

Aus dem CharitéCentrum 3 für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
Abteilung für Oralchirurgie und zahnärztliche Röntgenologie
Leiter: Univ.-Prof. Dr. P. A. Reichart FDS RCS (Edin)

Habilitationsschrift

Risikoerkennung und -bewertung vor implantat-prothetischen Rehabilitationen

zur Erlangung der Lehrbefähigung für das Fach

Oralchirurgie

vorgelegt dem Fakultätsrat der Medizinischen Fakultät
Charité – Universitätsmedizin Berlin

von

Dr. med. Frank Peter Strietzel
geboren am 13.10.1960 in Berlin

Eingereicht: Februar 2008

Dekan: Univ.-Prof. Dr. med. M. Paul

Gutachter: 1. Univ.-Prof. Dr. Dr. T. Reichert
2. Univ.-Prof. Dr. A. Filippi

Meinen Eltern,
meiner Frau Silke
und meinen Kindern Johanna und Luise
in Liebe und Dankbarkeit.

Inhaltsverzeichnis

1.	Einführung.....	5
1.1.	Die Bedeutung enossaler Implantate in der Zahnmedizin.....	5
1.2.	Die Bewertung des Erfolges implantat-prothetischer Rehabilitationen.....	7
1.3.	Der Aufbau lokaler Alveolarfortsatzdefekte vor oder im Zusammenhang mit Implantationen.....	10
1.3.1.	Die gesteuerte Knochenregeneration.....	11
1.3.2.	Die Alveolarfortsatzextension.....	12
1.3.3.	Die Sinusbodenelevation und -augmentation.....	13
1.4.	Die Beratung und Aufklärung vor implantat-prothetischen Rehabilitationen.....	14
2.	Risikoerkennung und -bewertung vor implantat-prothetischen Rehabilitationen – Ergebnisse eigener Untersuchungen.....	16
2.1.	Zum Stellenwert der Aufklärung vor der implantat-prothetischen Rehabilitation – eine retrospektive Auswertung von medizinischen Sachverständigengutachten.....	16
2.2.	Ergebnisse von Untersuchungen zur Verweildauer von Implantaten – Identifizierung von prognosebeeinflussenden Faktoren im Rahmen implantat- prothetischer Rehabilitationen	25
2.2.1.	Der Einfluss topografischer und chirurgischer Parameter auf den Erfolg der implantat-prothetischen Rehabilitation – eine retrospektive Untersuchung.....	25
2.2.2.	Der Einfluss der Implantatlänge auf den Erfolg der implantat-prothetischen Rehabilitation – eine prospektive Untersuchung.....	35
2.2.3.	Rauchen beeinflusst die Prognose implantat-prothetischer Rehabilitationen – Ergebnisse einer systematischen Literaturübersicht und Meta-Analyse.....	47
3.	Einflussfaktoren und Risiken beim Aufbau lokaler Alveolarfort- satzdefekte vor oder im Zusammenhang mit Implantationen – Ergebnisse eigener Untersuchungen.....	71
3.1.	Risikofaktoren bei der gesteuerten Knochenregeneration.....	71
3.1.1.	Risiken und Komplikationen bei der gesteuerten Knochenregeneration.....	71
3.1.2.	Untersuchungen zum Gewebeverhalten in der Umgebung von Membranen bei der gesteuerten Knochenregeneration.....	77
3.2.	Klinische Untersuchungen zum Einfluss der Osteotomtechnik auf den periimplantären Knochenabbau unter Berücksichtigung der Knochenqualität..	91

3.3.	Prognoserelevante Faktoren und Risiken bei der Sinusbodenelevation und -augmentation.....	99
4.	Diskussion.....	114
4.1.	Zum Stellenwert der Aufklärung vor implantat-prothetischen Rehabilitationen.	114
4.2.	Ergebnisse von Untersuchungen zur Verweildauer von Implantaten – Identifizierung von prognosebeeinflussenden Faktoren im Rahmen implantat- prothetischer Rehabilitationen.....	116
4.3.	Risikofaktoren bei der gesteuerten Knochenregeneration.....	123
4.4.	Klinische Untersuchungen zum Einfluss der Osteotomtechnik auf den periimplantären Knochenabbau unter Berücksichtigung der Knochenqualität..	127
4.5.	Prognoserelevante Faktoren und Risiken bei der Sinusbodenelevation und -augmentation.....	130
5.	Zusammenfassung.....	134
6.	Abkürzungen.....	139
7.	Literaturverzeichnis.....	140
8.	Danksagung.....	163
9.	Erklärung.....	165
	Summary.....	166

1. Einführung

1.1. Die Bedeutung enossaler Implantate in der Zahnmedizin

Die Anwendung enossaler dentaler Implantate hat in den letzten 20 Jahren eine zunehmende Bedeutung im Rahmen der oralen Rehabilitation erlangt und ist ein wissenschaftlich anerkannter integraler Bestandteil der modernen Zahnmedizin (Richter 2005).

Während dentale enossale Implantate ursprünglich überwiegend zur Verankerung bzw. Verbesserung der Funktion von Totalprothesen bei für eine konventionelle prothetische Therapie schlechten anatomischen Ausgangsbedingungen eingesetzt wurden, dienten sie bald zunehmend auch der Verankerung von festsitzendem Zahnersatz zur Versorgung des zahnlosen Kiefers, der verkürzten oder unterbrochenen Zahnreihe sowie zum Einzelzahnersatz (Albrektsson & Sennerby 1991; Albrektsson & Zarb 1993; Albrektsson et al. 1986; Avivi-Arber & Zarb 1996; Lazzara et al. 1998; Palmer et al. 2000; Pjetursson et al. 2004; Roos et al. 1997; Strietzel et al. 2004; Strietzel & Reichart 2007; Zarb & Schmitt 1990). Darüber hinaus werden enossale Implantate auch in der Epithetik (Jacobsson et al. 1988; Neukam & Girod 1999; Schlegel et al. 2004) und in der Kieferorthopädie zur Verankerung bei orthodontischer Kraftapplikation (Costa et al. 1998; Favero et al. 2002; Tseng et al. 2006; Wehrbein et al. 1996) eingesetzt. Daher sind heute bei der Aufklärung des Patienten über die verschiedenen Möglichkeiten der prothetischen Rehabilitation nach Zahnverlust, vor der Rehabilitation von Kiefer- und Gesichtsdefekten mittels Epithesen, aber auch bei der Planung einer kieferorthopädischen Behandlung die Möglichkeiten des Einsatzes enossaler Implantate grundsätzlich mit einzubeziehen.

Obwohl die Vergleichbarkeit verschiedener klinischer Studien sowie die systematischer Literaturübersichtsarbeiten nach wie vor zurückhaltend bewertet werden muss, kann heute davon ausgegangen werden, dass die Prognose des implantatgetragenen Zahnersatzes unter Anwendung moderner Behandlungsverfahren zumindest der Prognose von herkömmlichem Zahnersatz ohne Verwendung enossaler Implantate entspricht – die Motivation und Fähigkeit des Patienten zur Mitarbeit im Rahmen der Erhaltungsmaßnahmen wie z. B. Mundhygieneverhalten, allgemeines Gesundheitsbewusstsein und Compliance vorausgesetzt. Als Beispiel seien hier die Verweilraten von implantatgetragenen festsitzenden Brücken mit 95,4 % nach 5 und 92,8 % nach 7 Jahren (Pjetursson et al. 2004) sowie die von konventionellen zahngetragenen festsitzenden Brücken mit 89,1 % nach 10 Jahren Beobachtungszeit genannt (Tan et al. 2004). Eine vergleichende systematische Literaturübersicht ergab für natürliche Zähne mit gesundem Parodontium eine Verweilrate von 99,5 % über 50 Jahre, für Zähne mit erkranktem, jedoch behandeltem Parodontium von

92 % und für Implantate nach 10 Jahren Beobachtungszeit zwischen 82 % und 94 % variierende Verweilraten (Pedersen et al. 2007).

Die Indikationsstellung zum Einsatz enossaler Implantate zur Verankerung bzw. Befestigung von Zahnersatz ergibt sich aus der prothetischen Therapieplanung, muss jedoch durch die Berücksichtigung von individuellen lokalen oder allgemeinen medizinischen Risikofaktoren einer kritischen Abwägung unterzogen werden. Obgleich eine systematische Literaturübersicht zur Frage des Einflusses allgemeinmedizinischer Risikofaktoren auf die Osseointegration bzw. den Erfolg von Implantaten eine Reihe von Risiken lediglich als potenzielle Einflussfaktoren aufzeigte, wurde festgestellt, dass tatsächlich nur wenige Studien zu dieser Problematik vorhanden sind – wird doch im Falle des Vorliegens potenzieller allgemeinmedizinischer Risiken von einer elektiven Behandlung zumeist Abstand genommen (Mombelli & Cionca 2006). Allgemeinmedizinische Risiken, die einen ambulanten oralchirurgischen Eingriff ausschließen, werden in der Regel auch als Kontraindikationen für Implantationen betrachtet (Graf 2000; Strietzel 2002). Dass neben allgemeinmedizinischen insbesondere auch psychologische Faktoren berücksichtigt werden müssen, zeigte eine Studie zum Einfluss persönlicher Charaktermerkmale auf die mundgesundheitsbezogene Zufriedenheit und Lebensqualität von teilbezahnten Patienten, die eine Implantatbehandlung wünschten: das Vorliegen psychischer Störungen war signifikant negativ mit der Patientenzufriedenheit korreliert (Hantash et al. 2006).

Im Mittelpunkt der therapeutischen Bemühungen bei implantat-prothetischen Rehabilitationen steht die Verbesserung der Lebensqualität der Patienten durch die Optimierung der Verankerung von Zahnersatz und damit der Optimierung von Funktion und Ästhetik. Untersuchungen zu den psychologischen Auswirkungen von implantatgestütztem Zahnersatz wurden überwiegend an Patienten durchgeführt, bei denen insbesondere im zahnlosen Unterkiefer der Halt von Totalprothesen durch Implantate verbessert wurde. Hier zeigte sich in einzelnen klinischen Studien (Allen & McMillan 2003; Stellingsma et al. 2003) und auch in einer systematischen Literaturübersicht (Thomason et al. 2007) eine höhere Zufriedenheit und eine signifikant erhöhte mundgesundheitsbezogene Lebensqualität der mit implantatgestützten Totalprothesen behandelten Patienten gegenüber denen, die mit konventionellen Totalprothesen im Unterkiefer behandelt wurden. Hierbei wurden von den Patienten bei Implantationen im stark atrophierten zahnlosen Kiefer die am wenigsten invasiven Behandlungsmethoden gegenüber aufwändigen augmentativen Verfahren favorisiert (Stellingsma et al. 2003).

Die Einbeziehung implantat-prothetischer Behandlungskonzepte in das zahnmedizinische Therapiespektrum vollzieht sich heute zunehmend im Spannungsfeld einerseits zwischen dem Wunsch des Patienten nach Erhöhung der Lebensqualität durch einen optimal gestalteten Zahnersatz, der hohen funktionellen und ästhetischen Anforderungen genügt,

und dem Streben des behandelnden Zahnarztes nach Erweiterung der Indikationsbereiche, um möglichst vielen Patienten eine implantat-prothetische Rehabilitation – auch unter a priori ungünstigen anatomischen Ausgangsbedingungen – zu ermöglichen und andererseits den damit verbundenen Risiken bzw. Komplikationsmöglichkeiten, die sowohl vom behandelnden Zahnarzt als auch vom Patienten bei der Entscheidung für oder gegen eine Therapiemöglichkeit berücksichtigt werden müssen.

1.2. Die Bewertung des Erfolges implantat-prothetischer Rehabilitationen

In der Medizin und Zahnmedizin kann eine Therapie als erfolgreich gewertet werden, wenn sie – auch über einen begrenzten Zeitraum – die subjektiven Beschwerden lindert bzw. heilt und die objektiven Befunde eines Patienten verbessert, ohne gleichzeitig bleibende Schäden zu setzen. Andererseits wird bei der Entscheidung über den einzuschlagenden therapeutischen Weg von den Zahnärzten und Patienten gleichermaßen die Frage über die Qualität und die Prognose des zu erwartenden Ergebnisses einer geplanten Therapie kritisch gestellt. Im Bereich der zahnärztlichen Implantologie stützt sich eine prognostische Aussage meist auf in der Fachliteratur publizierte oder von Implantatherstellern angegebene Erfolgs- oder Implantatüberlebens- bzw. -verweilraten, zudem fließen empirisch gewonnene Erkenntnisse aus der täglichen Arbeit des Behandlers in Aussagen zum Erfolg ein. Zur objektiven Erfolgsbewertung in der Implantologie bedarf es praktikabler definierter Kriterien und Parameter, deren Erhebung und statistische Auswertung bestimmten Standards folgen und das Behandlungsergebnis im gesamten zeitlichen Verlauf analysieren müssen (Albrektsson et al. 1986; Buser et al. 1990; Jahn & d'Hoedt 1992; Kerschbaum & Haastert 1995).

Ogleich der Implantatverlust ein eher grobes Bewertungskriterium darstellt, ist er das eindeutige finale und zeitlich präzise festzulegende Ereignis, das Vorschlägen zur Bewertung des Erfolges von Implantaten in der Regel gemeinsam ist (Albrektsson & Isidor 1993; Jahn & d'Hoedt 1992; Misch 1998; Roos et al. 1997).

Weitere Kriterien ermöglichen eine Unterscheidung zwischen dem Verweilen eines Implantats in situ und der Qualität und Funktion dieses Überlebens bzw. Verweilens des Implantats zur Beurteilung des Erfolges der Behandlung. Die Osseointegration eines Implantats als direkte strukturelle und funktionelle Verbindung zwischen dem lebenden Knochengewebe und der Oberfläche eines belasteten Implantats (Albrektsson et al. 1981; Brånemark 1985) ist per definitionem lediglich histologisch überprüfbar. Als klinischer Parameter mit einer sehr engen Korrelation zu einer bestehenden Osseointegration bzw. als indirekter Indikator der Osseointegration wird in erster Linie der Ausschluss der Implantatimmobilität angesehen (Albrektsson & Isidor 1993; Albrektsson & Sennerby 1991;

Albrektsson et al. 1986; Cochran et al. 1998; Jahn & d'Hoedt 1992; Roos et al. 1997). Im Kontext mit der Erhebung des klinischen Befundes ist der Röntgendiagnostik des periimplantären Hartgewebes eine erhebliche Bedeutung als Prädiktor für das Bestehen oder den Ausschluss einer Osseointegration beizumessen. Dabei wird neben dem Ausschluss periimplantärer Transluzenzen der Knochenabbau mesial und distal am Implantat dargestellt und beurteilt (Albrektsson & Isidor 1993; Albrektsson et al. 1986; Behneke & Behneke 1999 und 2000; Dietrich & Wagner 1992; Jahn & d'Hoedt 1992; Roos et al. 1997).

Außerdem werden zur Erfolgsbewertung von implantat-prothetischen Rehabilitationen der Zustand der periimplantären Mukosa zum Ausschluss von periimplantären Entzündungssymptomen sowie der Ausschluss von Schmerzen, Mißempfindungen, Sensibilitätsstörungen (Albrektsson & Isidor 1993; Albrektsson et al. 1986; Jahn & d'Hoedt 1992; Misch 1998; Roos et al. 1997) und die subjektive Beurteilung des Behandlungsergebnisses durch den Patienten (Avivi-Arber & Zarb 1996; Jahn & d'Hoedt 1992; Roos et al. 1997) beurteilt. Darüber hinaus wird ein Abweichen vom Behandlungsplan aufgrund von Komplikationen von Roos et al. (1997) zusätzlich als Misserfolgskriterium aufgestellt.

