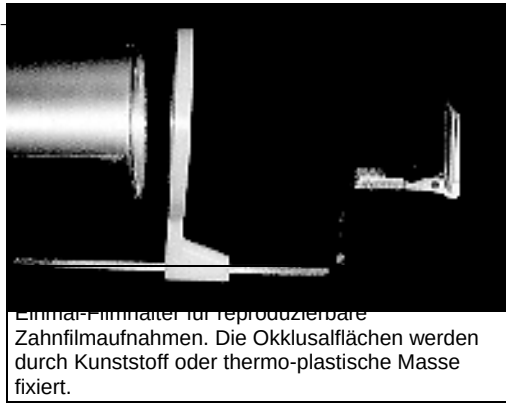


Abb. 20). Die Sensorenhalter für die digitale Röntgentechnik fordern ohnehin eine genauere Positionierung und so bereits eher reproduzierbar. Die hierfür benutzten Sensorenhalter lassen sich zudem leicht individualisieren.

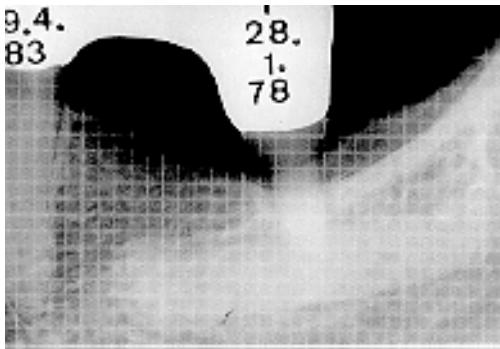


Abb. 20
Rastereinteilung zur Dimensionsmessung
Prüfung der der Implantationsregion
benachbarten Strukturen

Die Zahnfilmaufnahme kann jedoch niemals als alleinige präimplantologische Röntgen-diagnostik dienen. Dagegen sprechen mögliche Projektionsfehler insbesondere bei der Nähe zu beachtender benachbarter anatomischer Strukturen und die Tatsache dass weitere Zahn- und Kiefererkrankungen, die nur wenig vom Implantationsort entfernt liegen, übersehen werden können. Gerade die

Erkennung des Knochenangebotes und die Abgrenzung nicht für die Implantation geeigneter Strukturen stellen jedoch für die Planung des operativen Eingriffes eine

außerordentlich wichtige Information dar. Die Indikation der Zahnfilmaufnahme liegt daher eher bei postimplantären Kontrollaufnahmen von Einzelimplantaten.

5.5.2 Präimplantologische Übersichtsaufnahme (Panoramaschichtaufnahme/PSA)

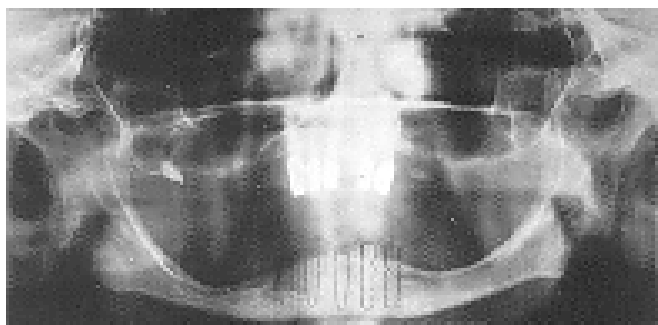
Die PSA gehört zur Routine der präimplantologischen Diagnostik. Nur diese Aufnahmetechnik ermöglicht die erforderliche umfassende Beurteilung des Kiefers, noch vorhandener Zähne, der Kiefergelenke und pathologischer Veränderungen. Die nachstehend getroffenen Feststellungen gehen von der Prämisse aus, dass weiterführende dreidimensionale Röntgentechniken (siehe dort) nicht durchgeführt werden.

Neben der allgemein Zahnärztlichen Röntgendiagnostik liegt das Hauptaugenmerk auf der Messung der für eine Implantation zur Verfügung stehenden Kieferabmessungen. MISCH und JUDY schlagen neben einer Klasseneinteilung anhand von 5 Klassen auch eine Unterteilung in 4 Divisionen (A bis D) vor, die das zur Verfügung stehende Knochenangebot beschreiben (A = hohes und breites Knochenangebot über ein kurzes Stück, B = hohes, aber schmaleres und längeres Knochenangebot, C = geringes Knochenangebot, D = fortgeschrittene Alveolar-

kammatrophie mit hohen Implantationsrisiken). Nachstehend sind die hierfür entscheidenden Regionen einzeln aufgeführt:

- Regio interforaminalis: In diesem - günstigsten - Implantationsbereich sollten Implantate möglichst die gesamte Höhe der Mandibula erfassen. Dies bedeutet, dass die margo inferior der Mandibula erfasst sein muß. Hierzu ist ggf. eine Änderung der Standardeinstellung des Aufnahmegerätes erforderlich (Kinnaufklappe erhöhen). Um die wegen der hohen Blutungsgefahr äußerst gefährliche Perforation in den Mundboden präimplantologisch abzuklären ist bei Implantationen in diesem Bereich eine seitliche Fernröntgenaufnahme zusätzlich indiziert (siehe dort).
- Seitenzahnbereich des Unterkiefers: Die Lage des foramen mentale, der Verlauf des Mandibularkanals und die Höhe des Alveolarkammes sind unabdingbare diagnostische Kriterien bei der Entscheidung zu einer Implantation in diesem Bereich. Röntgensablonen sind für diese Region wegen der erforderlichen Genauigkeit nur von beschränktem Wert. Die Genauigkeit muß durch Aufnahmen mit Messkörpern, Aufbissaufnahmen, intraoperative Messaufnahmen mit Messimplantaten oder dreidimensionale Aufnahmen gesteigert werden (siehe jeweils dort). In diesem sensiblen Bereich sollten eher intraoperative Messaufnahmen die präoperative Diagnostik ergänzen. Die Wahl des hier einzusetzenden Implantattyps wird sowohl von der zur Verfügung stehenden Knochenhöhe als auch vom eher klinischen oder intraoperativen Befund festgestellten Kammbreite abhängen (schmales, evtl. extendierendes oder wurzel-/schraubenförmiges Implantat).
- Aufsteigender Ast des Unterkiefers: Diese Region ist vor allem für subperiostale Konstruktionen von Interesse und wird hinsichtlich des Verlaufes ihrer vorderen Begrenzung beurteilt. Sie spielt heute keine Rolle mehr.
- Frontzahnbereich im Oberkiefer (13-23): Die Höhe des Alveolarkammes über dem Nasenboden kann bei exakter Einstellung der Aufnahmeprojektion und ausreichender Ausblendung der Wirbelsäule insoweit gut beurteilt werden, als man die jeweils bestehende Protrusion in Betracht zieht. Eine seitliche Fernröntgenaufnahme kann nur bedingt hilfreich sein, wenn der Alveolarkamm stark protrusiv ist und/oder die Apertura piriformis ein größeres Knochenangebot vortäuscht (siehe dort).
- Seitenzahnbereich im Oberkiefer mit tuber maxillae: Die Distanz des Alveolarkammes zum Boden der Kieferhöhle (Rezessus alveolaris) begrenzt die Implantationsmöglichkeiten. Soll hier enossal implantiert werden, so ist genau die anteriore Begrenzung der Kieferhöhle festzustellen, da diese individuell sehr unterschiedlich liegen kann (regio 3 bis 5). Dies trifft auch für den Tuberbereich zu, wo eine enossale Implantation in der Regel jedoch nicht vorgesehen wird.