Die Praktikabilität der einzelnen Bewertungskriterien ist jedoch im individuellen Falle eingeschränkt. So setzt der Ausschluss einer Implantatlockerung die Untersuchung der einzelnen, nicht durch eine prothetische Suprakonstruktion verbundenen Implantate voraus. Die Entfernung der Suprakonstruktion jedoch gestaltet sich teilweise invasiv und könnte bei zementierten implantatfixierten prothetischen Therapiemitteln unter Umständen zu deren Zerstörung führen. Zudem ist eine Vergleichbarkeit der unterschiedlichen Verfahren nicht gegeben: So exponierte zum Beispiel Misch (1998) die Implantatpfosten mit vertikalen und horizontalen Kräften durch Perkussion mit zahnärztlichen Instrumenten, D'Hoedt et al. (1988) und Tricio et al. (1995) verwendeten das Periotestgerät, Sjöström et al. (2007) und Türkyilmaz (2006) die Resonanzfrequenzanalyse. Angesichts der bislang existierenden unterschiedlichen Methoden zur Bewertung der Implantatstabilität und dem Fehlen einheitlicher Schwellenwerte für die Entscheidung über einen Implantaterfolg oder -misserfolg bzw. für Aussagen zur Prognose – insbesondere bei den quantitativen Verfahren – kann der Ausschluss einer Implantatmobilität nur im Kontext mit begleitenden Befunden wie z. B. dem Röntgenbefund oder der vorliegenden klinischen Symptomatik interpretiert werden (Atsumi et al. 2007).

Der Bewertungsmaßstab zur subjektiven Beurteilung des Behandlungserfolges durch den Patienten differiert z. B. zwischen der subjektiven Beschwerdefreiheit des Patienten (Frankfurter Konsensuskonferenz 1991), der Bewertung nach dem deutschen Schulnotensystem (Jahn & d'Hoedt 1992) oder alternativen numerischen Codierungen (Kaptein et al. 1998). Die Ergebnisse der Befragung des Patienten hinsichtlich der subjektiven Einschätzung sollten kritisch betrachtet werden, insbesondere dann, wenn

Befrager und Behandler identisch sind. Patienten antworten eher so, wie es ihrer Meinung nach vom Behandler erwartet wird. Eine negative Einstellung zum Behandlungsergebnis kann zudem durch das soziale Umfeld des Patienten bedingt sein (Günay et al. 1991). Die Ergebnisse der Röntgenuntersuchungen sind grundsätzlich im Kontext mit den klinischen Untersuchungsergebnissen zu bewerten: Keinesfalls wird allein durch eine Röntgenaufnahme der Verlust oder Erhalt der Osseointegration sicher demonstriert (Albrektsson & Isidor 1993; Roos et al. 1997). Allerdings wird durch die alleinige radiologische Bewertung von Implantaten, die als Verlust einzustufen sind, eine Vorhersagbarkeit von 83 % angegeben (Gröndahl & Lekholm 1997). Für die Bewertung des periimplantären Knochenabbaus werden unterschiedliche Kriterien – abhängig vom Design des verwendeten Implantatyps – angegeben: Für Schraubenimplantate des Brånemark-Typs sollte der vertikale Knochenverlust jährlich 0,2 mm nicht übersteigen und im ersten Jahr der Funktion des Implantats unter 1 mm liegen (Albrektsson & Isidor 1993; Albrektsson et al. 1986; Roos et al. 1997). Jahn & d`Hoedt (1992) führten das Kriterium ein, dass der anguläre Knochendefekt nicht mehr als 3/10 des konstruktiv enossalen Teils des Implantats betragen dürfe, um so unabhängig vom Implantattyp eine Beurteilung des Knochenabbaus vornehmen zu können.

Die den unterschiedlichen Kriterienkatalogen zur Bewertung des Erfolges einer implantatprothetischen Rehabilitation gemeinsamen und nicht invasiv zu erhebenden Parameter zur Feststellung eines Misserfolges sind das Auftreten von Schmerz und Implantatmobilität. Ist eines dieser Merkmale präsent, gilt das Implantat als kompromittiert, die Behandlung ist – nach Erhebung zusätzlicher Befunde, die mit dieser Symptomatik korrelieren – als Misserfolg einzustufen und es sind die erforderlichen therapeutischen Maßnahmen einzuleiten.

Ein weiterer wichtiger Bestandteil der Bewertungskriterien für den Erfolg einer Behandlung ist die Betrachtung der Qualität des Behandlungsergebnisses im Verlaufe der Zeit. Liegen große und nach einheitlichen Kriterien erhobene Datenmengen über einen längeren Zeitraum vor, lassen sich in gewissen, durch den Beobachtungszeitraum festgelegten Grenzen prognostische Aussagen zum Erfolg der Behandlung treffen.

Dabei wird durch die Berechnung einer sogenannten „naiven Erfolgsrate“ unter Einbeziehung aller Implantate, die als Misserfolg bewertet und in Bezug auf die Gesamtzahl der gesetzten Implantate betrachtet wurden, das Risiko eines Misserfolges unzureichend bewertet, da weder der genaue Zeitpunkt des jeweiligen Implantatmisserfolges noch die Art des Misserfolges genauer definiert wird. Bei Anwendung der Überlebensanalyse nach Kaplan & Meier (1958) auf die Untersuchung von enossalen dentalen Implantaten wird für jeden Zeitpunkt der Verlaufsbeobachtung eine geschätzte Verweilwahrscheinlichkeit der Implantate angegeben und jeweils der konkrete Zeitpunkt des Auftretens einer bestimmten Ausprägungsqualität eines in der Überlebensanalyse auch als Zielereignis bezeichneten

Bewertungskriteriums berücksichtigt (Kerschbaum & Haastert 1995). Überdies ist bei der Datenerhebung und -analyse auch das Schicksal der aus der Beobachtung ausgeschiedenen Implantate bzw. Patienten zu berücksichtigen. Roos et al. (1997) empfehlen daher, auch die Qualität der Datenerhebung in die Erfolgsbewertung von Implantaten mit einzubeziehen: es sollten nicht mehr als 20 % der einbezogenen Implantate als „ungeklärt“ gewertet werden.

Untersuchungen zur Verweildauer von Implantaten mit Hilfe von Life-Table- bzw. Überlebensanalysen haben sich mittlerweile in den statistischen Auswertungen klinischer Studien – auch über längere Zeiträume – zur Prognoseabschätzung von Implantaten etabliert und finden auch zunehmend Berücksichtigung in systematischen Literaturübersichtsarbeiten und Meta-Analysen, um die Sicherheit der Therapie und die damit im Zusammenhang stehenden notwendigen Rahmenbedingungen festzustellen. Hierbei stützt man sich einerseits auf die rationelle und möglichst nicht-invasive Erhebung von Parametern mit bekannter Prädiktorfunktion (Jahn & d’Hoedt 1992; Lill et al. 1993; Misch 1993a). Andererseits sind insbesondere in Longitudinalstudien zusätzliche Informationen und Daten zu erheben, um bis dahin nicht bekannte oder nicht beachtete prognosebeeinflussende oder Risikofaktoren zu identifizieren.

1.3. Der Aufbau lokaler Alveolarfortsatzdefekte vor oder im Zusammenhang mit Implantationen

Die Behandlung des partiell oder total zahnlosen Ober- oder Unterkiefers mit enossalen Implantaten zur Verankerung von Zahnersatz hat sich als wissenschaftlich anerkannte und bewährte Therapiemethode in der modernen Zahnmedizin etabliert und ist auch unter Bedingungen möglich, bei denen das für eine Implantation zur Verfügung stehende Knochenangebot bzw. die anatomischen Voraussetzungen in Bezug auf die Knochenqualität und auch -quantität zunächst eingeschränkt sind. Ursachen für diese Limitierungen sind zum Beispiel ein länger zurückliegender Zahnverlust mit nachfolgender lokaler Alveolarfortsatzatrophie, ein traumatischer oder Zahnverlust nach vorausgegangener Erkrankung des Parodonts mit nachfolgender Defektbildung.

Maßnahmen zum Aufbau lokaler Alveolarfortsatzdefekte haben das Einsatzspektrum enossaler Implantate wesentlich erweitert. Insbesondere die Verbesserung des Knochenangebots am geplanten Implantationsort durch die gesteuerte Knochenregeneration mit Hilfe von Barrieremembranen, die Verbreiterung des Alveolarfortsatzes durch sagittale Spaltung und Aufdehnung (Knochenspaltung bzw. -spreizung) bzw. Verdichtung spongiöser Knochenstrukturen durch Knochenkondensation sowie der Einsatz von Knochenersatzmaterialien oder autogenem Knochen am Boden der Kieferhöhle zur

Verbesserung des vertikalen Knochenangebots in zahnlosen Abschnitten des posterioren Oberkiefers haben sich als operative Verfahren im Zusammenhang mit dem Einsatz enossaler Implantate klinisch etabliert.

Im Vorfeld einer Therapieplanung, die eine oder mehrere dieser die Indikation des Einsatzes von enossalen Implantaten erweiternden Maßnahmen einbezieht, ist eine ausführliche Anamneseerhebung und Diagnostik unabdingbar – einerseits, um neben den therapeutischen Möglichkeiten auch die individuellen Risiken abzuschätzen, die sich aus diesen zusätzlichen operativen Maßnahmen ergeben können, andererseits zur Abschätzung der Prognose und kritischen Wertung im Vergleich zu alternativen Therapieverfahren, um somit nicht zuletzt auch die Aufklärung des Patienten vor Beginn der Therapie über deren potenzielle Möglichkeiten, Grenzen und auch Risiken umfassend durchführen zu können.

1.3.1. Die gesteuerte Knochenregeneration

Mit Hilfe der gesteuerten Knochenregeneration (GBR) wird die Augmentation von infolge einer entzündlichen Erkrankung, eines Traumas oder der lokalen Atrophie entstandenen Defekten des Alveolarfortsatzes durch eine selektive Repopulation mit Knochen angestrebt. Dabei wird die Besiedelung eines Knochendefektes mit rasch proliferierenden Bindegewebszellen durch die Abdeckung mit einer Barrieremembran verhindert und gleichermaßen die knöcherne Regeneration des Defektes ermöglicht (Becker et al. 1994; Chiapasco et al. 1999; Dahlin et al. 1991; Dahlin et al. 1995; Jovanovic et al. 1992; Schliephake 2005; Zitzmann et al. 2001).

In Abhängigkeit von der Defektgröße und -konfiguration werden osteokonduktive Füll- bzw. Stützmaterialien im Zusammenhang mit der Anwendung von Barrieremembranen verwendet (Buser et al. 1992; Buser et al. 1996; Carpio et al. 2000; Friedmann et al. 2002). Durch den Einsatz der GBR bei der Behandlung lokaler Alveolarfortsatzdefekte kann die für eine Implantation erforderliche Alveolarfortsatzdimension wiederhergestellt und somit eine den prothetischen Anforderungen gerechte Implantatdimensionierung und -positionierung ermöglicht werden (Garber & Belser 1995).

Expandiertes Polytetrafluorethylen (ePTFE) etablierte sich in Form einer semipermeablen, porösen, nichtresorbierbaren Membran als vielfach untersuchtes Standardmaterial für die GBR, welches zudem als Referenzmaterial bei vergleichenden Untersuchungen mit anderen Barrieremembranen in Tierexperimenten (Aaboe et al. 1998; Donos et al. 2002; Fiorellini et al. 1998; Schliephake et al. 2000; Wiltfang et al. 1998), aber auch in zahlreichen klinischen Studien Anwendung fand (Becker et al. 1994; Buser et al. 1992; Carpio et al. 2000; Dahlin et al. 1995; Dies et al. 1996; Friedmann et al. 2002).

In systematischen Literaturübersichtsarbeiten bzw. Meta-Analysen konnte gezeigt werden, dass die Verweilraten von Implantaten, die im Rahmen klinischer Studien im Zusammenhang mit GBR-Maßnahmen eingesetzt wurden, bei über 90 % (Hämmerle et al. 2002), 95,5 % (Aghaloo & Moy 2007), 95,8 % (Fiorellini & Nevins 2003) bis zu 98 % (Chiapasco et al. 2006) lagen und damit denen von Implantaten, die ohne GBR im ortsständigen Knochen eingesetzt werden konnten, ähnlich sind (Hämmerle et al. 2002).

Gleichwohl ist vor einer Behandlung mittels GBR im Zusammenhang mit oder in Vorbereitung einer Implantation bei a priori bestehenden Alveolarfortsatzdefekten eine kritische Abwägung der angestrebten Ergebnisse bzw. Möglichkeiten dieser Behandlung gegen mögliche Komplikationen und deren Konsequenzen unter Berücksichtigung bestehender Risikofaktoren vorzunehmen. Hierzu ist es erforderlich, diese Risikofaktoren zu identifizieren.

1.3.2. Die Alveolarfortsatzextension

Implantationen werden gelegentlich durch Vorliegen eines schmalen Alveolarfortsatzes erschwert oder sind a priori nicht möglich. Zur Wiederherstellung von für eine Implantation günstigen Alveolarfortsatzkonfigurationen bieten sich neben einer Defektregeneration mittels GBR auch Maßnahmen der Alveolarkammextension an. Hierbei wird der Processus alveolaris am vorgesehenen Implantationsort segmental mittels Spreizung (Nentwig 1996, Renner et al. 1996) oder Spaltung (Engelke et al. 1997) oder unmittelbar am geplanten Implantationsort unter Dehnung und Verdichtung des Knochens durch nicht-ablative Präparation des Implantatbetts (Summers 1994a,b) in vestibulo-oraler Richtung verbreitert. Bei dieser letztgenannten als Osteotomtechnik bezeichneten Methode werden nach einer initialen Pilotbohrung leicht konisch gestaltete Osteotome in diese Bohrung eingebracht, vorsichtig axial in die gewünschte Implantationstiefe vorgetrieben und dort für wenige Minuten belassen, um eine Dehnung des Alveolarfortsatzes zu erreichen. Anschließend wird dieser Vorgang mit dem Osteotom mit dem nächstgrößeren Durchmesser wiederholt und in dieser Weise fortgeföhren, bis die gewünschte Präparationstiefe und der für das Implantat passende Durchmesser der Knochenkavität erreicht sind. Anschließend wird das Implantat eingesetzt.

Die Zahl der bislang zur Alveolarfortsatzextension mittels Osteotomtechnik publizierten klinischen Untersuchungen ist gering. Summers (1994a) zeigte eine Implantatverlustrate von 3,5 %, de Wijs & Cune (1997) publizierten über 3 % Implantatverluste im Verlauf der Einheilungsphase und eine kumulative Implantatverweilrate von 93,6 % nach 4 Jahren. Eine Meta-Analyse unter Einbeziehung von 5 klinischen Studien ergab eine Verweilwahrscheinlichkeit der mittels Osteotomtechnik eingesetzten Implantate von 98 %

nach 56 Monaten Belastung (Shalabi et al. 2007). Damit zeigten Implantate, deren Insertionsort durch Osteotomtechnik (non-ablativ) aufbereitet wurde, eine den mittels konventioneller (ablativer) Präparationstechnik des Implantatbetts eingesetzten Implantaten vergleichbare Verweilwahrscheinlichkeit. Eine stratifizierte Auswertung der Implantatverweilrate als Indikator des Behandlungserfolges unter Berücksichtigung der Knochenqualität der Implantationsorte fand bei de Wijs & Cune (1997) und auch bei Shalabi et al. (2007) keine Berücksichtigung.

Da jedoch zu erwarten ist, dass der Einsatz der Osteotomtechnik zumindest zeitweilig zu einer Veränderung der Knochenstruktur in der unmittelbaren Umgebung des Implantatbetts führt, sollten durch Untersuchungen zur Verweildauer von Implantaten bzw. zu prognosebeeinflussenden Faktoren im Zusammenhang mit der Osteotomtechnik unter Berücksichtigung der Knochenqualität gegebenenfalls Indikationsempfehlungen zum Einsatz dieses Verfahrens erarbeitet werden.