Implantate sollen das zur Verfügung stehende Knochenvolumen möglichst gut ausnutzen. Es ist daher wichtig die Implantatdimensionen vor dem chirurgischen Eingriff möglichst exakt mit dem Implantationsort vergleichen zu können. In der Regel wird heute noch für diese Messungen die PSA



herangezogen. Die Problematik liegt nun darin, dass diese Technik bei verschiedenen Geräten und interindividuell die tatsächlichen Verhältnisse vergrößert darstellt. Mit Röntgenschablonen, auf denen das zu verwendende Implantat eingezeichnet ist, lässt sich am einfachsten und schnellsten ein Bild von den implantologischen Möglichkeiten erhalten (Abb. 21). Die Aussagekraft ist jedoch durch die Varianz der Vergrößerung eingeschränkt, so dass diese Methode nur als erste Orientierung dienen kann. Bei Annäherung einer Schablone näher als 3 mm an ein gefährdetes anatomisches Substrat eine exakteres Messverfahren gefordert (EHRL et al.). Bei der Fernröntgenaufnahme besteht dieses Problem aufgrund der nahezu größengerechten Darstellung nicht (Abb. 23).

Im Zusammenhang mit augmentativen Verfahren im Bereich des Rezessus alveolaris ("Sinuslift") ist zu prüfen, ob das verbliebene Knochenangebot ausreicht, eine kombinierte Augmentation und Implantation durchzuführen. Dies kann nur dann vorgesehen werden, wenn das Knochenangebot ausreicht, dem(n) Implantat(en) Primärstabilität zu verleihen. Dies ist natürlich intraoperativ zu überprüfen und ggf. zu korrigieren. Da der Rezessus alveolaris durch ein oder mehrere Cristae in zwei oder mehr Kammern unterteilt wird, kann bei der Planung die Augmentation für alle oder nur bestimmte basale Buchten vorgesehen werden. Die Beurteilung des Kieferhöhlenzustandes ist in der PSA nur für den dargestellten Bereich und die getroffene Schicht und daher nur mit Einschränkung möglich. Mit Kontrastaufnahmen können raumfordernde Prozesse vom eigentlichen Sinus abgegrenzt werden (Abb. 22). Da die Kieferhöhle jedoch durch augmentative Verfahren in ihrer Gesamtheit betroffen ist, sind auch präimplantologisch die klassische röntgenologische Übersichtsaufnahme und ggf. weiterführenden Aufnahmetechniken (siehe dort) erforderlich. Schneller zum Ziel führt unter Umständen die endoskopische Beurteilung der Kieferhöhle. Die Ultraschalldiagnostik ist für Implantationszwecke zu ungenau.



Abb. 22: Kontrastaufnahme des Rezessus alveolaris Sinus maxillaris zur Abgrenzung einer zur Augmentation besonders geeigneten Residualzyste.

Die Beurteilung des Kieferhöhlenzustandes ist in der PSA nur für den dargestellten Bereich und die getroffene Schicht und daher nur mit Einschränkung möglich. Mit Kontrastaufnahmen können raumfordernde Prozesse vom eigentlichen Sinus abgegrenzt werden (Abb. 22). Da die Kieferhöhle jedoch durch augmentative Verfahren in ihrer Gesamtheit betroffen ist, sind auch präimplantologisch die klassische röntgenologische Übersichtsaufnahme und ggf. weiterführenden Aufnahmetechniken (siehe dort) erforderlich. Schneller zum Ziel führt unter Umständen die endoskopische Beurteilung der Kieferhöhle. Die Ultraschalldiagnostik ist für Implantationszwecke zu ungenau.

Um die Reproduktion der Übersichtsaufnahme zu gewährleisten, müssen die Parameter Stirndistanz, Kinnauflage, Spannung, Strahlenexposition und Fußposition definiert sein (BRINKMANN, DELNON). Zusätzliche Genauigkeit verschafft ein Mundabformgerät (BRINKMANN) oder Frontzahnaußbiss als Fixierungsvorrichtung,

über das die Kieferposition festgehalten werden kann. Die Techniken dieser Kongruenz-Panoramaschichtaufnahmetechnik werden zu exakten Verlaufskontrollen angewandt und werden vor allem für wissenschaftliche Aufgaben herangezogen.

Digitale PSA bieten den Vorteil der größeren Auswertungsbreite. Enossale Strukturen können hier durch Kontrastveränderung oder Änderung der Helligkeitswerte in der Regel besser dargestellt werden. Von Vorteil ist auch die Möglichkeit der Anfertigung von Aufnahmen mit definiertem Vergrößerungsfaktor. Mit modernen Panoramaschichtgeräten können auch Frontalschnitte im Seitenzahnbereich dargestellt werden. So lässt sich z. B. der Verlauf des Mandibularkanales in einer zweiten Ebene darstellen oder ebenso der Rezessus alveolaris der Kieferhöhle. Mit Imaging-Programmen kann man auf digitalisierten Bildern auch die Planung verfeinern und zur Aufklärung des Patienten nutzen.

Abb. 23 Fernröntgenbild mit Messschablone



5.5.3.1 Fernröntgenseitenaufnahme

Die Fernröntgenaufnahme (Schädel seitlich mit kleinem Objekt-Film-Abstand und großem Fokus-Objekt-Abstand) ist insbesondere beim zahnlosen Patienten von implantologischem Interesse. Diese Technik erlaubt eine nahezu großengerechte Darstellung der ossären Strukturen und ist damit eine Hilfe bei der Anwendung von Messhilfen (Abb. 23). Dies gilt insbesondere für die horizontale Dimension der regio interforaminalis (SCHRAMM-SCHERER et al.). Darüber hinaus kann der Ober- und Unterkieferfrontbereich bezüglich der antero-posterioren Neigung des verbliebenen Alveolarkammes oder des Basalbogens, des Resorptionsgrades und der Resorptionsform (spitz, rund, schmal, breit) und der Relation zwischen den Kiefern herangezogen werden. Der Zustand der Kieferhöhlen kann - unter der Einschränkung, dass eine Seitenbeziehung nicht hergestellt werden kann - grob beurteilt werden. PRÖBSTER et al. wiesen darauf hin, dass die Auswertbarkeit des Oberkiefers eingeschränkt ist, da z.B. die im Film erscheinende Kontur des Gaumengewölbes kein anatomisches Substrat besitzt. Für die Insertionsrichtung des Implantates ist wichtig, dass diese nicht zu sehr dorsal oder ventral inkliniert ist, da die so eingesetzten Implantate einen größeren Knochenabbau aufweisen (SCHRAMM-SCHERER et al.). Einschränkung muß zu dieser Technik gesagt werden, dass- selbst bei digitaler Aufnahmetechnik - eine relativ hohe Strahlendosis erforderlich und neuere Techniken größere Aussagekraft besitzen.

5.5.3.2 Sagittale Schädelübersichtsaufnahme

Die Darstellung der Kieferhöhle kann mit dentaltechnischem Gerät am besten in der sagittalen Schädelübersichtsaufnahme mit okzipito-mentalem Strahlengang erfolgen. Dazu kann bei der Technik nach JANKER auch die Fernröntgenapparatur herangezogen werden. Bei Eingriffen im Bereich der Kieferhöhle, insbesondere bei augmentativen Verfahren und bei anamnestischen Hinweisen auf Nebenhöhlenerkrankungen ist dieses diagnostische Hilfsmittel indiziert. Zu berücksichtigen ist, dass diese Röntgentechnik sowohl falsch positive als auch falsch negative Ergebnisse liefern kann und dass 26% der gesunden Bevölkerung radiologische Veränderungen der Kieferhöhle aufweisen (FASCENELLI, MANN). Raumfordernde Prozesse können zusätzlich mit Kontrastmitteln dargestellt werden. Bei der hohen Prävalenz von Nebenhöhlenerkrankungen und der relativ häufig notwendigen Sinuselevation kommt der präimplantologischen Diagnostik dieses Bereiches eine hohe Bedeutung zu. Erkannte Veränderungen müssen vor der Implantation behandelt werden.