1.3.3. Die Sinusbodenelevation und -augmentation

Zahnlose posteriore Abschnitte des Oberkieferalveolarfortsatzes bieten in Abhängigkeit vom Ausmaß der bereits eingetretenen Atrophie und der Pneumatisierung des Sinus maxillaris in der Regel ein vertikal und meist auch horizontal eingeschränkt dimensioniertes Knochenlager zur Aufnahme enossaler Implantate. Zur Überwindung dieser anatomischen Limitierung und der Eröffnung von Möglichkeiten der Implantation auch in diesen Bereichen wurden von Boyne & James (1980) und von Tatum (1986) operative Methoden beschrieben, die das Knochenangebot für Implantationen im posterioren Oberkieferabschnitt durch augmentative Verfahren am Boden des Sinus maxillaris verbessern. Diese Methoden wurden später modifiziert, sind in der Regel jedoch auf die von Tatum weiterentwickelte Methode über einen lateralen Zugang zum Sinus maxillaris zurückzuführen (Smiler et al. 1992). Sie basieren darauf, durch die lokale Augmentation am Boden der Kieferhöhle mit autogenem Knochen oder Knochenersatzmaterialien oder einer Kombination aus beidem das Knochenangebot im Rahmen oder vor dem Einsatz enossaler Implantate quantitativ zu verbessern. Die operative Methode wird als Sinusbodenelevation und -augmentation (SBEA) bezeichnet. Sie geht über eine Implantation bei ausreichendem quantitativen und qualitativen Knochenangebot hinaus, indem sie ein dem Alveolarfortsatz angrenzendes Gebiet – den Sinus maxillaris – mit einbezieht. Es erscheint daher – insbesondere unter dem Aspekt, dass es sich hierbei um eine elektive Behandlungsmaßnahme handelt – notwendig, die Indikationen für diesen Eingriff besonders kritisch zu stellen und dies bei der präoperativen Anamneseerhebung und Diagnostik sowie der Aufklärung des Patienten unter Beachtung prognoserelevanter und Risikofaktoren zu berücksichtigen.

1.4. Die Beratung und Aufklärung vor implantat-prothetischen Rehabilitationen

Um einen Zustand vollständigen physischen, mentalen und sozialen Wohls zu erreichen, muss das Individuum in der Lage sein, diesbezügliche Bedürfnisse zu identifizieren, zu realisieren, zu befriedigen und mit der Umgebung auszutauschen (WHO 1986). Dabei entspricht die Gesundheitsförderung einem Prozess, bei dem allen Menschen ein hohes Maß an Selbstbestimmung über ihre Gesundheit mit dem Ziel ermöglicht werden soll, sie somit zur Stärkung ihrer Gesundheit zu befähigen. Medizinische Betreuung, Pflege, Rehabilitation und Gesundheitsförderung sind Prozesse, die sich über die partnerschaftliche Gestaltung entwicklungsfördernder Situationen nachvollziehen (Beyer 1997). Gesundheitsbildung, Gesundheitsberatung und Gesundheitsaufklärung sind methodische Handlungsmuster zur Förderung der Gesundheit von Menschen in diesem Sinne. Diejenigen, die medizinische Betreuung, Pflege, Rehabilitation und Gesundheitsförderung als Gesundheitsdienstleistungen empfangen, nehmen heute immer mehr als Experten ihrer eigenen Gesundheit (oder Krankheit), als Partner der Ärzte, Zahnärzte oder Pflegekräfte an der Gestaltung und Bewältigung von Situationen der Gesundheitsarbeit teil. Damit wandelt sich das ehemals bestehende Verhältnis zwischen Patienten und Ärzten, Zahnärzten, Pflegekräften oder zahnmedizinischen Fachangestellten von einem Betreut-Werden oder Akzeptieren-Müssen einer vorgeschlagenen Behandlungsmöglichkeit um in beratende Förderung und Hilfe.

Übertragen auf die Situation in der Zahnmedizin bedeutet dies, dass zum Beispiel Patienten nach Zahnverlust, besser jedoch schon im Vorfeld einer notwendigen Zahnentfernung über die Möglichkeiten der prothetischen Versorgung unter Berücksichtigung verschiedener Alternativen beraten werden sollten. Dabei sind schon bei der ersten Beratung neben den prinzipiellen Möglichkeiten der Rehabilitation (Gesundheitsförderung) auch die erforderlichen Maßnahmen der Gesundheitserhaltung (z. B. Aufklärung über die Notwendigkeit von Prophylaxemaßnahmen, um eine möglichst langfristige positive Prognose des erreichten Behandlungsergebnisses zu erreichen) zu berücksichtigen. Die implantat-prothetische Rehabilitation als eine von verschiedenen Behandlungsmöglichkeiten hat dabei einen elektiven Charakter. Die gründliche und stufenweise Aufklärung des Patienten vor dem Beginn der Behandlung nimmt daher einen sehr hohen Stellenwert ein.

Darüber hinaus wird der interdisziplinäre Charakter der Maßnahmen zur implantat-prothetischen Rehabilitation und der Maßnahmen zur Unterstützung und Sicherung eines langfristigen Therapieerfolges durch die Mitarbeit des Patienten auf Basis seiner Kenntnis um die Notwendigkeit ergänzt, seinerseits die Maßnahmen zur Sicherung des Therapieerfolges als Partner im Behandlungsprozess zu unterstützen.

Die dazu notwendige Compliance erarbeitet sich der Patient durch eine ausführliche Information und Aufklärung über die Notwendigkeit, den voraussichtlichen Verlauf, die Möglichkeiten und Grenzen, Risiken und Komplikationsmöglichkeiten, die sich daraus ergebenden Konsequenzen, die Alternativen zur geplanten Behandlung und die notwendigen Maßnahmen der Erhaltung des Therapieerfolges. In jedem einzelnen Stadium der Behandlung ist das Einverständnis auf Basis ausführlicher Aufklärung des Patienten Voraussetzung für seine Mitarbeit (Jameson 1995).

Vor dem Beginn der implantat-prothetischen Rehabilitation, jedoch auch in jedem Stadium der Behandlung sind demzufolge der Patient und der Arzt bzw. Zahnarzt in einer ergebnisoffenen Entscheidungssituation gefordert, die zu den weiteren Therapieschritten notwendige Compliance zu erarbeiten. Die Motivation und Instruktion zur Durchführung von Maßnahmen zur Stabilisierung des Therapieerfolges verbessern die Fähigkeit des Patienten zur Mitarbeit (Lord 1995). Dies wiederum hat einen positiven Effekt auf den weiteren Verlauf der Therapie und den Erhalt des Therapieergebnisses (McEwen et al. 1995) und die Identifikation des Patienten mit seiner Therapie: Auf Basis beiderseitiger Zusammenarbeit zwischen Arzt bzw. Zahnarzt und Patient wird ein vertrauensvolles Verhältnis zueinander aufgebaut, das dazu beiträgt, dass die Patienten wesentlich schneller gesunden, postoperativ weniger Schmerzen haben und sich die Compliance erhöht (Church et al. 1980). Ist der Patient mit dem Ergebnis der Behandlung unzufrieden – ob zum Beispiel aus unzureichender Kenntnis über den Behandlungsablauf oder über Komplikationsmöglichkeiten, aber auch auf Grund überzogener Erwartungen, auf die im Rahmen der Beratung und Aufklärung vor der Behandlung nicht eingegangen wurde – fehlt die notwendige Bereitschaft zur Mitarbeit im Rahmen der Sicherung des Behandlungserfolges (Kaptein et al. 1998). Damit ist der Verlauf der Therapie bzw. die Prognose des erreichten Therapieergebnisses ungünstig. Dass Unzufriedenheit mit dem Behandlungsverlauf oder dem Behandlungsergebnis auch zu juristischen Auseinandersetzungen zwischen Patient und behandelndem Arzt oder Zahnarzt führen kann, liegt häufig auch an einer unzureichenden Aufklärung vor Beginn der Behandlung (Strietzel 2000).

Die im Folgenden dargestellten Untersuchungen zur Verweildauer von Implantaten unter Berücksichtigung verschiedener Einflussfaktoren und zu verschiedenen Methoden des Aufbaus lokaler Alveolarfortsatzdefekte vor oder im Zusammenhang mit Implantationen erfolgten mit dem Ziel, Risiken vor implantat-prothetischen Rehabilitationen zu erkennen, um sie bei der Indikationsstellung und Therapieplanung sowie bei der Aufklärung des Patienten vor Beginn der Therapie berücksichtigen zu können.

2. Risikoerkennung und -bewertung vor implantatprothetischen Rehabilitationen – Ergebnisse eigener Untersuchungen

2.1. Zum Stellenwert der Aufklärung vor der implantat-prothetischen Rehabilitation – eine retrospektive Auswertung von medizinischen Sachverständigengutachten

Strietzel FP: Patient's informed consent prior to implant-prosthetic treatment: a retrospective analysis of expert opinions. Int J Oral Maxillofac Implants 2003; 18: 433-439.

Implantat-prothetische Rehabilitationen erfordern als elektive Behandlungsmaßnahmen neben einer strengen Indikationsstellung eine stufenweise ausführliche Aufklärung des Patienten über die Ziele, die zu erwartenden Ergebnisse, aber auch über die Risiken und möglichen Komplikationen der geplanten Behandlung. Dies erfordert die Berücksichtigung individueller Besonderheiten und anatomischer Gegebenheiten sowie der bislang bekannten und im konkreten Fall relevanten Risikofaktoren.

Das Ziel einer retrospektiven Analyse von Sachverständigengutachten zum Sachgebiet Implantologie war es, Anhaltspunkte zur Optimierung der Aufklärung und Information der Patienten vor implantat-prothetischen Rehabilitationen aufzudecken, aber auch den Stellenwert der Information und Aufklärung im Verlaufe der Therapie – insbesondere beim Auftreten von Komplikationen – zu bestimmen. 28 Gutachten zum Sachgebiet Implantologie wurden in die Untersuchung einbezogen, die zur Feststellung bzw. zum Ausschluss von Planungs-, Diagnose-, Behandlungsfehlern sowie Aufklärungsmängeln zwischen 1996 und 2001 angefertigt wurden. Kriterien wie Implantatverluste oder -fehlpositionierungen oder die Verletzung implantatbenachbarter anatomischer Strukturen wurden neben weiteren Details von Behandlungsvorbereitung oder -verlauf numerisch codiert und deren Häufigkeitsverteilungen einer statistischen Analyse unterzogen.

Die meisten Fehler, die auch später Konsequenzen für Behandlungsverlauf und -ergebnis hatten, wurden schon bei der Vorbereitung der Behandlung begangen: in 64 % der begutachteten Behandlungsverläufe fand keine oder eine unzureichende Vorbehandlung zur Optimierung der Mundhygiene bzw. keine prothetische Vorbehandlung statt. Signifikante Zusammenhänge wurden zwischen Fehlern bei der Diagnostik und der Schädigung benachbarter anatomischer Strukturen ($0,004 < p < 0,0005$) sowie zwischen dem Rauchen und einem schlechten Mundhygienestatus ($p = 0,006$) gefunden. 75 % der ausgewerteten Gutachten offenbarten allgemeine Aufklärungsmängel, die vorrangig bestehende Risiken, die Behandlungskosten und Therapiealternativen betrafen. Ein signifikanter Zusammenhang wurde zudem zwischen einer mangelhaften präimplantologischen Aufklärung und der nicht

erfolgten oder mangelhaften Aufklärung über während der Behandlung eingetretene Komplikationen festgestellt ($p = 0,0005$).

Die Untersuchung ergab, dass die Aufklärung der Patienten vor Beginn der implantat-prothetischen Therapie, aber auch die Kommunikation im Verlaufe der Behandlung – insbesondere bei aufgetretenen Komplikationen – der Optimierung bedarf.

Strietzel FP: Patient's informed consent prior to implant-prosthetic treatment: a retrospective analysis of expert opinions. Int J Oral Maxillofac Implants 2003; 18: 433-439.

Strietzel FP: Patient's informed consent prior to implant-prosthetic treatment: a retrospective analysis of expert opinions. Int J Oral Maxillofac Implants 2003; 18: 433-439.

Strietzel FP: Patient's informed consent prior to implant-prosthetic treatment: a retrospective analysis of expert opinions. Int J Oral Maxillofac Implants 2003; 18: 433-439.

Strietzel FP: Patient's informed consent prior to implant-prosthetic treatment: a retrospective analysis of expert opinions. Int J Oral Maxillofac Implants 2003; 18: 433-439.

Strietzel FP: Patient's informed consent prior to implant-prosthetic treatment: a retrospective analysis of expert opinions. Int J Oral Maxillofac Implants 2003; 18: 433-439.

Strietzel FP: Patient's informed consent prior to implant-prosthetic treatment: a retrospective analysis of expert opinions. Int J Oral Maxillofac Implants 2003; 18: 433-439.

Strietzel FP: Patient's informed consent prior to implant-prosthetic treatment: a retrospective analysis of expert opinions. Int J Oral Maxillofac Implants 2003; 18: 433-439.

2.2. Ergebnisse von Untersuchungen zur Verweildauer von Implantaten – Identifizierung von prognosebeeinflussenden Faktoren im Rahmen implantat-prothetischer Rehabilitationen

2.2.1. Der Einfluss topografischer und chirurgischer Parameter auf den Erfolg der implantat-prothetischen Rehabilitation – eine retrospektive Untersuchung

Strietzel FP, Lange K-P, Švegar M, Hartmann H-J, KÜchler I: Retrospective evaluation of the success of oral rehabilitation using the Frialit-2[®] implant system. Part 1: influence of topographic and surgical parameters. Int J Prosthodont 2004; 17: 187-194.

In einer Untersuchung zu Verlauf und Ergebnissen der implantat-prothetischen Rehabilitation unter Verwendung eines Stufenschrauben- bzw. Stufenzylinderimplantatsystems wurden die Daten zur Bewertung verschiedener Erfolgskriterien unter Bezugnahme auf die anatomische Ausgangssituation und chirurgische sowie implantatspezifische Parameter ausgewertet. Der Schwerpunkt der Untersuchungen wurde auf den Einfluss der Implantationsregion und des Auftretens von Komplikationen gelegt. Retrospektiv wurden die Daten aus zwei Behandlungszentren zum Behandlungsverlauf von 504 Patienten, die zwischen Mai 1990 und Mai 2001 mit insgesamt 1554 Implantaten behandelt wurden, analysiert. Die mittlere Beobachtungsdauer betrug 6,2 Jahre, die maximale 134 Monate. Die statistischen Untersuchungen erfolgten zum Ausschluss kumulativer individueller Effekte sowohl an allen Implantaten als auch an einem pro Patient randomisiert ermittelten Implantat (Herrmann et al. 1999 und 2003).

Die Verweilrate aller Implantate betrug 94,8 %. Die Verweilrate der Implantate im Oberkiefer betrug nach 68 Monaten Beobachtungszeit unverändert 92,6 %, die der Implantate im Unterkiefer betrug nach 76 Monaten Beobachtungszeit unverändert 96,7 %. Mittels Kaplan-Meier-Analyse konnten der Oberkiefer, das Auftreten von Komplikationen sowie die Implantationsregion als statistisch signifikante Einflussfaktoren für die Implantatverweilrate identifiziert werden. Die multivariate Cox-Regression ergab zudem, dass das Geschlecht (Frauen hatten ein signifikant 1,7 bzw. 3,5 fach höheres Implantatverlustrisiko im Vergleich zu Männern), das Auftreten intra- und postoperativer Komplikationen (3,4 bzw. 4,8 fach erhöhtes Implantatverlustrisiko) sowie der Kiefer, in den implantiert wurde (Risiko des Implantatverlustes im Oberkiefer 2,1 fach höher als im Unterkiefer unter Berücksichtigung aller Implantate), das Risiko eines Implantatverlustes signifikant beeinflussten. Ein statistisch signifikanter Zusammenhang bestand zudem zwischen einem Implantatverlust und einem sich bereits bei der Freilegungsoperation der Implantate zeigenden vertikalen Knochenabbau am Implantat.