5.5.3.3 Spezifische Schichtaufnahmen mit dem PSA-Gerät

Neuere, digitale Panoramaschichtgeräte erlauben auch zusätzliche Schichtaufnahmen. Dazu gehören z.B. Techniken, die die Nebenhöhle in mehreren Schichten darstellen, womit man die zuvor beschriebene Technik mit hoher Strahlendosis vermeiden und eine größere Aussagekraft erreichen kann. Frontalschichten im Unterkieferseitenzahnbereich können auch den Verlauf des Mandibularkanales in einer zweiten Dimension darstellen. Detailtreue und Lokalisation sind jedoch meist noch von minderer Aussagekraft.

Digitalisierte Aufnahmen erlauben auch Dimensionsmessungen und Scharfstellen kritischer Bereiche. Auch können Implantatsimulationen mit entsprechenden Software-Programmen die Operationsplanung sicherer machen. Auch kieferorthopädische Programme können für Dimensionsmessungen herangezogen werden.

Abb. 24
Schädel o.-m.-Aufnahme: Randständige Opazität der linken Kieferhöhle als Zeichen einer (odontogenen) chronischen Sinusitis maxillaris



5.5.4 Dreidimensionale Aufnahmetechniken

Mit zunehmender Verbreitung von Computertomographen hat auch die Anwendung dieser Aufnahmetechnik in der Implantologie zugenommen. Die Aussagekraft der üblichen tomographischen Schnitte des Schädels ist jedoch häufig eingeschränkt. Die Indikation zu diesen Aufnahmen - im Zusammenhang mit der hohen Strahlendosis - ist daher nur bei speziellen Fragestellungen gegeben.

5.5.4.1 Spiraltomographie

Für die Implantologie wichtiger sind dreidimensionale Darstellungen, wie sie mit neueren computertomographischen Techniken bzw. Softwares heute möglich sind. Diese schon genaueren Darstellungen liefern für prekäre Implantatlokalisationen - z.B. in Nerv- oder Nebenhöhlennähe - wertvolle Hinweise. Eine zusammenfassende Darstellung von CT-Befunden für implantologische Zwecke fehlt bislang. Bei Radiologen findet man in der Regel Spiraltomographen, die - mit einer spezifischen Software - in der Lage sind, sehr präzise Aufnahmen in allen drei Dimensionen zu liefern. Problematisch ist die relativ hohe Strahlendosis dieser Geräte, die eine regelmäßige Anwendung für implantologische Zwecke verbietet.

5.5.4.2 Konusstrahlentomographie (Volumentomographie)

Mit der Konusstrahlentomographie (KST) steht seit wenigen Jahren eine Technik zur Verfügung, die mit relativ geringer Strahlendosis (ca. 5 mal geringer als bei einem konventionellem Spiral-CT) exakte, digitalisierte dreidimensionale Bilder liefert. Strahlenquelle und Detektor kreisen dabei nur ein mal um das Objekt Kopf. Die Dreidimensionalität wird aus dem um das Objekt kreisenden Strahlenquelle und aus dem Winkel der konusartig abstrahlenden Röntgenstrahlen errechnet. Damit ist möglich in umfangreicheren Maße dreidimensionale Bilder des Implantationsbereiches zu erhalten. Der zusätzliche Informationsgehalt ist derart groß, dass eine regelmäßige Anwendung zu erwägen ist.

Es ist die Entscheidung des Operators, ob er vordefinierte Reports erstellen lässt oder mit einer mehr oder weniger umfangreichen Software selbst Auswertungen der Daten vornimmt.

KST-Reports

Reports sind definierte Zusammenstellungen bestimmter Schnitte für bestimmte Zwecke (EHRL 2003). Abb. 25 zeigt einen typischen Implantatreport des Unterkiefers. Dargestellt sind der Mandibularkanal, die Höhe des Alveolarkammes über dem Kanal in der Panoramaschicht und in Frontalschnitten, die jeweils in die radioopaken

Report 8d - Implantat/Schiene

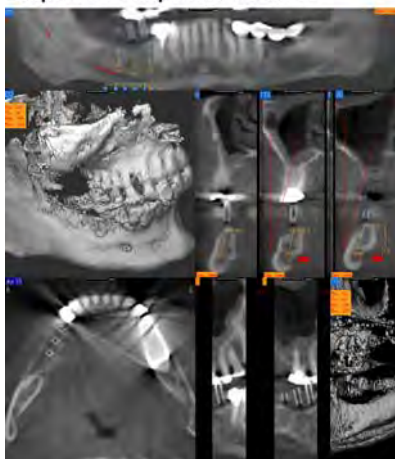


Abb. 26 (siehe Text)

Zähne einer Referenzschiene gelegt wurden. Letztere zeigen auch evtl. nötige Winkelneigungen, die ebenfalls dargestellt werden können. Die Schnitte sind

zudem in einem Horizontalschnitt markiert und beginnen distal des jeweils distalen Zahnes im 1mm-Abstand. So ist auch eine einfache Übertragung in den Operationssitus möglich. Eine 3D-Darstellung ergänzt den Umfang des

Report 8a - Implantat/Quadrant

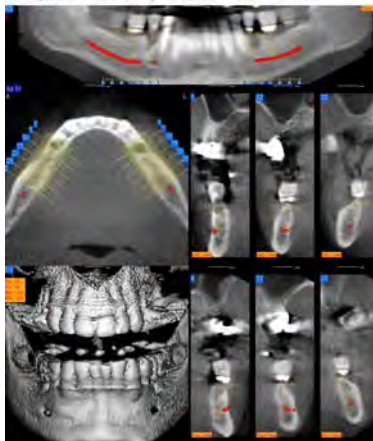


Abb. 25
Beispiel für einen vordefinierten Report einer KST-Studie

Report. Natürlich sind erforderlichenfalls jegliche Abweichungen von den Standard-Reports möglich.

Abb. 26 zeigt die Darstellung einer Referenzschiene mit Bohrhülsen in ähnlicher Aufteilung. Reports können entweder ausgedruckt oder mit Software bzw. als pdf-Datei betrachtet werden. Wie bei digitalen Aufnahmen ist auch hier die Bildschirmbetrachtung auf TFT-Monitor die adäquate, d.h. den größten Informationsgehalt liefernde Methode.

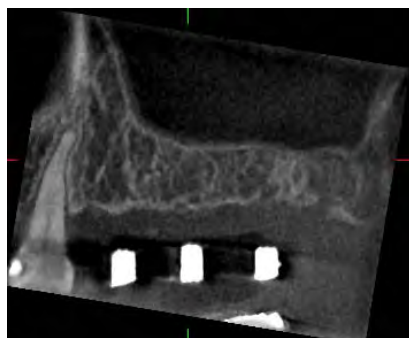
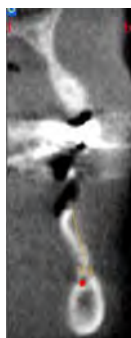
Die Abbildungen 27a und b vermögen zu zeigen, wie hoch der Informationsgewinn dreidimensionaler Daten ist. Abb 27a zeigt den Ausschnitt aus einer herkömmlichen digitalen PSA vom linken Unterkiefer-bereich. Abb 27b zeigt den gleichen Bereich in regio 036. Es wird deutlich, dass die PSA hier nicht geeignet ist den Operateur vor dem Eingriff auf die nötige Augmentation wegen des extrem schmalen Alveolarkammes aufmerksam zu machen.

KST- Software-Auswertungen

Der Hersteller des KST⁵ bietet zwei weitere Auswertungssoftwares an, „Standard“ und „Professional“. Mit deren Hilfe ist der Operateur selbst in der Lage die Daten nach seinen Wünschen auszuwerten, ggf. auch intraoperativ noch aktuelle Fragestellungen zu bearbeiten. Alleine die präoperative Beschäftigung mit diesen Daten steigert die Qualität der Arbeit erheblich. Für den Operateur ist wichtig, auch den zusätzlich erheblichen Zeitaufwand bei der Planung einzukalkulieren.

5.5.4.3 3DXMulti-Image Micro CT (Morita)

Das 3DXMulti-Image Micro CT⁶ ist das erste dentale PSA-Gerät, welches - eingeschränkt auf eine Region von ca. 3-5 Zahnbreiten - dreidimensionale Bilder liefert. Abb. nn zeigt im sagittalen und frontalen Schnitt einen Oberkieferseitenzahnbereich mit Referenzschiene mit Bohrhülsen. Die Auflösung dieser Bilder besitzt eine Voxel-Größe von 0,125 x 0,125 x 0,125 mm und ist damit acht mal höher als bei herkömmlichen



Computertomographen. Die Strahlenbelastung liegt

Vertrieb: Newtom Deutschland AG
Morita Europe GmbH, Justus-von-Liebig-Str. 27a, 63128 Dietzenbach.

dabei nur geringfügig über der eines PSA-Gerätes und damit deutlich unter der eines herkömmlichen CT.

Abb. 28a und b
Sagittal- und Frontalschnitt
aus einem 3DXMulti-
Image CT

5.5.4.4 Kiefervolumeneinteilung

Die dreidimensionale Erfassung des Knochenvolumens erlaubt jetzt auch eine genauere Definition desselben bereits in der Planungsphase. In Abb. 29 ist eine Einteilung gezeigt, die der Operationsplanung gerecht wird. Die hier beschriebenen Klassen entsprechen dem jeweiligen operativen Vorgehen demgemäß, dass in Klasse I keine Augmentation erforderlich ist, in Klasse II in der Regel einphasig - also simultane Augmentation und Implantation - und in Klasse III zweiphasig vorgegangen werden sollte.

Kiefervolumeneinteilung		
Klasse	Beschreibung	Kriterien
I	Höhe und Breite ausreichend	Nutzbare Knochenhöhe mindestens 1/2 der errechneten nötigen Implantat/Kronen-Länge
II	Höhe ausreichend, Breite nicht ausreichend	Die Höhe entspricht dem Kriterium der Klasse I Die Breite unterschreitet die systemabhängigen Minimalwerte (Implantatdurchmesser + 0,4mm) für: 1. große Implantat-Durchmesser im Oberkiefer für regio 1, 3, 6, 7 und im Unterkiefer für regio 3, 6, 7, 2. mittlere Durchmesser im Oberkiefer für regio 2, 4, 5 und im Unterkiefer für regio 4, 5, 3. kleine Durchmesser im Unterkiefer für regio 1 und 2
III	Höhe nicht ausreichend	A Alveolarkammhöhe entspricht mindestens 2/3 der ursprünglichen, an benachbarten Regionen nachvollziehbaren oder 2/3 der aus der intermaxillären Distanz errechneten optimalen Höhe (gem. Klasse I).
		B Alveolarkammhöhe entspricht 1/3 bis 2/3 der unter A beschriebenen Höhe.
		C Alveolarkammhöhe entspricht bis 1/3 der unter A beschriebenen Höhe

5.5.5 Implantatspezifische rechnergestützte Auswertung dreidimensionaler, computertomographischer Date | Abb. 28

Durch die Dechiffrierung des CT-Codes in ein PC-gerechtes Format (STOCKHAM) war es möglich, dreidimensionale CT-Bilder für den Praxis-PC lesbar und auswertbar zu machen. Die beim Radiologen erhobenen Rohdaten wurden zu einem zentralen Rechner geschickt, dort aufbereitet und für ein PC-Programm lesbar gemacht (FOX). Das „SIM/Plant™“-Verfahren war der Beginn einer neuen Ära der Auswertbarkeit dreidimensionaler Röntgendaten.

Heute hat der Implantologe mehrere Möglichkeiten der Auswertung dieser Daten, wobei diese sowohl auf der Basis von spiraltomographischen als auch konusstrahlentomographischen Aufnahmen beruhen können. Als Schnittstelle dient jeweils das DICOM-Format (aus dem Internet herunterladbar):

5.5.5.1 Knochendichtebestimmung

Die Bestimmung der Knochendichte gelingt auf der Basis des Messsystems der Computertomographie (HOUNSFIELD), der Bestimmung der unterschiedlichen Absorption der Strahlung. Diese Messung, skaliert in den Hounsfield-Einheiten, kann mit der Knochendichte-einteilung nach Misch in Zusammenhang gebracht werden und erlaubt so eine exaktere präimplantologische Beurteilung der Knochendichte, die für die Implantologie ein Maß der Knochenqualität darstellt. Abb. nn zeigt

Knochendichtemessung in Hounsfield-Einheiten (HE)

Luft	0 HE (Eichwert)
Wasser	1000 HE (Eichwert)
D1	700 - 1900 HE
D2	300-700 HE
D3	150-350 HE
D4	50-150 HE

Abb. 30

die Knochendichteerteilung. Diese Informationen können natürlich auch nach präimplantologischen, augmentativen Maßnahmen zur Kontrolle des Behandlungserfolges erhoben werden. Diese Aussagen sind heute nur CT-basiert möglich. Eine Ausnahme bildet das Robodent-Programm, welches auch KST-basierte Daten in Hounsfield-Einheiten wandeln kann.

5.5.5.2 Einfache Messprogramme

erlauben dem Behandler die Bestimmung von Distanzen und von Winkeln. Mithilfe von Referenzschienen können weitere Informationen abgelesen werden (siehe dort). In diese Gruppe gehören:

2dimensional:

die meisten digitalen PSA-Programme (z.B. Sidexis®)

3dimensional:

Newton® Programme (Standard, Professional)

Friadent

Abb. 31
Darstellung einer Auswertung mit dem coDiagnostiX®-Programm

5.5.5.3 Spezifische Implantatprogramme

ermöglichen das Einblenden von Implantatkörpern entsprechend dem verwendeten Implantatsystem. Hierzu gehören:

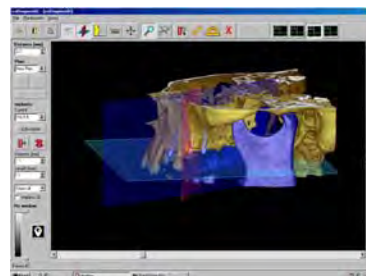
Friadent (www.friadent.de)

5.5.5.4 Modellbasierte Programme

führen zu Referenzschienen mit Bohrhülsen, die auf einer exakten Übertragung von 3D-Daten und setups beruhen.

CodiagnostiX®

Das CoDiagnostiX-Programm erlaubt in einer guten 3D-Darstellung die Planung der Implantation. Implantatposition im Kieferknochen und ihre Relation zu den anatomischen Strukturen lassen sich gut erkennen. Die Übertragung auf eine Implantationshilfe (OP-Schiene) ist möglich.



materialise® (www.materialise.com)

Das materialise/surgiguide-Programm ist ähnlich aufgebaut und führt im Endergebnis ebenfalls zur einer Referenzschiene mit Bohrhülsen.

In Abb. nn ist der Ablauf programmatisch dargestellt.