Die Ergebnisse der Untersuchung zeigten, dass die Verweilrate der Implantate durch das Geschlecht, den Implantationsort und das Auftreten von Komplikationen beeinflusst wird.

Strietzel FP, Lange K-P, Švegar M, Hartmann H-J, Küchler I: Retrospective evaluation of the success of oral rehabilitation using the Frialit-2[®] implant system. Part 1: influence of topographic and surgical parameters. Int J Prosthodont 2004; 17: 187-194.

Strietzel FP, Lange K-P, Švegar M, Hartmann H-J, Küchler I: Retrospective evaluation of the success of oral rehabilitation using the Frialit-2[®] implant system. Part 1: influence of topographic and surgical parameters. Int J Prosthodont 2004; 17: 187-194.

Strietzel FP, Lange K-P, Švegar M, Hartmann H-J, Kuchler I: Retrospective evaluation of the success of oral rehabilitation using the Frialit-2[®] implant system. Part 1: influence of topographic and surgical parameters. Int J Prosthodont 2004; 17: 187-194.

Strietzel FP, Lange K-P, Švegar M, Hartmann H-J, Kuchler I: Retrospective evaluation of the success of oral rehabilitation using the Frialit-2® implant system. Part 1: influence of topographic and surgical parameters. Int J Prosthodont 2004; 17: 187-194.

Strietzel FP, Lange K-P, Švegar M, Hartmann H-J, Küchler I: Retrospective evaluation of the success of oral rehabilitation using the Frialit-2[®] implant system. Part 1: influence of topographic and surgical parameters. Int J Prosthodont 2004; 17: 187-194.

Strietzel FP, Lange K-P, Švegar M, Hartmann H-J, Küchler I: Retrospective evaluation of the success of oral rehabilitation using the Frialit-2[®] implant system. Part 1: influence of topographic and surgical parameters. Int J Prosthodont 2004; 17: 187-194.

Strietzel FP, Lange K-P, Švegar M, Hartmann H-J, Küchler I: Retrospective evaluation of the success of oral rehabilitation using the Frialit-2[®] implant system. Part 1: influence of topographic and surgical parameters. Int J Prosthodont 2004; 17: 187-194.

Strietzel FP, Lange K-P, Švegar M, Hartmann H-J, Kuchler I: Retrospective evaluation of the success of oral rehabilitation using the Frialit-2[®] implant system. Part 1: influence of topographic and surgical parameters. Int J Prosthodont 2004; 17: 187-194.

2.2.2. Der Einfluss der Implantatlänge auf den Erfolg der implantat-prothetischen Rehabilitation – eine prospektive Untersuchung

Strietzel FP & Reichart PA: Oral rehabilitation using Camlog® screw-cylinder implants with a particle-blasted and acid-etched microstructured surface. Results from a prospective study with special consideration of short implants. Clin Oral Impl Res 2007; 18: 591-600.

doi: 10.1111/j.1600-0501.2007.01375.x

Verschiedene Operationsmethoden zur Verbesserung des vertikalen Knochenangebots für eine Implantation haben sich heute in der Klinik etablieren können. Andererseits bergen diese operativen Maßnahmen neben dem erhöhten operativen und Nachsorgeaufwand Risiken und Komplikationsmöglichkeiten, die bezüglich der zu erwartenden Behandlungsergebnisse kritisch abgewogen und in der präoperativen Aufklärung des Patienten berücksichtigt werden müssen. Ob die Verwendung kurzer Implantate als potenzielle Alternative zur Anwendung vertikaler Augmentationen anzusehen wäre, sollte durch eine vergleichende Untersuchung zur Verweildauer langer und kurzer Implantate festgestellt werden.

Ziele der vorliegenden prospektiven Studie zu implantat-prothetischen Rehabilitationen unter Verwendung von Schraubenzylinderimplantaten mit einer subtraktiv mikrostrukturierten Oberfläche und einer dreikammerigen rotationsstabilen Verbindung zwischen Implantat und prothetischem Aufbaupfosten waren die Analyse von Daten zur Bewertung des Behandlungserfolges, zur Identifikation von Risikofaktoren sowie die Berechnung der Implantatverweilwahrscheinlichkeit unter besonderer Berücksichtigung der Implantatlänge. Implantatlängen von 13 mm und länger wurden als lang, Implantatlängen von 11 mm und kürzer als kurz klassifiziert.

Von insgesamt 333 Implantaten bei 133 Patienten konnten 325 Implantate bei 129 Patienten in die Nachuntersuchungen einbezogen werden. Der Median der Beobachtungszeit betrug 33 Monate. In die Untersuchungen wurden alle Implantate, zudem jedoch ein pro Patient randomisiertes Implantat zum Ausschluss kumulativer individueller Effekte (Herrmann et al. 1999 und 2003) einbezogen.

Nach einer maximalen Beobachtungsdauer von 55 Monaten ergab die Kaplan-Meier-Analyse der Verweildauer keine signifikanten Unterschiede der Verweilraten von langen (95,7 %) und kurzen (98,3 %) Implantaten ($p = 0,162$). Auch die Implantatverweilraten zwischen Ober- (98,7 %) und Unterkiefer (98,2 %) unterschieden sich nicht signifikant. Die stratifizierte Analyse ergab für kurze Implantate einen signifikanten Einfluss einer vorzeitigen Exposition der Deckschraube ($p = 0,02$) und des Rauchens ($p = 0,008$) auf die Implantatverweilrate. Diese Einflüsse waren für lange Implantate nicht darstellbar.

Die Prognose kurzer Schraubenzylinderimplantate mit mikrostrukturierter Oberfläche ist der von langen Implantaten dieses Typs vergleichbar. Der Einsatz kurzer Implantate scheint demzufolge eine Behandlungsalternative zu aufwändigen präimplantologischen vertikalen Augmentationen zur Optimierung der Alveolarfortsatzhöhe darzustellen. Allerdings besteht bei der Verwendung kurzer Implantate bei Rauchern offenbar ein höheres Verlustrisiko.

Strietzel FP & Reichart PA: Oral rehabilitation using Camlog® screw-cylinder implants with a particle-blasted and acid-etched microstructured surface. Results from a prospective study with special consideration of short implants. Clin Oral Impl Res 2007; 18: 591-600.

doi: 10.1111/j.1600-0501.2007.01375.x

Strietzel FP & Reichart PA: Oral rehabilitation using Camlog® screw-cylinder implants with a particle-blasted and acid-etched microstructured surface. Results from a prospective study with special consideration of short implants. Clin Oral Impl Res 2007; 18: 591-600.

doi: 10.1111/j.1600-0501.2007.01375.x

Strietzel FP & Reichart PA: Oral rehabilitation using Camlog® screw-cylinder implants with a particle-blasted and acid-etched microstructured surface. Results from a prospective study with special consideration of short implants. Clin Oral Impl Res 2007; 18: 591-600.

doi: 10.1111/j.1600-0501.2007.01375.x

Strietzel FP & Reichart PA: Oral rehabilitation using Camlog® screw-cylinder implants with a particle-blasted and acid-etched microstructured surface. Results from a prospective study with special consideration of short implants. Clin Oral Impl Res 2007; 18: 591-600.

doi: 10.1111/j.1600-0501.2007.01375.x

Strietzel FP & Reichart PA: Oral rehabilitation using Camlog® screw-cylinder implants with a particle-blasted and acid-etched microstructured surface. Results from a prospective study with special consideration of short implants. Clin Oral Impl Res 2007; 18: 591-600.

doi: 10.1111/j.1600-0501.2007.01375.x

Strietzel FP & Reichart PA: Oral rehabilitation using Camlog® screw-cylinder implants with a particle-blasted and acid-etched microstructured surface. Results from a prospective study with special consideration of short implants. Clin Oral Impl Res 2007; 18: 591-600.

doi: 10.1111/j.1600-0501.2007.01375.x

Strietzel FP & Reichart PA: Oral rehabilitation using Camlog® screw-cylinder implants with a particle-blasted and acid-etched microstructured surface. Results from a prospective study with special consideration of short implants. Clin Oral Impl Res 2007; 18: 591-600.

doi: 10.1111/j.1600-0501.2007.01375.x

Strietzel FP & Reichart PA: Oral rehabilitation using Camlog® screw-cylinder implants with a particle-blasted and acid-etched microstructured surface. Results from a prospective study with special consideration of short implants. Clin Oral Impl Res 2007; 18: 591-600.

doi: 10.1111/j.1600-0501.2007.01375.x

Strietzel FP & Reichart PA: Oral rehabilitation using Camlog® screw-cylinder implants with a particle-blasted and acid-etched microstructured surface. Results from a prospective study with special consideration of short implants. Clin Oral Impl Res 2007; 18: 591-600.

doi: 10.1111/j.1600-0501.2007.01375.x

Strietzel FP & Reichart PA: Oral rehabilitation using Camlog® screw-cylinder implants with a particle-blasted and acid-etched microstructured surface. Results from a prospective study with special consideration of short implants. Clin Oral Impl Res 2007; 18: 591-600.

doi: 10.1111/j.1600-0501.2007.01375.x

2.2.3. Rauchen beeinflusst die Prognose implantat-prothetischer Rehabilitationen – Ergebnisse einer systematischen Literaturübersicht und Meta-Analyse

Strietzel FP, Reichart PA, Kale A, Kulkarni M, Wegner B, Kuchler I: Smoking interferes with the prognosis of dental implant treatment: a systematic review and meta-analysis. J Clin Periodontol 2007; 34: 523-544. doi: 10.1111/j.1600-051X.2007.01083.x.

In einzelnen klinischen prospektiven und retrospektiven Studien zum Verlauf implantat-prothetischer Rehabilitationen (Strietzel & Reichart 2007; Strietzel et al. 2004) sowie lateraler Augmentationen mittels gesteuerter Knochenregeneration (Strietzel 2001) und in einer systematischen Literaturübersicht zur Sinusbodenelevation und -augmentation (Strietzel 2004) zeigte sich, dass das Rauchen die Prognose enossaler Implantate sowie den Verlauf der Wundheilung und die Ergebnisse nach augmentativen Maßnahmen offenbar negativ beeinflusst.

Das Ziel dieser systematischen Literaturübersicht und Meta-Analyse war die Beantwortung der fokussierenden Fragen, ob bei Rauchern im Vergleich zu Nichtrauchern signifikant häufiger Implantatverluste auftreten und ob Raucher im Zusammenhang mit augmentativen Maßnahmen signifikant häufiger Implantatverluste erleiden.

Mittels systematischer elektronischer und Handsuche (Suchbegriffe “dental or oral implants and smoking”; “dental or oral implants and tobacco”, Publikationszeitraum 1989 bis 2005, englische oder deutsche Artikel) wurden Publikationen gesucht, die Implantatüberlebens- bzw. -verweilraten oder Zahlen verbliebener Implantate sowie Implantatverluste in Bezug auf die Gesamtimplantanzahl oder Zahl der Patienten und unter Berücksichtigung der Zahl der Implantate bei Rauchern bzw. Nichtrauchern lieferten (Meta-Analyse), oder die Daten zu Implantatverlusten bei Rauchern oder zur Anzahl von Komplikationen oder zur Häufigkeit des Auftretens von Misserfolgskriterien bei Rauchern im Vergleich zu Nichtrauchern mit einer statistischen Analyse der Untersuchungsergebnisse beinhalteten (systematische Literaturübersicht).

Von insgesamt 139 identifizierten Publikationen wurden 29 in die Meta-Analyse und 35 in die systematische Literaturübersicht inkludiert. In der Meta-Analyse zeigten sich eine signifikant erhöhte Häufigkeit von Implantatverlusten bei Rauchern im Vergleich zu Nichtrauchern (Odds Ratio [OR] 2,25 [CI_{95%} 1,96 – 2,59], implantatbezogen; OR 2,64 [CI_{95%} 1,70 – 4,09], patientenbezogen) sowie eine signifikant erhöhte Häufigkeit von Implantatverlusten im Zusammenhang mit Augmentationen bei Rauchern im Vergleich zu Nichtrauchern (OR 3,61 [CI_{95%} 2,26 – 5,77], implantatbezogen). Die systematische Literaturübersicht ergab signifikant häufiger biologische Komplikationen bei Rauchern. Fünf Studien zeigten keinen signifikanten

Einfluss des Rauchens auf die Prognose von Implantaten mit einer durch Partikelstrahlung und / oder Säureätzung oder anodische Oxidation subtraktiv mikrostrukturierten Oberfläche. Rauchen ist ein signifikanter Risikofaktor für implantat-prothetische Rehabilitationen sowie für begleitende augmentative Maßnahmen. Dies sollte bei der Therapieentscheidung und Indikationsstellung sowie bei der Aufklärung des Patienten vor der implantat-prothetischen Rehabilitation berücksichtigt werden. Zudem erscheint eine regelmäßige Verlaufskontrolle von Rauchern nach implantat-prothetischer Behandlung zur frühzeitigen Feststellung von biologischen Komplikationen notwendig. Daher ist die Identifizierung des Rauchers erforderlich.

Strietzel FP, Reichart PA, Kale A, Kulkarni M, Wegner B, Küchler I: Smoking interferes with the prognosis of dental implant treatment: a systematic review and meta-analysis. J Clin Periodontol 2007; 34: 523-544. doi: 10.1111/j.1600-051X.2007.01083.x.

Strietzel FP, Reichart PA, Kale A, Kulkarni M, Wegner B, Kuchler I: Smoking interferes with the prognosis of dental implant treatment: a systematic review and meta-analysis. J Clin Periodontol 2007; 34: 523-544. doi: 10.1111/j.1600-051X.2007.01083.x.

Strietzel FP, Reichart PA, Kale A, Kulkarni M, Wegner B, Kuchler I: Smoking interferes with the prognosis of dental implant treatment: a systematic review and meta-analysis. J Clin Periodontol 2007; 34: 523-544. doi: 10.1111/j.1600-051X.2007.01083.x.

Strietzel FP, Reichart PA, Kale A, Kulkarni M, Wegner B, Küchler I: Smoking interferes with the prognosis of dental implant treatment: a systematic review and meta-analysis. J Clin Periodontol 2007; 34: 523-544. doi: 10.1111/j.1600-051X.2007.01083.x.

Strietzel FP, Reichart PA, Kale A, Kulkarni M, Wegner B, Kuchler I: Smoking interferes with the prognosis of dental implant treatment: a systematic review and meta-analysis. J Clin Periodontol 2007; 34: 523-544. doi: 10.1111/j.1600-051X.2007.01083.x.

Strietzel FP, Reichart PA, Kale A, Kulkarni M, Wegner B, Kuchler I: Smoking interferes with the prognosis of dental implant treatment: a systematic review and meta-analysis. J Clin Periodontol 2007; 34: 523-544. doi: 10.1111/j.1600-051X.2007.01083.x.

Strietzel FP, Reichart PA, Kale A, Kulkarni M, Wegner B, Kuchler I: Smoking interferes with the prognosis of dental implant treatment: a systematic review and meta-analysis. J Clin Periodontol 2007; 34: 523-544. doi: 10.1111/j.1600-051X.2007.01083.x.