- Der Zahnarzt entscheidet über die Implantation mit dem Patienten
- Mit der Referenzschiene wird ein CT-scan erstellt
- Die CT-Daten werden zu materialise geschickt
- materialise wertet die Daten aus
- die ausgewerteten Daten werden zum Behandler geschickt
- Der Behandler führt mit dem surgicase-Programm die Planung durch
- Die Planung wird zu materialise geschickt
- materialise entwirft und stellt die OP-Schiene her
- Die OP-Schiene wird zum Behandler geschickt

Abb. 32

Med3D® (www.med3d.de)

Das Med3D-Programm liefert im

- | | |
|------------|---|
| Zahnarzt: | Abdruck des Patientenkiefers |
| Techniker: | Gipsmodell, prothetische Aufstellung mittels Wax-Up, Erstellung Bisssschiene mit Referenzobjekt |
| Radiologe: | Computertomogrammaufnahme (CT) mit getragener Bißschiene, Daten werden auf CD-ROM gebrannt |
| Zahnarzt: | 3D-Implantatplanung am Computer |
| Techniker: | Einbringen von Titanhülsen in Bisssschiene mittels Positioniereinrichtung gemäß Planung |
| Zahnarzt: | Setzen der Bohrungen im Kiefer des Patienten mittels Bohrschablone |

Abb. 33
Ablauf einer Behandlung mit dem Med3DProgramm



Endergebnis ebenfalls eine referenzschiene mit Bohrhülsen. Abb. nn zeigt, dass bei diesem System - ähnlich codiagnostix - der Ablauf weitgehend bei Zahnarzt und Techniker bleibt. Abb. 34 zeigt eine Referenzschiene mit dem als exakt reponierbaren Referenzkörper benutzten Lego-Stein.

Abb. 35 zeigt einen „Hexapoden“, wie er von den Programmen coDiagnostiX® und Med3D zur planungsgerechten Einstellung der Bohrhülsen in der Referenzschiene benutzt wird.

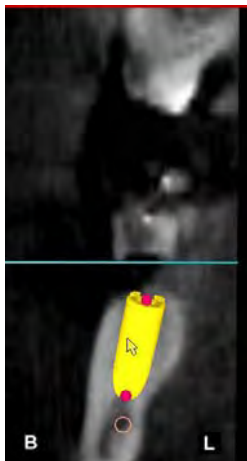
Abb. 34

Abb. 35

5.5.5.5 Navigationsprogramme

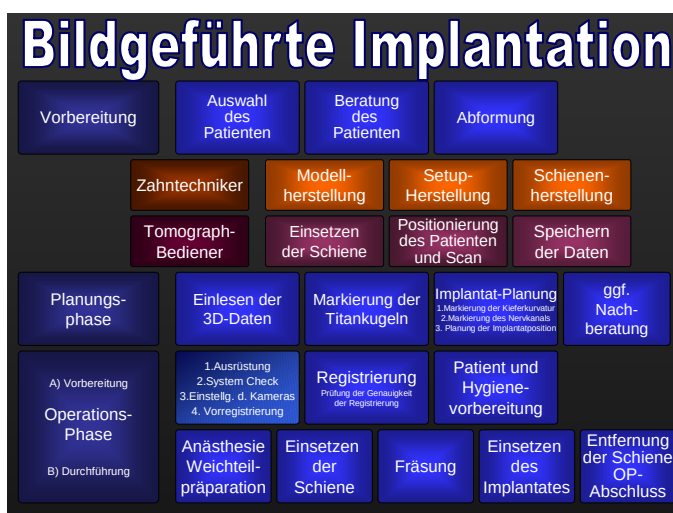
Diese übertragen eine virtuelle 3D-Planung auf operator- und programmgeführte Operationsmaschinen. Die Entwicklung dieser Geräte steht noch am Anfang und ihre Anwendung ist noch umstritten. Der Verfasser verfügt über eine einjährige Erfahrung mit dem IGI-System (www.denx.com), das hier stellvertretend für weitere Systeme wie z.B. Robodent (www.robodent.de) und ARTMA (www.baumgartner-rath.de) besprochen werden soll.

Navigationssysteme haben zum Ziel auf der Basis exakter Planungsdaten ein planungsidentisches Ergebnis am Patienten zu erreichen. Vorteile eines solchen Vorgehens sind Präzision,



Risikovermeidung, Funktionalität und Weichteiltrauma. die auf eine gute den Patienten stößt, muß mit einem Zeit- und Kostenaufwand sowie einer Technikabhängigkeit erkauft werden. Tage muß zudem mit Problemen beim praktischen Tätigkeit gerechnet Systeme noch nicht regelmäßig arbeiten.

Abb. 36 zeigt eine Ablaufschema, aus einzelnen Arbeitsschritte erkennbar wird ersichtlich, dass der weitaus überwiegende Anteil der Leistung planerisch ist



bessere ein geringeres Diese Vorteile, Compliance bei deutlich höheren höheren Zum heutigen Einsatz in der werden, da die zuverlässig

den die werden. Daraus

und der eigentliche Eingriff nur noch den geringsten Zeitanteil einnimmt. Klar wird auch daraus, dass eine spezielle Logistik erforderlich ist und dass die erreichbare Präzision nur durch das exakte Ineinandergreifen der einzelnen Arbeitsschritte und die Kooperation der Beteiligten auch erreicht werden kann. Abb. 37 zeigt einen Frontalschnitt mit Positionierung des Implantates in Abhängigkeit von den Positionen des Antagonisten, eines radioopaken Planungszahnes und des Mandibularkanales (Vgl. hierzu auch Abb. 17).

Beim Eingriff schließlich stehen dem Operateur auf einem Bildschirm mehrere Hilfen zur Verfügung, die ihm in Echtzeit die Position, Richtung und Tiefenversenkung des Fräskörpers anzeigen. Abb. 38 zeigt ein Beispiel hierfür. Das Knochenvolumen kann auf diese Weise optimaler genutzt werden. Der Wunsch auch paraneural im Unterkiefer implantieren zu können ist nur selten erfüllbar, da der anatomisch zur Verfügung stehende Raum nicht ausreicht. An dieser Stelle soll nicht weiter auf die Thematik eingegangen werden, da die Entwicklung noch sehr im Flusse ist.

Abb. 38

5.5.5.6 CAD/CAM-Rekonstruktion

In die Zukunft weisen heute bereits verfügbare Technologien, die bereits mithilfe erweiterter diagnostischer Methoden das therapeutische Ergebnis simulieren und therapeutische Substrate herstellen lassen. So können dreidimensional erfasste Strukturen rechnerisch zu einem räumlichen Modell zusammengefügt werden. Diese rechnerinternen Daten können über die Ansteuerung mehrachsiger Fräsmaschinen zur Herstellung von Modellen des Knochens verwendet werden und zwar mit einer Genauigkeit von 1/200 mm. EUFINGER et al. erstellten anhand idealisierter Kiefergeometrien von 104 zahnlosen knöchernen Leichenkiefern Volumenmodelle, die nach „Übereinanderlegen“ mit Volumenmodellen zu augmentierender Kiefer individuell adaptiert wurden. Die Subtraktion der Daten des atrophierten Unterkiefers von der »Idealkiefer-Geometrie« lieferte ein Volumenmodell des Augmentates. Die Fräsung eines solchen Augmentates kann nach direkter Generierung der Steuerdaten aus dem Volumenmodell auf einer mehrachsigen Fräsmaschine erfolgen. Die vorliegenden Ergebnisse ermutigen die Autoren zum Transfer der Methode in die klinische Anwendung.

Diese Methode kann sich heute nicht der Frage der Wirtschaftlichkeit stellen und wird sicher auch in der näheren Zukunft vor allem wissenschaftlichen Untersuchungen vorbehalten bleiben. Soweit jedoch umfangreichere Defektrekonstruktionen mithilfe von Augmentaten und Implantationen vorgesehen sind und mit hohem Behandlungsrisiko einhergehen, werden auch diese aufwendigen Methoden in der Zukunft ihre Berechtigung finden.

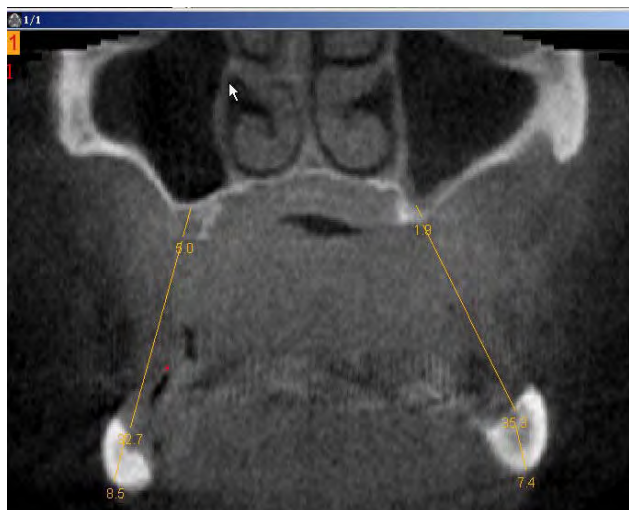
5.6 Diagnostik unter funktionellen Gesichtspunkten

Aus implantologischer Sicht ist die funktionelle Anatomie von wesentlicher Bedeutung, weil sie für die spätere prothetische Versorgung der Implantate eine wichtige Voraussetzung darstellt.

Bei Implantaten, die lediglich eine prothesenstabilisierende Funktion erfüllen (z.B. interforaminale Stegkonstruktionen), spielen funktionelle Kriterien eine Rolle, welche sich zunächst zwar nur auf den betroffenen Kiefer bezieht. Gleiches gilt bei Implantaten, die in eine kaum veränderbare Situation einbezogen werden, wie z.B.

die Pfeilervermehrung im reduzierten Restgebiss oder der Einzelzahnersatz. Doch auch bei diesen Konstruktionen wird sich langfristig eine Vernachlässigung funktioneller Kriterien negativ für die Implantate auswirken.

Hinsichtlich der Kaufunktion steht der erwünschten axialen Belastung der Implantate häufig der gegenläufige Abbau des Ober- und Unterkieferalveolarfortsatzes entgegen. Dieser erfolgt im Oberkiefer nach zentral und im Unterkiefer nach



peripher. Dieser Abbau wurde von CAWOOD/HOWELL in sechs Stadien beschrieben. Dieser theoretischen Einteilung stehen heute die individuell erstellbaren 3D-Bilder gegenüber, die eine individuelle Beurteilung und Vermessung auch der intermaxillären Distanz und Winkel der Kieferquerschnitte ermöglichen (Abb. 37 und 38).

Von Bedeutung ist, ob die Querschnittsform des Alveolarkammes eine adäquat geformte Suprakonstruktion erlaubt und der Vertikalabstand ausreicht. Ist der Vertikalabstand groß, so muß mit einer ungünstigen Belastung der Implantate gerechnet werden. Die Länge des enossal verankerten Implantatteil sollte im Idealfall 2/3 der Implantatlänge inklusive Supra-konstruktion betragen, mindestens jedoch die Hälfte. Durch Elongationen tritt auch die Situation eines zu geringen Vertikalabstandes auf. Dies kann in einem gewissen Rahmen durch Einschleifen der Antagonisten, in fortgeschrittenen Fällen jedoch nur durch präimplantologische, chirurgische Eingriffe am Alveolarfortsatz korrigiert werden. Die vorgegebene topographische Verteilung der natürlichen Zähne spielt ebenfalls eine wichtige Rolle bei der Stabilisierung der inserierten Implantate (Anzahl, Verteilung, Neigung der Zähne).

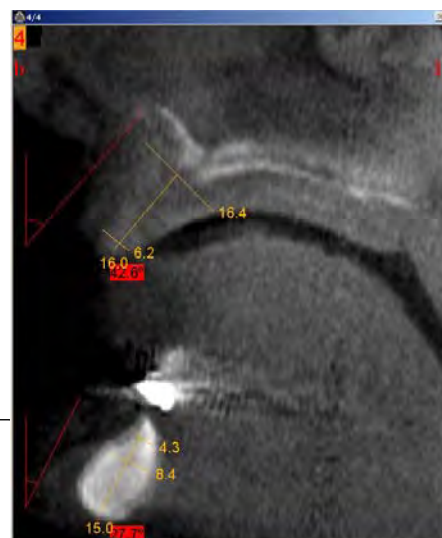


Abb. 37
Hier wird die ungünstige statische Belastung eines
Zahnersatzes nach Alveolarkammatrophy deutlich
(Frontalschnitt/Newtom)

Die funktionelle Gesamtsituation des Kauorganes dient der Beurteilung der Prognose einer Implantation unter dynamischen Aspekten. So sind

die Funktionsabläufe der Artikulationsbewegungen (Protrusion, Laterotrusion und Mediotrusion) zu analysieren, damit die Frage nach einer potentiellen Fehlbelastung der Implantate beantwortet werden kann. Kann der geübte Prothetiker in Fällen ohne Besonderheiten mit klinischen Methoden auch ein gutes, funktionellen Kriterien genügendes Ergebnis erreichen, so wird man dennoch eher instrumentelle, funktionsanalytische Maßnahmen ergreifen, um die Diagnose auf ein sicheres Fundament zu stellen. Wurde bisher vor allem mit punktuellen Exkursionsmessungen und Übertragungen auf einen halbindividuell einstellbaren Artikulator die Diagnostik betrieben, so versucht man jetzt zunehmend mithilfe berührungsfreier, optoelektronischer Messverfahren genauere Ergebnisse zu erhalten (BRIANT, KLETT).

Es sollte zu Beginn einer Therapie angestrebt werden, dass gesunde, natürliche, rezeptorgesteuerte Zähne die Führungsaufgaben bei den Kaubewegungen übernehmen. Implantatgetragene Suprakonstruktionen sollten in deren Schutz angeordnet sein und nur in der Interkuspitationsposition belastet werden. Durch die hohe Festigkeit heutiger Implantate ist dies jedoch nicht mehr zwingend und dauerhaft erforderlich. Auch die früher geforderte achsengerechte Belastung des Implantates hat sich als nicht so bedeutend herausgestellt. Angestrebt wird ein Winkel bis maximal 15°. Sollte eine implantatgetragene Konstruktion nach mehreren Jahren der Integration erneuerungsbedürftig sein, so kann auch das Implantat kaufunktionell normal belastet werden, sofern röntgenologisch keine Veränderungen zu erkennen sind. Untersuchungen haben ergeben, dass Implantate im Sinne eines kybernetischen Regelkreises einen Tastsinn entwickeln. Die Mechanoperzeption eines Implantates im überschwelligen Lastbereich ähnelt der eines natürlichen Zahnes. Es sind eher die kleinen Kräfte, auch der Weichteile, die zum Verlust der Implantate führen können (SCHULTE).

Sämtliche Parafunktionen müssen präimplantologisch diagnostiziert werden. Okklusale Interferenzen, myofaziale Beschwerden und Kiefergelenkserkrankungen müssen vor der Implantation therapiert werden. Dies geschieht in der Regel durch eine präimplantologische und präprothetische Schienentherapie, ggf. mit unterstützender Physiotherapie. Die auf diesem Wege erreichte Funktionsstabilität kann dann auf die Implantatoberkonstruktion übertragen werden. Dabei ist durch einen implantatgestützten Zahnersatz durchaus noch eine weitere Verbesserung gegenüber schleimhautgetragenen, probatorischen Lösungen möglich, kann aber nicht zuverlässig prognostiziert werden. Nach SCHULTE können arthrogene Beschwerden mit einer implantologischen Versorgung hinsichtlich Bisslage und der Funktion eine wesentliche Verbesserung erfahren, wohingegen die Indikation zur implantologischen Versorgung myogener Beschwerden sehr zurückhaltend zu stellen ist, da dadurch Bruxismen besonders provoziert werden.

Verbesserungen funktioneller Beschwerden wird man immer wieder z. B. bei der Versorgung der verkürzten Zahnreihe oder prothesenstabilisierenden Stegkonstruktionen im Unterkiefer feststellen. Dennoch muß vor der Definitivversorgung die Hauptproblematik beseitigt sein.