Strietzel FP, Reichart PA, Kale A, Kulkarni M, Wegner B, Küchler I: Smoking interferes with the prognosis of dental implant treatment: a systematic review and meta-analysis. J Clin Periodontol 2007; 34: 523-544. doi: 10.1111/j.1600-051X.2007.01083.x.

Strietzel FP, Reichart PA, Kale A, Kulkarni M, Wegner B, Kuchler I: Smoking interferes with the prognosis of dental implant treatment: a systematic review and meta-analysis. J Clin Periodontol 2007; 34: 523-544. doi: 10.1111/j.1600-051X.2007.01083.x.

Strietzel FP, Reichart PA, Kale A, Kulkarni M, Wegner B, Küchler I: Smoking interferes with the prognosis of dental implant treatment: a systematic review and meta-analysis. J Clin Periodontol 2007; 34: 523-544. doi: 10.1111/j.1600-051X.2007.01083.x.

Strietzel FP, Reichart PA, Kale A, Kulkarni M, Wegner B, Kuchler I: Smoking interferes with the prognosis of dental implant treatment: a systematic review and meta-analysis. J Clin Periodontol 2007; 34: 523-544. doi: 10.1111/j.1600-051X.2007.01083.x.

Strietzel FP, Reichart PA, Kale A, Kulkarni M, Wegner B, Küchler I: Smoking interferes with the prognosis of dental implant treatment: a systematic review and meta-analysis. J Clin Periodontol 2007; 34: 523-544. doi: 10.1111/j.1600-051X.2007.01083.x.

Strietzel FP, Reichart PA, Kale A, Kulkarni M, Wegner B, Küchler I: Smoking interferes with the prognosis of dental implant treatment: a systematic review and meta-analysis. J Clin Periodontol 2007; 34: 523-544. doi: 10.1111/j.1600-051X.2007.01083.x.

Strietzel FP, Reichart PA, Kale A, Kulkarni M, Wegner B, Kuchler I: Smoking interferes with the prognosis of dental implant treatment: a systematic review and meta-analysis. J Clin Periodontol 2007; 34: 523-544. doi: 10.1111/j.1600-051X.2007.01083.x.

Strietzel FP, Reichart PA, Kale A, Kulkarni M, Wegner B, Kuchler I: Smoking interferes with the prognosis of dental implant treatment: a systematic review and meta-analysis. J Clin Periodontol 2007; 34: 523-544. doi: 10.1111/j.1600-051X.2007.01083.x.

Strietzel FP, Reichart PA, Kale A, Kulkarni M, Wegner B, Küchler I: Smoking interferes with the prognosis of dental implant treatment: a systematic review and meta-analysis. J Clin Periodontol 2007; 34: 523-544. doi: 10.1111/j.1600-051X.2007.01083.x.

Strietzel FP, Reichart PA, Kale A, Kulkarni M, Wegner B, Kuchler I: Smoking interferes with the prognosis of dental implant treatment: a systematic review and meta-analysis. J Clin Periodontol 2007; 34: 523-544. doi: 10.1111/j.1600-051X.2007.01083.x.

Strietzel FP, Reichart PA, Kale A, Kulkarni M, Wegner B, Küchler I: Smoking interferes with the prognosis of dental implant treatment: a systematic review and meta-analysis. J Clin Periodontol 2007; 34: 523-544. doi: 10.1111/j.1600-051X.2007.01083.x.

Strietzel FP, Reichart PA, Kale A, Kulkarni M, Wegner B, Kuchler I: Smoking interferes with the prognosis of dental implant treatment: a systematic review and meta-analysis. J Clin Periodontol 2007; 34: 523-544. doi: 10.1111/j.1600-051X.2007.01083.x.

Strietzel FP, Reichart PA, Kale A, Kulkarni M, Wegner B, Kuchler I: Smoking interferes with the prognosis of dental implant treatment: a systematic review and meta-analysis. J Clin Periodontol 2007; 34: 523-544. doi: 10.1111/j.1600-051X.2007.01083.x.

Strietzel FP, Reichart PA, Kale A, Kulkarni M, Wegner B, Kuchler I: Smoking interferes with the prognosis of dental implant treatment: a systematic review and meta-analysis. J Clin Periodontol 2007; 34: 523-544. doi: 10.1111/j.1600-051X.2007.01083.x.

Strietzel FP, Reichart PA, Kale A, Kulkarni M, Wegner B, Kuchler I: Smoking interferes with the prognosis of dental implant treatment: a systematic review and meta-analysis. J Clin Periodontol 2007; 34: 523-544. doi: 10.1111/j.1600-051X.2007.01083.x.

3. Einflussfaktoren und Risiken beim Aufbau lokaler Alveolarfortsatzdefekte vor oder im Zusammenhang mit Implantationen – Ergebnisse eigener Untersuchungen

3.1. Risikofaktoren bei der gesteuerten Knochenregeneration

3.1.1. Risiken und Komplikationen bei der gesteuerten Knochenregeneration

Strietzel FP: Risiken und Komplikationen der membrangesteuerten Knochenregeneration. Mund Kiefer GesichtsChir 2001; 5: 28-32.

Das Ergebnis der mittels gesteuerter Knochenregeneration (GBR) angestrebten Defektrekonstruktion kann durch eine vorzeitige Membranexposition beeinträchtigt werden, da die Infektion des dem Mundhöhlenmilieu ausgesetzten porösen Membranmaterials sowie eine sich etablierende Entzündungsreaktion der umgebenden Gewebe meist eine vorzeitige Entfernung der Barrieremembran erfordern.

Die vorliegende Untersuchung hatte das Ziel, die Häufigkeit von vorzeitigen Membranexpositionen festzustellen und Risikofaktoren zu identifizieren, die mit einer gehäuftten Membranexposition assoziiert sind. Eine retrospektive Auswertung der Behandlungsverläufe erfolgte bei 72 Patienten (Altersmedian 38,5 Jahre, 44 weibliche und 28 männliche Patienten), bei denen an 72 Augmentationsorten im Zusammenhang mit einer Implantation (Implantation und GBR als einzeitiges Vorgehen bei 59 Patienten) bzw. in Vorbereitung einer Implantation (GBR erfolgte im Vorfeld der Implantation als zweizeitiges Vorgehen bei 13 Patienten) eine GBR durchgeführt wurde. Im Rahmen dieser Untersuchung wurden ausschließlich nichtresorbierbare ePTFE-Membranen verwendet. Bei 31 GBR-Behandlungen erfolgte der Einsatz der Membran ohne Verwendung eines Knochenersatzmaterials zur Defektauffüllung.

Bei 44 % der Implantationsorte wurde eine vorzeitige Membranexposition festgestellt. 72 % dieser vorzeitigen Membranexpositionen traten nach primär unauffälligem Wundheilungsverlauf erst nach dem 21. postoperativen Tag auf.

Eine detaillierte Analyse der Behandlungsverläufe ergab statistisch signifikante Zusammenhänge zwischen dem Auftreten einer vorzeitigen Membranexposition und der Lage der Membran unter dem Inzisionsverlauf bzw. mit einer den Alveolarfortsatzkrestal überdeckenden Membran ($p = 0,0004$) sowie dem Rauchen ($p = 0,04$).

Vor GBR-Maßnahmen unter Verwendung von nichtresorbierbaren ePTFE-Membranen sollten die Defektmorphologie, die Wahl der Schnittführung und der Raucherstatus des Patienten kritisch evaluiert und bei der Indikationsstellung berücksichtigt werden.

Strietzel FP: Risiken und Komplikationen der membrangesteuerten Knochenregeneration.
Mund Kiefer GesichtsChir 2001; 5: 28-32.

Strietzel FP: Risiken und Komplikationen der membrangesteuerten Knochenregeneration.
Mund Kiefer GesichtsChir 2001; 5: 28-32.

Strietzel FP: Risiken und Komplikationen der membrangesteuerten Knochenregeneration.
Mund Kiefer GesichtsChir 2001; 5: 28-32.

Strietzel FP: Risiken und Komplikationen der membrangesteuerten Knochenregeneration.
Mund Kiefer GesichtsChir 2001; 5: 28-32.

Strietzel FP: Risiken und Komplikationen der membrangesteuerten Knochenregeneration.
Mund Kiefer GesichtsChir 2001; 5: 28-32.

3.1.2. Untersuchungen zum Gewebeverhalten in der Umgebung von Membranen bei der gesteuerten Knochenregeneration

Strietzel FP, Khongkhunthian P, Khattiya R, Patchanee P, Reichart PA: Healing pattern of bone defects covered by different membrane types – a histologic study in the porcine mandible. J Biomed Mater Res Part B: Appl Biomater 2006; 78B: 35-46.
doi: 10.1002/jbm.b.30452

Wenige Studien zur GBR haben sich bislang vergleichend mit den Reaktionen der Gewebe in unmittelbarer Umgebung zu verschiedenen Barrieremembranen beschäftigt. Zur Beantwortung der Frage, ob durch die Verwendung verschiedener Membranmaterialien in Bezug auf die Barrierefunktion und die Gewebeantwort unterschiedliche Ergebnisse zu erzielen sind, wurde eine tierexperimentelle Untersuchung durchgeführt. Ziele waren die Bewertung der Barrierefunktion verschiedener synthetischer und xenogener resorbierbarer sowie nichtresorbierbarer Membranen zur Verhinderung des Einwachsens von Weichgewebe in standardisierte raumbietende Defekte ohne den Einsatz von Knochenersatzmaterialien, die histologische Untersuchung möglicher Veränderungen der Struktur verschiedener Membranmaterialien nach unterschiedlichen Liegezeiten im Gewebe sowie die Charakterisierung der Gewebezusammensetzung und -reaktion in der Umgebung der Barrieremembranen nach verschiedenen Liegezeiten.

Hierzu wurden im rechten Unterkieferrand bei sechs Siamesischen Hausschweinen jeweils acht standardisierte zylindrische raumbietende Defekte, die nicht die kritische Größe überschritten, angelegt und diese Defekte jeweils mit nichtresorbierbaren Barrieremembranen aus ePTFE, verdichtetem PTFE (dPTFE), Polyetherurethan (PU) und mikroperforierter Titanfolie (pTi) sowie mit resorbierbaren Membranen aus bovinem Kollagen Typ I und III (CL) bzw. aus den synthetischen Materialien Polylactid-Polyglycolid-co-Polymer (PLPG) und Lactid-Polyglycolid-Trimethylencarbonat (LPGTC) abgedeckt. Der Kontrolldefekt wurde durch Periostabdeckung versorgt. Zwei Tage, vier, acht und zwölf Wochen später wurden nach Tötung von jeweils einem (nach 2 Tagen und 12 Wochen) bzw. von zwei Tieren (nach 4 und 8 Wochen) Hart- und Weichgewebe enthaltende Resektate der Unterkieferhälften entnommen und nach entsprechender Aufbereitung histologisch untersucht.

Die knöcherne Heilung der Defekte war nach 12 Wochen abgeschlossen. Die nichtresorbierbaren Barrierematerialien verhinderten das Einwachsen von Weichgewebe in die Knochendefekte. Dünne Schichten fibrösen Gewebes wurden unterhalb der dichten und steiferen Barrierematerialien (dPTFE, pTi) gefunden, während sich unter den dehnbaren und weicheren Barrieremembranen aus CL und LPGTC bzw. PLPG dickere fibröse Schichten

und in die Knochendefekte hineinragende Weichgewebsspröfpe fanden, die die kristallinen Anteile der Defekte einnahmen. Die PLPG- und LPGTC-Membranen durchliefen strukturelle Veränderungen und zeigten bereits nach 4 Wochen blasenartig aufgelockerte zentrale Anteile. Die nichtresorbierbaren Materialien zeigten keine strukturellen Veränderungen. Der Abbau der synthetischen resorbierbaren Barrierematerialien ging mit dem Einwachsen von Fasern, Gefäßen und Zellen in die Membranstrukturen einher.

Beim Einsatz von resorbierbaren Membranen aus synthetischen Polymeren oder Kollagen – auch über raumbietenden Defekten – sollte autogener Knochen oder Knochenersatzmaterial als Platzhalter zur Stützung der Membran und zur Verhinderung eines Prolapses der bedeckenden Weichgewebe in den Defekt zur Anwendung kommen.

Strietzel FP, Khongkhunthian P, Khattiya R, Patchanee P, Reichart PA: Healing pattern of bone defects covered by different membrane types – a histologic study in the porcine mandible. J Biomed Mater Res Part B: Appl Biomater 2006; 78B: 35-46.

doi: 10.1002/jbm.b.30452

Strietzel FP, Khongkhunthian P, Khattiya R, Patchanee P, Reichart PA: Healing pattern of bone defects covered by different membrane types – a histologic study in the porcine mandible. J Biomed Mater Res Part B: Appl Biomater 2006; 78B: 35-46.

doi: 10.1002/jbm.b.30452

Strietzel FP, Khongkhunthian P, Khattiya R, Patchanee P, Reichart PA: Healing pattern of bone defects covered by different membrane types – a histologic study in the porcine mandible. J Biomed Mater Res Part B: Appl Biomater 2006; 78B: 35-46.

doi: 10.1002/jbm.b.30452

Strietzel FP, Khongkhunthian P, Khattiya R, Patchanee P, Reichart PA: Healing pattern of bone defects covered by different membrane types – a histologic study in the porcine mandible. J Biomed Mater Res Part B: Appl Biomater 2006; 78B: 35-46.

doi: 10.1002/jbm.b.30452

Strietzel FP, Khongkhunthian P, Khattiya R, Patchanee P, Reichart PA: Healing pattern of bone defects covered by different membrane types – a histologic study in the porcine mandible. J Biomed Mater Res Part B: Appl Biomater 2006; 78B: 35-46.

doi: 10.1002/jbm.b.30452

Strietzel FP, Khongkhunthian P, Khattiya R, Patchanee P, Reichart PA: Healing pattern of bone defects covered by different membrane types – a histologic study in the porcine mandible. *J Biomed Mater Res Part B: Appl Biomater* 2006; 78B: 35-46.

doi: 10.1002/jbm.b.30452

Strietzel FP, Khongkhunthian P, Khattiya R, Patchanee P, Reichart PA: Healing pattern of bone defects covered by different membrane types – a histologic study in the porcine mandible. J Biomed Mater Res Part B: Appl Biomater 2006; 78B: 35-46.

doi: 10.1002/jbm.b.30452

Strietzel FP, Khongkhunthian P, Khattiya R, Patchanee P, Reichart PA: Healing pattern of bone defects covered by different membrane types – a histologic study in the porcine mandible. J Biomed Mater Res Part B: Appl Biomater 2006; 78B: 35-46.

doi: 10.1002/jbm.b.30452

Strietzel FP, Khongkhunthian P, Khattiya R, Patchanee P, Reichart PA: Healing pattern of bone defects covered by different membrane types – a histologic study in the porcine mandible. J Biomed Mater Res Part B: Appl Biomater 2006; 78B: 35-46.

doi: 10.1002/jbm.b.30452

Strietzel FP, Khongkhunthian P, Khattiya R, Patchanee P, Reichart PA: Healing pattern of bone defects covered by different membrane types – a histologic study in the porcine mandible. J Biomed Mater Res Part B: Appl Biomater 2006; 78B: 35-46.

doi: 10.1002/jbm.b.30452

Strietzel FP, Khongkhunthian P, Khattiya R, Patchanee P, Reichart PA: Healing pattern of bone defects covered by different membrane types – a histologic study in the porcine mandible. J Biomed Mater Res Part B: Appl Biomater 2006; 78B: 35-46.

doi: 10.1002/jbm.b.30452

Strietzel FP, Khongkhunthian P, Khattiya R, Patchanee P, Reichart PA: Healing pattern of bone defects covered by different membrane types – a histologic study in the porcine mandible. J Biomed Mater Res Part B: Appl Biomater 2006; 78B: 35-46.

doi: 10.1002/jbm.b.30452

3.2. Klinische Untersuchungen zum Einfluss der Osteotomtechnik auf den periimplantären Knochenabbau unter Berücksichtigung der Knochenqualität

Strietzel FP, Nowak M, Kuchler I, Friedmann A: Peri-implant alveolar bone loss with respect to bone quality after use of the osteotome technique. Clin Oral Impl Res 2002; 13: 508-513.