Die Grundsätze einer harmonischen Okklusion müssen bei der Planung beachtet werden, da die Position der Implantatpfosten sowohl in ihrer Beziehung zu natürlichen Zähnen des gleichen Kiefers als auch des antagonistischen von ausschlaggebender Bedeutung ist (BRINKMANN). Dabei müssen wir bedenken, dass bei all unseren Bemühungen um eine harmonische Okklusion die natürliche Funktion und damit auch die Okklusion letztlich nicht wieder herstellbar ist. Erzielbar ist nur eine sog. therapeutische Okklusion. Wichtige Faktoren für die Gestaltung des implantatgetragenen Ersatzes sind Kaudruck, Kaukraft und Belastbarkeit (SCHWICKERATH) und es ist zu prüfen, ob die einwirkenden Kräfte von natürlichen Zähnen oder von einem Zahnersatz ausgelöst werden. So können die Kontaktbeziehungen eines vollbezahnten Kiefers zu einem implantatgetragenen Ersatz im Gegenkiefer bei dysharmonischen Okklusionsverhältnissen den Erfolg einer Implantation in Frage stellen.

Bestehende, erworbene und funktionierende Okklusionsformen sollten dabei nicht verändert werden, wenn keine pathologischen Folgen für den Restzahnbestand zu erwarten sind. In jedem Falle sollte eine zentrisch-axiale Belastung angestrebt werden und bei der Diagnostik bereits auf ihre Möglichkeit zur Verwirklichung geprüft werden. Die günstigste Okklusionsform bei einer Implantation im Seitenzahnbereich ist eine harmonische Okklusion mit eck-zahngeführter Disklusion. Bei prothesenstabilisierenden Implantaten sollte eine beidseitig balancierte Okklusion gewählt werden.

5.7 Die Planungsübersicht

Sowohl aus praktischen als auch aus forensischen Gründen ist es vorteilhaft, die gesamte Planung auf einem Formblatt zusammenzufassen. Dies zwingt einen immer wieder zu systematischem Vorgehen. Ein solches Formblatt erfüllt zugleich den Leistungsinhalt der Gebührenziffer 900 der Gebührenordnung für Zahnärzte: „Implantatbezogene Analyse und Vermessung des Alveolarfortsatzes des Kieferkörpers und der Schleimhaut einschließlich metrischer Auswertung von Röntgenaufnahmen zur Feststellung der Implantatposition mit Hilfe einer individuellen Schablone, je Kiefer.“

Das hier gezeigte Formblatt enthält Angaben zum Zahnstatus, Mundhygienestatus, Analyse des Knochenangebotes, der Weichteile und es fordert Angaben zur Indikationsstellung und zur Implantatauswahl.

Implantatanalyse

Name: _____ Vorname: _____ Geb. Datum: _____
 Straße, Nr.: _____
 PLZ, Ort: _____
 Versichert: _____
 Überwiesen von: _____
 Internistische Untersuchung erfolgte am: _____ nicht erforderlich
 Aufklärung erfolgt: _____
 Aufklärungsunterlagen mitgegeben am: _____

ZAHN-STATUS

8 7 6 5 4 3 2 1	1 2 3 4 5 6 7 8
rechts	links
8 7 6 5 4 3 2 1	1 2 3 4 5 6 7 8

MUNDHYGIENE-STATUS: schlecht mäßig gut

Aufklärung und MHI erfolgt am: _____ am: _____ am: _____
 PBI erstellt am: _____ am: _____ am: _____
 Speicheltests durchgeführt am: _____

ANALYSE DES KNÖCHERNEN IMPLANTATLAGERS

Dichte Kompakta (D1)
 Dichte, poröse Kompakta; grobkörnige derbe Spongiosa (D2)
 Dünne, poröse Kompakta; feine Spongiose (D3)
 Feine Spongiose (D4)
 Hoher (> 20 mm), breiter Knochen (> 6 mm)
 Hoher (> 20 mm), schmaler (< 6 mm), langer Knochen
 Stark atrophierte (10 - 20 mm), breiter Knochen
 Sehr stark atrophischer (< 10 mm), schmaler Knochen
 Sonstiges: Distanz über Mandibularkanal: _____ Beziehung zu Sinus maxillaris: _____
 Analyse erfolgte aufgrund 1. Panoramaschichtaufnahme (OPG u. a.)

2. CT
3. Einzelbilder
4. Modelle
5. Sägeschnittmodelle
6. Sonstiges

ANALYSE DER PERIPILÄREN WEICHTEILE

Gingiva propria ausreichend Einzelne, zu verlegende Bänder
 Umfangreiche peripiläre Weichteileingriffe erforderlich : prä- intra- postoperativ

INDIKATIONSSTELLUNG (nach Brinkmann) O K U K

Einzelzahnverlust Klasse I
 Frendlücke Klasse II
 Pfeilvermehrung Klasse III
 Zahnloser Kiefer Klasse IV

BEGLEITENDE OPERATIVE MASSNAHMEN

- | | |
|-----------------------------|------------------------------|
| 1. Wurzelreste, Fremdkörper | 6. Intraantrale Augmentation |
| 2. Zysten | 7. Nervverlagerung |
| 3. Lappenplastik | 8. Nervdarstellung |
| 4. Defektauffüllung | 9. Sonstiges: |
| 5. Bone splitting | |

IMPLANTAT-SYSTEM

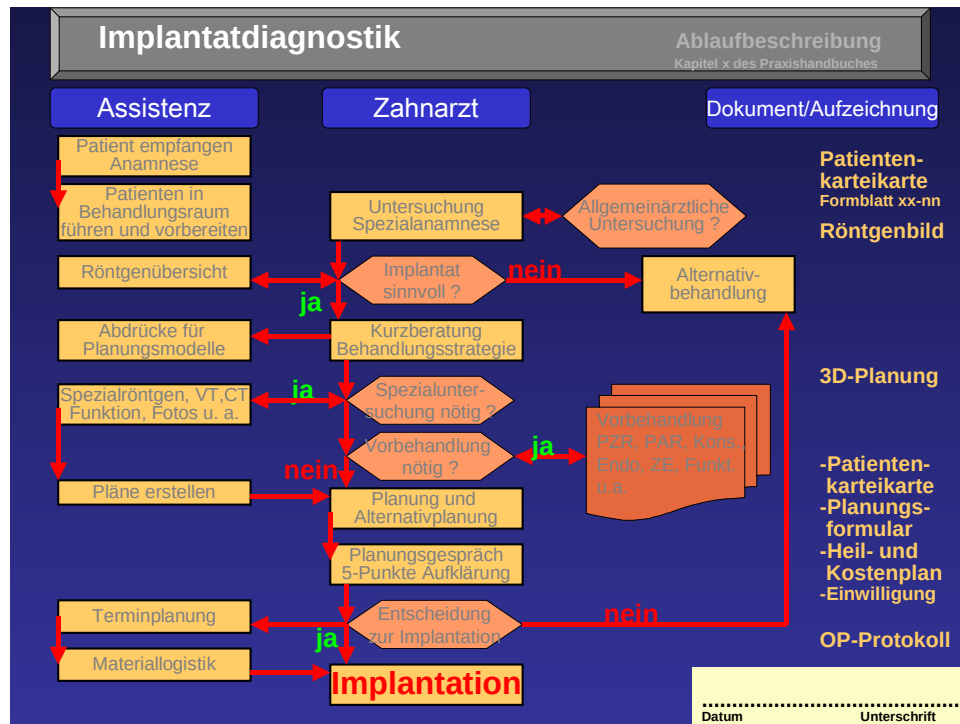
ROTATIONS-STABILE-IMPLANTATE	ein-	zweiphasig	System	Längen in mm	Durchmesser in mm
I. Zylinder	0	0			
II. Hohlzylinder	0	0			
III. Stufenzylinder	0	0			
IV. Konusform	0	0			
V. Schraubform	0	0			
VI. Diskusform	0	0			
VII. Sonstige	0	0			

Material: _____ Beschichtung: _____ Bemerkung: _____
EXTENSIONS-IMPLANTATE Dicke in mm Länge in mm Tiefe in mm
 I. Einpfostiges Blatt 0 0

II. Zweipostiges Blatt 0 0
 III. Sonstige 0 0
 Material: Beschichtung: Bemerkung:
SUBPERIOSTALE(S) IMPLANTAT(E)
 Material: Beschichtung: O K U K

Datum: Behandler:

Abschließend ist ein Ablaufschema eines Qualitätsmanagementsystems aufgezeigt, das alle Wege der implantologischen Diagnostik zeigt.