Die lokale Alveolarfortsatzatrophie unter Reduktion der Alveolarfortsatzbreite – insbesondere im krestalen Bereich – führt zur Bildung nicht raumbietender Alveolarfortsatzdefekte und schränkt die Möglichkeiten für implantat-prothetische Rehabilitationen zunächst ein. Die Verbreiterung des Alveolarfortsatzes kann durch Alveolarfortsatzextensionstechniken wie die Knochenspreizung oder -spaltung erfolgen. Summers (1994a,b) führte als Alternative zur lokalen Alveolarfortsatzverbreiterung die Osteotomtechnik ein. Obgleich diese Technik im unmittelbaren Kontaktbereich zum Implantat zu Veränderungen der Knochenqualität führte, die sich nach einem bestimmten Zeitintervall jedoch der nach konventioneller Präparation annäherte, waren die Ergebnisse aus tierexperimentellen Untersuchungen verschiedener Arbeitsgruppen hinsichtlich der Knochen-Implantat-Kontaktraten unterschiedlich (Nkenke et al. 2002; Schlegel et al. 2003, Büchter et al. 2005b). Eine klinische Beobachtung unter Berücksichtigung einer vergleichenden Kategorisierung der vorgefundenen Knochenqualitäten lag bislang nicht vor. Es erschien daher notwendig, im Zusammenhang mit dem klinischen Einsatz von Implantaten unter Verwendung der Osteotomtechnik unter Berücksichtigung der Knochenqualität am Implantationsort Präzisierungen der Indikationsstellung zum Einsatz der Osteotomtechnik als Maßnahme zur lokalen Alveolarfortsatzverbreiterung zu erarbeiten.

Hierzu wurden die Behandlungsverläufe von 22 Patienten (12 Frauen, 10 Männer, Altersmedian 49 Jahre) retrospektiv ausgewertet, bei denen 22 schraubenförmige Implantate verschiedener Systeme mittels Osteotomtechnik eingesetzt worden waren. 4 Implantate kamen im rechten, 8 im linken Oberkieferseiten- und 10 im Oberkieferfrontzahnbereich zum Einsatz. In allen Fällen lag eine lokale transversale Alveolarfortsatzatrophie mit Reduktion der Alveolarfortsatzbreite in Gestalt eines nicht raumbietenden Defektes vor. Die Knochenqualität wurde bei der initialen Pilotbohrung durch den Operateur nach den von Lekholm & Zarb (1985) publizierten Kriterien klassifiziert. Die anschließende Implantatbettauflbereitung erfolgte unter Einsatz der Osteotomtechnik. Das periimplantäre Knocheniveau wurde in Bezug zur Implantatschulter anhand von Röntgenaufnahmen beurteilt, die unmittelbar nach der Implantation, nach Beendigung der unbelasteten Einheilungsphase sowie zu verschiedenen Zeitpunkten nach Beginn der prothetischen Belastung angefertigt worden waren.

Zwei Implantatverluste waren im Verlauf der unbelasteten Einheilungsphase zu verzeichnen. Zwischen den periimplantären Knochenniveaus nach der Implantation und nach Beendigung der unbelasteten Einheilungsphase bzw. nach prothetischer Belastung bestanden signifikante Unterschiede ($p = 0,028$). Die Knochenqualität, die bei der Pilotbohrung festgestellt wurde, war signifikant mit dem Ausmaß mit der Veränderung des periimplantären Höhenniveaus des Alveolarknochens sechs Monate nach der Implantation korreliert ($r = -0,505$; $p = 0,023$). Der periimplantäre Knochenabbau war bei Vorliegen einer Knochenqualität mit höherer Spongiosadichte größer als bei einer Knochenqualität geringerer Spongiosadichte.

Die vorliegenden Ergebnisse weisen auf die Bedeutung der Beurteilung der Knochenqualität vor dem Einsatz der Osteotomtechnik hin.

Strietzel FP, Nowak M, K uchler I, Friedmann A: Peri-implant alveolar bone loss with respect to bone quality after use of the osteotome technique. Clin Oral Impl Res 2002; 13: 508-513.

Strietzel FP, Nowak M, K uchler I, Friedmann A: Peri-implant alveolar bone loss with respect to bone quality after use of the osteotome technique. Clin Oral Impl Res 2002; 13: 508-513.

Strietzel FP, Nowak M, K uchler I, Friedmann A: Peri-implant alveolar bone loss with respect to bone quality after use of the osteotome technique. Clin Oral Impl Res 2002; 13: 508-513.

Strietzel FP, Nowak M, K uchler I, Friedmann A: Peri-implant alveolar bone loss with respect to bone quality after use of the osteotome technique. Clin Oral Impl Res 2002; 13: 508-513.

Strietzel FP, Nowak M, K uchler I, Friedmann A: Peri-implant alveolar bone loss with respect to bone quality after use of the osteotome technique. Clin Oral Impl Res 2002; 13: 508-513.

Strietzel FP, Nowak M, K uchler I, Friedmann A: Peri-implant alveolar bone loss with respect to bone quality after use of the osteotome technique. Clin Oral Impl Res 2002; 13: 508-513.

3.3. Prognoserelevante Faktoren und Risiken bei der Sinusbodenelevation und -augmentation

Strietzel FP: Sinusbodenelevation und -augmentation: Evidenzgestützte Aussagen zu Prognose und Risikofaktoren. Mund Kiefer GesichtsChir 2004; 8: 93-105.

doi: 10.1007/s10006-004-0530-3

Ziel der vorliegenden systematische Literaturübersicht war neben der Analyse der Evidenzlage die Gewinnung von Erkenntnissen zu prognosebestimmenden und Risikofaktoren bei der SBEA sowie die Beantwortung der folgenden fokussierenden Fragen: 1. Welche Verweilwahrscheinlichkeit haben Implantate, die im Zusammenhang mit der SBEA eingesetzt wurden? 2. Hat das zur Augmentation verwendete Knochenersatzmaterial einen Einfluss auf die Prognose der Implantate? 3. Beeinflusst die Art des chirurgischen Vorgehens (einzeitiges oder zweizeitiges Vorgehen) die Prognose der Implantate? 4. Haben Makro- und Mikrostruktur der Implantate einen Einfluss auf die Verweildauer? 5. Welche Komplikationen können auftreten? Wie häufig treten sie auf? 6. Können prognosebeeinflussende Faktoren identifiziert werden?

Eine mittels elektronischer Datenbankanalyse (Medline, Suchbegriffe „sinus floor elevation“ (obligatorisch), „dental implants“, „complications“, „success“ (fakultativ), Erscheinungszeitraum 1990 bis 2002, Publikationen klinischer prospektiver oder retrospektiver Studien bzw. Literaturübersichtsarbeiten in englischer oder deutscher Sprache). In Anlehnung an die vom Oxford Centre for Evidence Based Medicine angegebenen Kriterien für die Bewertung der Evidenzgrade (Phillips et al. 1998) wurden die Publikationen nach klinischen prospektiven Studien, systematischen Literaturübersichtsarbeiten, retrospektiven Studien und nichtsystematischen Literaturübersichtsarbeiten kategorisiert. Von 229 Publikationen erfüllten 72 die Einschlusskriterien, weitere 4 per Handsuche identifizierte Publikationen wurden inkludiert.

Die Implantatverlusten unterschieden sich in Bezug auf die verwendeten Augmentationsmaterialien (autogener Knochen [aK], Knochenersatzmaterial [KEM] und Kombinationen aus beidem) nicht signifikant (8 %, 9 % bzw. 5 %; $p > 0,09$) nach 2 bis 4 Jahren Beobachtungszeit. Die durchschnittliche Dauer der Einheilungszeit der Implantate betrug bei einzeitigem Vorgehen 6 (aK) bzw. 8 (KEM) Monate, bei zweizeitigem Vorgehen nach 6-monatiger Integrationsphase des Augmentats 6 bis 7 Monate (aK und KEM). Die Implantatverlusten unterschieden sich in Bezug auf die einzeitige und zweizeitige SBEA und Implantation nicht (7 bis 8 %). In 3 bis 8 % traten postoperative Sinusitiden auf. Als Risikofaktoren für das Auftreten von Komplikationen wurden das Rauchen, anamnestiche Sinusitiden, obstruktive Veränderungen der Nase bzw. des Ostium naturale, eine Rhinitis

allergica, die Verwendung von Implantaten mit weniger als 13 mm Länge, die Behandlung des zahnlosen Oberkiefers (im Vergleich zum teilbezahnten Oberkiefer), Bruxismus und unkontrollierte Frühbelastungen der Implantate identifiziert.

Bei einer mittleren kumulativen Verweilrate der Implantate von 90 % nach 4 Jahren ist die SBEA als eine wissenschaftlich fundierte und etablierte Methode zur implantat-prothetischen Rehabilitation des posterioren atrophierten Oberkiefers anzusehen. Sie setzt jedoch eine kritische Indikationsstellung unter Berücksichtigung der individuellen Risikofaktoren voraus.

Strietzel FP: Sinusbodenelevation und -augmentation: Evidenzgestützte Aussagen zu Prognose und Risikofaktoren. Mund Kiefer GesichtsChir 2004; 8: 93-105.

doi: 10.1007/s10006-004-0530-3

Strietzel FP: Sinusbodenelevation und -augmentation: Evidenzgestützte Aussagen zu Prognose und Risikofaktoren. Mund Kiefer GesichtsChir 2004; 8: 93-105.

doi: 10.1007/s10006-004-0530-3

Strietzel FP: Sinusbodenelevation und -augmentation: Evidenzgestützte Aussagen zu Prognose und Risikofaktoren. Mund Kiefer GesichtsChir 2004; 8: 93-105.

doi: 10.1007/s10006-004-0530-3

Strietzel FP: Sinusbodenelevation und -augmentation: Evidenzgestützte Aussagen zu Prognose und Risikofaktoren. Mund Kiefer GesichtsChir 2004; 8: 93-105.

doi: 10.1007/s10006-004-0530-3

Strietzel FP: Sinusbodenelevation und -augmentation: Evidenzgestützte Aussagen zu Prognose und Risikofaktoren. Mund Kiefer GesichtsChir 2004; 8: 93-105.

doi: 10.1007/s10006-004-0530-3

Strietzel FP: Sinusbodenelevation und -augmentation: Evidenzgestützte Aussagen zu Prognose und Risikofaktoren. Mund Kiefer GesichtsChir 2004; 8: 93-105.

doi: 10.1007/s10006-004-0530-3

Strietzel FP: Sinusbodenelevation und -augmentation: Evidenzgestützte Aussagen zu Prognose und Risikofaktoren. Mund Kiefer GesichtsChir 2004; 8: 93-105.

doi: 10.1007/s10006-004-0530-3

Strietzel FP: Sinusbodenelevation und -augmentation: Evidenzgestützte Aussagen zu Prognose und Risikofaktoren. Mund Kiefer GesichtsChir 2004; 8: 93-105.

doi: 10.1007/s10006-004-0530-3

Strietzel FP: Sinusbodenelevation und -augmentation: Evidenzgestützte Aussagen zu Prognose und Risikofaktoren. Mund Kiefer GesichtsChir 2004; 8: 93-105.

doi: 10.1007/s10006-004-0530-3

Strietzel FP: Sinusbodenelevation und -augmentation: Evidenzgestützte Aussagen zu Prognose und Risikofaktoren. Mund Kiefer GesichtsChir 2004; 8: 93-105.

doi: 10.1007/s10006-004-0530-3

Strietzel FP: Sinusbodenelevation und -augmentation: Evidenzgestützte Aussagen zu Prognose und Risikofaktoren. Mund Kiefer GesichtsChir 2004; 8: 93-105.

doi: 10.1007/s10006-004-0530-3

Strietzel FP: Sinusbodenelevation und -augmentation: Evidenzgestützte Aussagen zu Prognose und Risikofaktoren. Mund Kiefer GesichtsChir 2004; 8: 93-105.

doi: 10.1007/s10006-004-0530-3

Strietzel FP: Sinusbodenelevation und -augmentation: Evidenzgestützte Aussagen zu Prognose und Risikofaktoren. Mund Kiefer GesichtsChir 2004; 8: 93-105.

doi: 10.1007/s10006-004-0530-3

4. Diskussion

4.1. Zum Stellenwert der Aufklärung vor implantat-prothetischen Rehabilitationen

Trotz qualitativ hoher diagnostischer Standards, einem breiten Angebot an Weiterbildungsmöglichkeiten, der zertifizierten Fortbildung auf dem Gebiet der zahnärztlichen Implantologie, einer intensiveren Aufklärung der Patienten über die Möglichkeiten und Grenzen der implantat-prothetischen Rehabilitation und der hohen Erfolgsrate und Therapiesicherheit, scheint angesichts der steigenden Zahl an Gutachtenanforderungen seitens der Patienten, der Gerichte und auch der Krankenversicherungen zur Beurteilung der Ergebnisse der implantat-prothetischen Behandlung sich auch auf diesem medizinischen Gebiet eine zunehmende Tendenz juristischer Auseinandersetzungen abzuzeichnen (Strietzel 2000, Kleinheinz et al. 2001).

Sorgfältige Planung, Diagnostik und Behandlung können nicht in jedem Falle vor dem Auftreten von Komplikationen auf dem Gebiet der zahnärztlichen Implantologie schützen. Die statistische Häufigkeit des Auftretens von sogenannten therapietypischen Komplikationen wird mit etwa 5 bis 10 % angegeben (Weibrich & Wagner 2004). Bei Implantationen im Unterkieferseitenbereich bzw. in Nähe des Nervenaustrittspunktes des Nervus alveolaris inferior sei als Beispiel die postoperative Sensibilitätsstörung im Bereich des Versorgungsgebietes des Nervus mentalis angeführt, welche zu den aufklärungspflichtigen Komplikationen zählt. Zur Inzidenz und Dauer von Sensibilitätsstörungen im Versorgungsgebiet des Nervus mentalis im Zusammenhang mit Implantationen finden sich in der Literatur unterschiedliche Angaben zwischen 2 % ohne persistierende Beeinträchtigungen (Khoury 1994), 5,6 % mit 1,6 % persistierenden Sensibilitätsstörungen (Winter et al. 1995), 8,5 % mit komplettem Wiedereintreten normaler Funktion nach spätestens 4 Monaten (Bartling et al. 1999), über 25 % postoperativ sowie 10 % nach sechzehn Monaten noch immer bestehend (präoperativ bestanden bei 26 % der Patienten vor der Implantation aufgrund der starken Kieferkammatrophy und Druckes der Prothese auf die Nervenaustrittspunkte Sensibilitätsstörungen) (Wismeijer et al. 1997) bis zu 37 % (Ellies 1992). Bei Implantationen im posterioren atrophierten Oberkiefer kann es insbesondere im Zusammenhang mit augmentativen Maßnahmen zu Implantatverlusten bzw. zu Implantatdislokationen in die Kieferhöhle kommen, die jedoch als sehr seltene, gleichwohl sehr beeinträchtigende Komplikationen eingestuft werden (Regev et al. 1995; Schug & Dumbach 1999). Aber auch der vorzeitige, in der unbelasteten Einheilungsphase oder in der späteren belasteten Funktionsphase eintretende Implantatverlust kann auf dem Boden einer Komplikation eintreten und gibt dem Patienten gelegentlich Anlass für die Behauptung von Behandlungsfehlern.