Literatur

1. Ackermann, K., Blaha, I., Bürkel, A., Ehrl, P.A., Fischer-Brandies, E., Schlegel, D., Schulte, W., Strunz, V., Takács, G.: Frankfurter Konsensus Implantologie vom 23.1.91, GOI-Jahrbuch 1991, 11-15, Quintessenz Verlag Berlin
2. Bain, C.A., Moy, P.K.: The influence of smoking on bone quality and implant failure, Int J Oral Maxillofac Implants, 9, 123 (1994)
3. Bain, C.A., Moy, P.K.: The association between the failure of dental implants and cigarette smoking. Int J Oral Maxillofac Implants, 11, 756 (1996)
4. Brand, H.: Die Bedeutung des Röntgenbildes innerhalb der Planung in der Implantologie. Orale Implantol 6, 7 (1978)
5. Brånemark et al.: Gewebeintegrierter Zahnersatz - Osseointegration in klinischer Zahnheilkunde. Quintessenz Verlag, Berlin 1985
6. Briant, R.: Funktionsorientierte implantologische Konzepte, GOI-Jahrbuch 1989, 105-107, Tutte Druckerei, Salzweg bei Passau
7. Brinkmann, E.: 10jährige Erfahrung mit enossalen Implantationsverfahren. In: Franke, J.: Der heutige Stand der Implantologie. Carl Hanser Verlag, München, 1980
8. Brinkmann, E.: Präoperative Diagnostik in der zahnärztlichen Implantologie. Zahnärztl Praxis 38, 411 (1987)
9. Cawood, J.I., Howell, R.A.: A classification of the edentulous jaws. Int J Oral Maxillofac Surg 17, 232 (1976)
10. Delnon, H.P.: Dokumentation der enossalen Implantate aus der Sicht des Praktikers. WISS DENT 6, 7/8, 48 (1985)
11. Ehrl, P.A.: Die Bedeutung der Röntgendiagnostik beim Vorliegen einer Mund-Antrum-Verbindung. Zahnärztl Welt/Reform 11, 88 Jg., 499-503 (1979)
12. Ehrl, P.A., Engels, H., Müller, K.: Standards für Implantatsysteme. Z Zahnärztl Implantol IX, 5-8 (1993)
13. Ehrl, P.A., Foitzik, Chr., Strietzel, F.P.: Grundlagen der implantologischen Diagnostik und Planung, in: Implantologie in der zahnärztlichen Praxis, Band I: Grundlagen, Brinkmann, Anke Verlag Oldenburg, 1999
14. Ehrl, P.A.: Standards für Reports von VTG-Aufnahmen, DGZI-Journal 2003 (Manuskript angenommen)

15.	Eichner, K.: Enossale Implantologie aus prothetischer Sicht. Dtsch. zahnärztl. Z. 28, 36 (1973)
16.	Eufinger, H., Kruse, D., Machtens, E., Heuser, L.: CAD/CAM-Rekonstruktion des zahnlosen Unterkiefers zur Herstellung individueller Augmentate. Dtsch Zahnärztl Z 49, 41-44 (1994) 1
17.	Fascenelli, F.W.: Maxillary sinus abnormalities, Arch Otolaryng (Chic.) 90, 190
18.	Fox, B.: Simplant - An interactive simulation program for dental implants. CSI Newsletter Vol. 2, 1992.
19.	Haa, R., Haimbock, W., Mailath, G., Watzek, G.: The relationship of smoking on periimplant tissue: a retrospective study. J Prosth Dent 76, 592 (1996)
20.	Jacobs, K.: Computer-Tomographie in der Implantologie, Grundlagen der CT-Technik. DGZI-intern, 5, 9/10 (1995)
21.	Jacobs, K., Loutrouki, F.: Implantationsplanung mit 3D-CT-Daten. ZWR 104, 4 (1995)
22.	Kopp, F.R.: Eine neue Röntgenaufnahmetechnik zur Lagebestimmung und standardisierten periodischen Kontrolle von Implantaten. Aus Strub/Gysi/Schärer: Schwerpunkte in der oralen Implantologie und Rekonstruktion. Quint. Verlag, Berlin 1983
23.	Lakos, G.: Neuartiges Ostometer - Münchner Modell. Z Zahnärztl Implantol VII, 268-270 (1991)
24.	Lass, H.D.: Histologische Untersuchung über die Lagebeziehung enossaler Implantate zum Canalis mandibularis. Zahnärztl Welt Reform 85, 264 (1976)
25.	Lüth, NN., persönliche Mitteilung über die rechnergestützte Herstellung der Dreidimensionalität aus zwei Zahnbildaufnahmen im Zusammenhang mit der Implantatnavigation (2002).
26.	Lukas, D., Seyfried, A.: Der räumliche Verlauf des Mandibularkanals - eine rechnergestützte trigonometrische Bildauswertung. Dtsch Zahnärztl Z 34, 227 (1979)
27.	Mann, W., Beck, Chl., Apostolidis, Th.: Liability of Ultrasound in Maxillary Sinus Disease. Arch Oto-Rhino-Laryngo 215, 67-74 (1977)
28.	Nentwig, G.H.: Präoperative Planung der Spätversorgung von Einzelzahnücken mit Implantaten. Dtsch Zahnärztl Z 38, 689 (1983)
29.	Perger, F.: Aus der Abwehrlage des Gesamtorganismus resultierende Risiken der Implantation. Zahnärztl Praxis 29, 58-61 (1978)
30.	Pröbster, L., Freesmeyer, W.B.: Das Fernröntgenseitenbild in der präimplantologischen Diagnostik. Z Zahnärztl Implantol V, 155-161 (1989)
31.	Schramm-Scherer, B., et al.: Spezielle praeimplantologische Diagnostik - eine Voraussetzung für den Langzeiterfolg und zur Vermeidung von Komplikationen. ZMK-Heute, 2 (1986)
32.	Schramm-Scherer, B., Behneke, N., Reiber, Th., Tetsch, P.: Röntgenologische Untersuchungen zur Belastung von Implantaten im zahnlosen Unterkiefer. Z Zahnärztl Implantol V, 185-190 (1989)
33.	Schulte, W.: SFB-Implantate-Symposium im November 1994, Stuttgart: Schwerpunktaussagen
34.	Seide, M., Sümnnig, W.: Zur sicheren Positionierung der Implantatpfeiler unter Berücksichtigung eines ausreichend dimensionierten Implantatlagers. Z Zahnärztl Implantol VIII, 185-187 (1992)
35.	Spörlein, E., Mrochen, N., Tetsch, P.: Entwicklung einer zweidimensionalen Schieblehre (Mainzer Modell). Z Zahnärztl Implantol 2, 277 (1986)
36.	Stockham, Ch., Goodenough, D.: Quantitative Computerized Tomography System U.S. Patent #5.068.788 to C.S.I.
37.	Zöller, J., Haßfeld, St., Schuhbeck, M.: Zahnärztliche Implantologie interaktiv, Diagnostik, Planung, Chirurgie, CD-ROM, 1999, Hüthig-Verlag