Andererseits können auch die sich aus einer fehlerhaften oder unzureichenden Behandlungsvorbereitung und -planung ergebenden Folgefehler Ursachen für juristische Streitigkeiten sein. Hierfür sei die für eine prothetische Versorgung ungünstige Stellung von Implantaten beispielhaft angeführt, die vom Behandler mit ungünstigen anatomischen Ausgangsbedingungen beim Patienten mit Knochendefiziten des Alveolarfortsatzes durch Atrophie oder Trauma begründet wird, jedoch angesichts der wissenschaftlich nachgewiesenen Erfolgsraten bei Einsatz augmentativer Verfahren im Zusammenhang mit der Implantation, die heute routinemäßig zur Optimierung der anatomischen Ausgangsbedingungen eingesetzt werden, als nicht mehr akzeptabel anzusehen ist (Kleinheinz et al. 2001). Wird jedoch die implantat-prothetische Therapieplanung um Maßnahmen der Augmentation des vorhandenen Knochenangebotes erweitert, sind die Indikationen und mögliche Risikofaktoren bzw. die Möglichkeiten und Grenzen der im konkreten Fall zur Verfügung stehenden Verfahren kritisch abzuwägen und dem Patienten in für ihn verständlicher Form zu vermitteln (Strietzel 2003).

Kleinheinz et al. (2001) zeigten in einer retrospektiven Auswertung von 40 Gerichtsurteilen, dass sich unter anderem 85 % der Urteile auf den Bereich der Sorgfaltspflicht in der Vorbereitungsphase (überwiegend Planungsfehler vor Indikations- und Diagnosefehlern) und 55 % auf die Aufklärungspflicht (überwiegend Mängel bei der wirtschaftlichen und Alternativ- sowie Risikoaufklärung) bezogen. Die Behauptung einer mangelhaften Aufklärung über die Risiken und Komplikationen gewinnt als Ersatzklagegrund immer mehr an Bedeutung. Es ist daher gerade auf Grund des elektiven Charakters einer implantat-prothetischen Rehabilitation notwendig, durch optimierte Aufklärung auch unter Berücksichtigung der Alternativen eine wirksame Einwilligung des Patienten in die Behandlung zu erreichen oder jedoch gegebenenfalls von einer solchen Behandlung Abstand zu nehmen.

Aus den von Strietzel (2003) publizierten Untersuchungen ergaben sich mehrere Problemkreise. Zum einen wurde deutlich, dass die Vorbereitungs- und Vorbehandlungsphase eine Schlüsselstellung vor der implantat-prothetischen Rehabilitation einnimmt. Hierzu gehört neben der ausführlichen Diagnostik auch die zusammenfassende Bewertung der Befunde im Kontext mit den individuellen Risiken und Besonderheiten des Patienten und die transparente – für den Patienten nachvollziehbare – Darstellung der sich daraus ergebenden Behandlungsoptionen und -alternativen sowie ihrer Möglichkeiten und Grenzen bzw. Vorteile und Risiken. In diese Entscheidungen sollten die für die eine oder andere Behandlungsmöglichkeit aktuell vorliegenden Behandlungsleitlinien oder Ergebnisse systematischer Literaturanalysen bzw. Meta-Analysen als Entscheidungshilfen mit hohem Evidenzgrad ebenso einfließen wie die eigenen Erfahrungen des Arztes bzw. Zahnarztes. Darüberhinaus können in dieser Vorbereitungsphase etwa vorhandene unrealistische

Erwartungen des Patienten an das Behandlungsergebnis durch Veranschaulichung der Befunde und verständliche Erklärung der therapeutischen Möglichkeiten relativiert werden. Zum anderen sind die sich in einem dynamischen Prozess entwickelnden und den Behandlungsstandard bestimmenden Faktoren zu berücksichtigen, die einen immer höheren Spezialisierungsgrad des behandelnden Zahnarztes oder Arztes erfordern. Daher sollten die Kenntnisse, Erfahrungen und Fertigkeiten des behandelnden Zahnarztes oder Arztes sowie die organisatorischen und logistischen Voraussetzungen vor Beginn der Behandlung kritisch überprüft und erforderlichenfalls die interdisziplinäre Kooperation mit einem für bestimmte Behandlungsabschnitte spezialisierten Zahnarzt oder Arzt gesucht werden, die gerade in komplexen Behandlungsvorhaben eine immer größere Bedeutung gewinnt.

4.2. Ergebnisse von Untersuchungen zur Verweildauer von Implantaten – Identifizierung von prognosebeeinflussenden Faktoren im Rahmen implantat-prothetischer Rehabilitationen

Neben dem in Longitudinalstudien zu implantat-prothetischen Rehabilitationen zumeist verfolgten Ziel, die Eignung eines bestimmten Implantattyps und damit im Zusammenhang eines bestimmten prothetischen Therapiemittels zur langfristig erfolgreichen Behandlung zu untersuchen, ist es sinnvoll und notwendig, zusätzliche Informationen und Daten zu erheben und zu analysieren, um bis dahin nicht bekannte oder nicht beachtete Faktoren zu identifizieren, die als prognosebeeinflussende oder Risikofaktoren zu werten und gegebenenfalls bei Therapieentscheidungen sowie im Aufklärungsgespräch mit dem Patienten zu berücksichtigen sind.

Im Rahmen der von Strietzel et al. (2004) publizierten retrospektiven Untersuchung zum Verlauf und den Ergebnissen der implantat-prothetischen Rehabilitation unter Verwendung eines Stufenschrauben- bzw. Stufenzylinderimplantatsystems wurden Daten zur Bewertung verschiedener Erfolgskriterien unter Bezugnahme auf die anatomische Ausgangssituation und chirurgische sowie implantatspezifische Parameter ausgewertet.

Der Implantationsmodus, der Implantattyp, die Durchführung von Maßnahmen zur Verbreiterung des Alveolarfortsatzes am Implantationsort durch GBR oder Alveolarkammextension sowie die Indikationsgruppe hatten keinen Einfluss auf die Häufigkeit von Implantatverlusten, ebensowenig Implantatdurchmesser und -länge ($p > 0,1$). Implantate des Durchmessers von 5,5 mm und 6,5 mm kamen lediglich zu einem Anteil von 20 % bzw. 3 % zum Einsatz. In vereinzelt publizierten Publikationen wurde über deutlich verringerte Verweilraten von Implantaten mit großem Durchmesser zwischen 71 % im Oberkiefer und 81 % im Unterkiefer (Eckert et al. 2001) bzw. über Implantatverweilraten von 78,3 % im Oberkiefer gegenüber 94,5 % im Unterkiefer (Hultin-Mordenfeld et al. 2004) berichtet. Im Gegensatz dazu fanden Aparicio &

Orozco (1998) Verweilraten von 97,2 % im Oberkiefer und 83,4 % im Unterkiefer für durchmesserverstärkte Implantate. Renouard & Nisand (2006) analysierten in einer systematischen Literaturübersicht 5 Studien mit insgesamt 528 Implantaten mit großem Durchmesser bei 392 Patienten. Nach einer mittleren Beobachtungszeit von 23,5 Monaten wurde eine mittlere Implantatverweilrate von 95,6 % festgestellt. Erhöhte Verlustraten von Implantaten mit großem Durchmesser wurden mit der Lernkurve des Operateurs, einer verminderten Knochendichte, der Implantatbettpräparation und der Verwendung von Implantaten großen Durchmessers als „Rettungsimplantat“ unter a priori ungünstigeren lokalen anatomischen Bedingungen assoziiert. Allerdings stellten Renouard & Nisand (2006) fest, dass in neueren Studien, die eine an die Knochenqualität angepasste Präparation des Implantatbetts, die Verwendung von mikrostrukturierten Implantatoberflächen und eine strengere Indikationsstellung berücksichtigten, die Verweilraten für Implantate mit großem Durchmesser denen von Implantaten mit Standarddurchmessern vergleichbar waren.

Mit Hilfe der multivariaten Cox-Regressionsanalyse wurde von Strietzel et al. (2004) unter Berücksichtigung aller untersuchten Implantate festgestellt, dass die Implantate im Oberkiefer ein 2,1 fach höheres Verlustrisiko im Vergleich zu denen im Unterkiefer aufwiesen. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen Moy et al. (2005) bei Untersuchungen großer Kohorten (4680 Implantate bei 1140 Patienten): Bezogen auf die Anzahl der untersuchten Implantate zeigte sich ein nahezu doppelt erhöhtes Risiko des Implantatverlustes im Oberkiefer im Vergleich zum Unterkiefer ($p < 0,001$), besonders in den posterioren Abschnitten des Oberkiefers. Noack et al. (1999) stellten bei retrospektiven Untersuchungen zum Behandlungsverlauf mit 1964 Implantaten verschiedener Systeme bei 883 Patienten auch nach Berücksichtigung eines randomisierten Implantats pro Patient eine signifikant bessere Verweilrate von Implantaten im Unterkiefer im Vergleich zum Oberkiefer fest. Auch Becker et al. (1999), Naert et al. (2002) und Lekholm et al. (1999) fanden bei Langzeituntersuchungen an kleineren partiell zahnlosen Patientenkollektiven zur implantatprothetischen Rehabilitation insbesondere in den posterioren Kieferregionen eine geringere Verweilrate von Titanimplantaten mit maschinенbearbeiteter Oberfläche (Brånemark-Implantate) im Oberkiefer im Vergleich zu Implantaten im Unterkiefer, diese Unterschiede waren jedoch nicht signifikant.

Demgegenüber publizierten Romeo et al. (2004) und Testori et al. (2002) Implantatverweilraten nach sieben bzw. drei Jahren, die sich in Bezug auf die Implantationsorte in Oberkiefer und Unterkiefer nicht unterschieden. Verwendet wurden hierbei Schraubenimplantate aus Titan mit aufgerauhter bzw. durch Säureätzung mikrostrukturierter Oberfläche. Auch Strietzel & Reichart (2007) fanden in einer neueren Studie unter Verwendung von Schraubenzylinderimplantaten mit mikrostrukturierter Oberfläche in Bezug auf die Verweilrate der Implantate in Ober- und Unterkiefer keine Unterschiede. Dies

bestätigt Ergebnisse von Untersuchungen an Implantaten mit mittels dualer Thermoätzung oder Partikelstrahlung und Säureätzung mikrostrukturierter Oberfläche in vergleichbaren Beobachtungszeiträumen (Grunder et al. 1999b; Nedir et al. 2004).

Frauen hatten im Rahmen der von Strietzel et al. (2004) veröffentlichten Studie ein signifikant höheres Risiko des Implantatverlustes. Eine weitere Stratifizierung hinsichtlich allgemeinmedizinischer Besonderheiten wurde in der vorliegenden Studie nicht durchgeführt, sollte jedoch Gegenstand künftiger Untersuchungen sein, da hierzu teils kontroverse Ergebnisse aus anderen Studien vorliegen. So fanden Moy et al. (2005) keine signifikant verschiedene Implantatverlusthäufigkeit bei Männern und Frauen. Allerdings zeigte sich bei Patientinnen mit einer postmenopausalen Hormonsubstitutionstherapie (HST) ein 2,5 fach erhöhtes Risiko des Implantatverlustes im Vergleich zu Frauen ohne HST. Allerdings wurde die HST als möglicher Surrogatmarker für das Bestehen einer Osteoporose diskutiert, die wiederum mit der Osseointegration von Implantaten interferieren kann. Demgegenüber fanden Schwartz-Arad et al. (2000) eine signifikant verminderte kumulative Implantatverweilrate bei Männern nach 5 Jahren (84 %) im Vergleich zu Frauen (93,5 %) nach Sofortimplantationen in Extraktionsalveolen von Molaren. Degidi et al. (2005) stellten eine signifikant verringerte kumulative Implantatverweilrate bei Männern im Vergleich zu Frauen nach 5 Jahren ($p < 0,05$) nach Sofortbelastungen von Implantaten fest. Wagenberg & Froum (2006) ermittelten bei Männern eine signifikant erhöhte Implantatverlustrate nach Sofortimplantationen (5,2 %) im Vergleich zu Frauen (3,1 %) ($p = 0,0314$), ohne jedoch – wie auch die vorher genannten Autoren – weitere Anhaltspunkte zu den möglichen Ursachen zu präsentieren.

Verschiedene Operationsmethoden zur Verbesserung des vertikalen Knochenangebots für eine Implantation bieten heute die Möglichkeit der Implantation in durch vertikale Alveolarfortsatzatrophie kompromittierte Regionen: So ist zum Beispiel durch die Sinusbodenelevation und -augmentation zur Optimierung der Knochenquantität im posterioren Oberkiefer oder auch mit Hilfe der vertikalen Alveolarfortsatzdistraktion eine erfolgreiche implantat-prothetische Rehabilitation möglich (Chiapasco et al. 2004; Gaggl et al. 2000; Jensen et al. 2002; Strietzel 2004). Andererseits bergen diese operativen Maßnahmen neben dem erhöhten operativen und Nachsorgeaufwand auch gewisse Risiken und Komplikationsmöglichkeiten (Wolvius et al. 2007; Strietzel 2004), die kritisch in Bezug auf die zu erwartenden Behandlungsergebnisse abgewogen und in der präoperativen Aufklärung des Patienten berücksichtigt werden müssen. Es erscheint daher nur folgerichtig, dass gegenüber aufwändigen augmentativen Maßnahmen zur Vorbereitung des Einsatzes längerer Implantate alternativ der Einsatz kürzerer Implantate erwogen wird.

In der Literatur wurden jedoch für kürzere Implantate reduzierte Verweilwahrscheinlichkeiten angegeben (Goodacre et al. 1999; Grunder et al. 1999a; Lazzara et al. 1996; Lekholm et al. 1999; Naert et al. 2002; Quirynen et al. 1992). Hierbei handelte es sich zumeist um Titanimplantate mit maschinенbearbeiteter Oberfläche. Studien unter Verwendung von Implantaten mit durch Ätzung und bzw. oder Partikelstrahlung subtraktiv bearbeiteter mikrostrukturierter Oberfläche, wie sie in den letzten Jahren eingeführt wurden, berichten demgegenüber nicht nur über höhere Implantat-Knochen-Kontaktraten, sondern auch über höhere Erfolgsraten selbst kürzerer Implantate (Cochran et al. 2002; Grunder et al. 1999b, Nedir et al. 2004; Rocuzzo & Wilson 2002; Salvi et al. 2004; Testori et al. 2002). In einer systematischen Literaturübersicht zu kurzen Implantaten wurde eine Implantatverlustrate von 4,8 % festgestellt (das Neves et al. 2006). Die Beobachtungszeiträume der einbezogenen Studien waren mit 0,4 bis 14 Jahren sehr unterschiedlich. Die in diesen Studien untersuchten Implantate waren überwiegend Titanschraubenimplantate mit maschinенbearbeiteter Oberfläche (Brånemark-Implantate) oder Implantate vergleichbarer Makrostruktur. Die Verlustrate von 7 mm langen Implantaten mit einem Durchmesser von 3,75 mm betrug 9,7 %, die von Implantaten mit 4 mm Durchmesser gleicher Länge 7,5 %. 45 % der Implantatverluste traten nach Beginn der prothetischen Belastung auf, 63 % davon im ersten Jahr. Tawil et al. (2006) fanden in ihren Untersuchungen von Titanimplantaten mit maschinенbearbeiteter Oberfläche mit einer Länge von 10 mm oder weniger, dass weder das Verhältnis der Kronenlänge zur Implantatlänge noch das Ausmaß und die Art der okklusalen Belastung, das Auftreten von Bruxismus oder die Breite der Implantatschulter Einfluss auf den mesiodistalen periimplantären Knochenabbau ($p = 0,242$) hatten.

In der überwiegenden Zahl der untersuchten Studien wurde eine Knochenqualität der Gruppe 4 entsprechend der Klassifikation nach Lekholm & Zarb (1985) festgestellt. Ein Implantatmisserfolg wurde insbesondere mit einem Implantationsort im posterioren Oberkiefer und darüber hinaus auch mit einer okklusalen Überlastung in Verbindung gebracht. Hinweise auf die Bedeutung der Knochenqualität am Implantationsort und die Oberflächeneigenschaften der verwendeten Implantate finden sich auch in einer systematischen Literaturübersicht von Renouard & Nisand (2006). Hier zeigte sich bei 13 von 21 inkludierten Studien erhöhte Implantatverlusten kurzer Implantate (8 mm und kürzer) gegenüber längeren Implantaten. Die erhöhten Verlusten wurden mit dem Standardvorgehen bei der Implantatbettauflbereitung unabhängig von der Knochenqualität, dem Einsatz von Implantaten mit maschinенbearbeiteter Oberfläche sowie dem Einsatz in Bereichen mit geringer Spongiosadichte assoziiert. Allerdings fanden Renouard & Nisand (2006) in 6 neueren Publikationen (Erscheinungsjahr 2003 bis 2005) Implantatverweilraten für kurze Implantate, die denen von längeren Implantaten vergleichbar waren. Hierbei handelte es sich um Implantate mit mikrostrukturierten Oberflächen, die mit einem

modifizierten Aufbereitungsmodus des Implantatbetts in spongiösem Knochen eingesetzt wurden.

Das Neves et al. (2006) schlussfolgerten aus der von ihnen publizierten systematischen Literaturübersicht, dass der Einsatz kurzer Implantate als Risikofaktor bei der Therapieplanung berücksichtigt werden sollte, insbesondere dann, wenn ihr Einsatz in Alveolarfortsatzabschnitten mit geringer Spongiosadichte geplant ist. Andererseits wurde die Verwendung von 7 mm langen Implantaten mit Standarddurchmesser (3,75 mm) bei einer Erfolgsrate von 90 % als eine bedenkenswerte Alternative zu aufwändigen augmentativen Verfahren dargestellt, die ansonsten zur Vorbereitung des Implantationsortes vor der Insertion längerer Implantate zum Einsatz kommen müssten, für den Patienten unter Umständen belastender sind und höhere Behandlungskosten verursachen.

Diese zusammenfassende Wertung wird durch Ergebnisse der Untersuchungen von Strietzel & Reichart (2007) bei Verwendung von Implantaten mit subtraktiv mikrostrukturierter Oberfläche unterstützt: Auch hier hatte die Implantatlänge offenbar keinen Einfluss auf die Implantatprognose. Ebenso wenig zeigten sich Unterschiede beim Ausmaß des vertikalen und horizontalen Knochenabbaus zwischen den kurzen und langen Implantaten.

Zudem ergab die nach Implantatlänge stratifizierte Analyse für lange Implantate mit Dehiszenzen über der Deckschraube keine signifikant verschiedene Verweilrate verglichen mit den langen Implantaten ohne Dehiszenz über der Deckschraube. Bei den kurzen Implantaten unterschied sich die Verweilrate derjenigen Implantate mit Dehiszenz über der Deckschraube jedoch signifikant von der Verweilrate der ohne Dehiszenz eingehielten Implantate. Demzufolge kann eine vorzeitige Exposition der Deckschraube über kurzen Implantaten einen negativen Einfluss auf deren Langzeitprognose haben.

Raucher zeigten bei Verwendung langer Implantate in beiden Kohorten keine signifikanten Unterschiede der Verweilrate im Vergleich zu Nichtrauchern, während bei Verwendung kurzer Implantate signifikant verschiedene Verweilraten der Implantate zwischen Rauchern und Nichtrauchern festzustellen waren. Ohne Berücksichtigung der Implantatlänge zeigte sich in der von Strietzel & Reichart (2007) publizierten Untersuchung kein signifikanter Effekt des Rauchens auf die Implantatverweildauer. Dies bestätigt Ergebnisse neuerer Studien unter Verwendung von Implantaten mit durch subtraktive Mikrostrukturierung konditionierter Oberfläche, in denen sich kein signifikanter prognoselimitierender Einfluss des Rauchens darstellte (Aalam & Nowzari 2005; Grunder et al. 1999b; Kumar et al. 2002; Lemmerman & Lemmerman 2005).

Schon seit einigen Jahren ist bekannt, dass durch das Rauchen ein erhöhtes Risiko für Wundheilungsstörungen besteht (Jones & Triplett 1992; Meechan et al. 1988; Miller 1988; Sands et al. 1993). Als Ursachen hierfür werden eine gestörte Kollagensynthese (Jorgensen

et al. 1998), eine reduzierte periphere Durchblutung (Lehr 2000) und eine eingeschränkte Funktion polymorphkerniger Leukozyten und Makrophagen (Kenney et al. 1977; MacFarlane et al. 1992) angegeben. Damit im Zusammenhang stehen die Risiken eines periimplantären Knochenabbaus und erhöhter Implantatverlusten, die in einigen Studien berichtet wurden (Haas et al. 1996; Lemons et al. 1997; Lindquist et al. 1996). Zudem wurde Rauchen als signifikanter patientenabhängiger Risikofaktor für eine Parodontitis identifiziert (Palmer et al. 2005; Ramseier 2005).

Bei der Therapieplanung und -empfehlung durch den Arzt oder Zahnarzt, aber auch im Entscheidungsfindungsprozess des Patienten müssen neben den Informationen zum geplanten Therapieverlauf und -ergebnis auch die Risiken und Komplikationsmöglichkeiten und die damit im Zusammenhang stehenden Risikofaktoren Berücksichtigung finden (Strietzel 2003). Es erschien daher notwendig, die sich aus den oben genannten Untersuchungen ergebenden Zusammenhänge in Bezug auf das Rauchen und die Implantatprognose bzw. Beeinträchtigungen des Behandlungsergebnisses nach augmentativen Maßnahmen zu untersuchen und Vergleiche aus anderen Studien heranzuziehen, um gegebenenfalls das Rauchen als signifikanten Risikofaktor bei implantatprothetischen Rehabilitationen zu identifizieren und bei der Risikoanalyse vor implantologischen oder augmentativen operativen Vorhaben berücksichtigen zu können. Als Instrument im Rahmen der evidenzbasierten Zahnmedizin hat sich hierfür die systematische Literaturübersicht und Meta-Analyse bewährt (Bader et al. 1999; Türp & Meyer 2001; Türp et al. 2005).

Im Ergebnis der von von Strietzel et al. (2007) publizierten Meta-Analyse wurde festgestellt, dass Implantatverluste bei Rauchern signifikant häufiger auftreten als bei Nichtrauchern. Ebenso traten bei Rauchern signifikant häufiger Verluste von Implantaten auf, die im Zusammenhang mit augmentativen Maßnahmen eingesetzt worden waren. Die sich aus der systematischen Literaturübersicht ergebenden Aussagen bestätigen die der Meta-Analyse. Die im Rahmen der systematischen Literaturübersicht einbezogenen Studien umfassten Beobachtungszeiträume, die zum Teil über fünf Jahre hinausreichten und zeigten, dass das Risiko eines Implantatverlustes bei Rauchern auch längerfristig besteht. Zudem zeigen die Untersuchungen zum Auftreten periimplantärer entzündlicher Komplikationen und zum periimplantären Knochenabbau, dass Rauchen offenbar auch das Risiko für ein vermehrtes Auftreten prognoselimitierender Faktoren beinhaltet.

Ob die Verwendung von Implantaten mit subtraktiv konditionierten mikrostrukturierten Oberflächen das Risiko des Implantatverlustes bzw. des periimplantären Knochenabbaus bei Rauchern tatsächlich verringert, sollte in weiteren Untersuchungen mit größeren Stichprobenumfängen geklärt werden.

Zusätzliche Risikofaktoren, die sich aus der allgemeinen Anamnese der Patienten ergeben, sollten insbesondere im Zusammenhang mit dem Rauchen kritisch bewertet werden. Beispielhaft sei hierzu die von Balshi & Wolfinger (1999) publizierte Untersuchung zum Einfluss des Rauchens von Patienten mit Diabetes mellitus angeführt, in der zwar kein erhöhtes Implantatverlustrisiko von Rauchern im Vergleich zu Nichtrauchern festzustellen war, eine Implantatverlustrate von 5,7 % nach dem Ende der unbelasteten Einheilungsphase jedoch auf das erhöhte Implantatverlustrisiko bei Rauchern mit Diabetes mellitus hindeutete. Minsk & Polson (1998) zeigten in einer Studie an postmenopausalen Frauen mit und ohne Hormonsubstitutionstherapie (HST) zur Osteoporoseprävention, dass bei Patientinnen mit HST das Rauchen mit einem signifikant häufigeren Implantatverlust assoziiert war.

Für eine effektive Risikobewertung vor implantat-prothetischen Rehabilitationen in Bezug auf das Rauchen ist die Identifizierung des Rauchers notwendig. In allen ausgewerteten Studien wurden Fragebögen zur Feststellung des Raucherstatus des Patienten verwendet. Verschiedene Untersuchungen zeigten eine relativ hohe Zuverlässigkeit der von den Patienten in Fragebögen gemachten Angaben zum Raucherstatus (Fox et al. 1989; O’Loughlin et al. 2002). Daher sollten die in der Zahnarztpraxis eingesetzten Fragebögen zur allgemeinmedizinischen Anamnese auch Fragen zum Raucherstatus des Patienten enthalten, um die mit dem Tabakrauchen assoziierten Risiken für die Mundhöhle allgemein einschätzen zu können (Reichart et al. 2000). Der Hinweis, das Rauchen einzuschränken oder ganz einzustellen, der dem Patienten im Zusammenhang mit konkreten Informationen zum aktuellen Zustand der Gewebe der Mundhöhle gegeben wird, hat nach Untersuchungen von Macgregor (1996) einen signifikanten Effekt auf die Rauchergewohnheiten bzw. das Bestreben des Patienten, das Rauchen zu verringern oder ganz einzustellen. Dies ist – auch wenn der eigentliche Grund des Patienten für die Vorstellung beim Zahnarzt der Wunsch nach einer implantat-prothetischen Rehabilitation ist – umso wichtiger, als Rauchern im Allgemeinen das breite Spektrum der Gesundheitsrisiken durch das Rauchen offenbar nicht bewusst ist. In Großbritannien kennen lediglich 2/3 der Bevölkerung zum Beispiel das Risiko der Erkrankung am Mundhöhlenkarzinom durch das Rauchen. Es zeigt sich, dass Raucher zur Unterschätzung des eigenen Risikos neigen (Warnakulasuriya et al. 2005). Zur Differenzierung zwischen dem Rauchverhalten, die in die Auswahl verschiedener therapeutischer Interventionen mündet (Hamadah et al. 2007), wird häufig der Fagerström-Test (Fagerström & Schneider 1989) verwendet, der Rückschlüsse über den Ausprägungsgrad der Tabakabhängigkeit, die zu erwartende Schwere der Entzugssymptome und die Wahrscheinlichkeit eines Rückfalls gestattet. Ob diese Methoden auch bei der Risikobewertung vor Beginn oder zu therapeutischen Interventionen im Verlauf implantat-prothetischer Rehabilitationen effektiv anwendbar sind, müssen künftige Untersuchungen zeigen.

4.3. Risikofaktoren bei der gesteuerten Knochenregeneration

Das Ergebnis der mittels GBR angestrebten Defektrekonstruktion kann durch eine vorzeitige Membranexposition beeinträchtigt werden. Insbesondere bei Verwendung einer nichtresorbierbaren porösen Membran muss im Falle einer vorzeitigen Membranexposition mit einer Einschränkung des Ergebnisses der Defektaugmentation gerechnet werden. In einer Meta-Analyse wurde unter Einbeziehung von 60 Augmentationsorten an Implantaten aus 2 Studien festgestellt, dass bei 24 nicht vorzeitig exponierten Augmentationsorten eine sechsfach größere Menge an neugebildetem Knochen im Vergleich zu 36 Augmentationsorten mit vorzeitiger Membranexposition gefunden wurde ($p = 0,0018$) (Machtei 2001). Die Infektion des porösen Membranmaterials sowie eine sich etablierende Entzündungsreaktion der die Barrieremembran umgebenden Gewebe erfordert in der Regel eine vorzeitige Entfernung der Barrieremembran (Lang et al. 1994; Nowzari & Slots 1995).

Da im Falle einer vorzeitigen Membranexposition mit einem eingeschränkten Augmentationsergebnis oder einem Augmentationsmisserfolg zu rechnen ist, der insbesondere bei einem Defektaufbau im Zusammenhang mit dem Einsatz eines enossalen Implantats den Erfolg der geplanten Behandlung beeinträchtigen kann (Moses et al. 2005), kommt der retrospektiven Analyse von Behandlungsverläufen mit Komplikationen eine große Bedeutung zu – einerseits zur Ursachenerkennung und -vermeidung, andererseits um eine fundierte Risikoaufklärung des Patienten vor dem Beginn einer implantat-prothetischen Rehabilitation zu ermöglichen.

In der von Strietzel (2001) publizierten retrospektiven Untersuchung ergab eine detaillierte Analyse der Behandlungsverläufe statistisch signifikante Zusammenhänge zwischen dem Auftreten einer vorzeitigen Membranexposition und der Lage der Membran unter dem Inzisionsverlauf bzw. mit einer den Alveolarfortsatz krestal überdeckenden Membran ($p = 0,0004$). Obgleich Kleinheinz et al. (2005) bei der Wahl der Schnittführung zur Darstellung des Alveolarfortsatzes eine Inzision in der Mitte des Kieferkamms in den zahnlosen (Zone der geringsten Gefäßdichte) und einen marginalen Schnittverlauf in den zahntragenden Abschnitten empfehlen, sollte Untersuchungen von Park & Wang (2007) zufolge im zahnlosen Alveolarfortsatzbereich die mögliche Lageveränderung der Zone der geringsten Gefäßdichte insbesondere bei horizontal resorbierten Alveolarfortsatzabschnitten beachtet werden, um Nekrosen des Randes des Mukoperiostlappens mit nachfolgenden Wunddehiszenzen und vorzeitigen Membranexpositionen zu vermeiden. Auch die Dicke der palatinalen bzw. lingualen Gingiva hat einen signifikanten Einfluss auf den Heilungsverlauf (Park & Wang 2007). Die den Alveolarfortsatz von vestibulär nach lingual bzw. palatinal überdeckende Lage der Barrieremembran wird sich jedoch aufgrund der individuellen Defektkonfigurationen nicht immer vermeiden lassen.

Die Defektkonfiguration zeigte einen tendenziellen Einfluss auf die Häufigkeit der vorzeitigen Membranexposition: In der Gruppe der Patienten mit vorzeitiger Membranexposition war die Behandlung nicht raumbietender Defekte häufiger (88%) repräsentiert als in der Gruppe aller Patienten (78 %), jedoch war dieser Unterschied nicht signifikant. Dehiszenzdefekte, die als nicht raumbietende Defekte durch ein Defizit der Alveolarfortsatzbreite im krestalen Bereich charakterisiert sind, stellen den überwiegenden Anteil lokaler Alveolarfortsatzdefekte dar, die eine augmentative Versorgung vor oder im Zusammenhang mit einer Implantation erfordern (Hämmerle & Lang 2001; Zitzmann et al. 1997). Bei der augmentativen Behandlung von nicht raumbietenden Dehiszenzdefekten hat sich der Einsatz eines osteokonduktiven Knochenersatzmaterials zur Stützung der Membran beim Einsatz von nichtresorbierbaren Membranen aus ePTFE und von resorbierbaren Membranen aus Kollagen sowohl in tierexperimentellen Untersuchungen als auch in klinischen Studien bewährt (Friedmann et al. 2002; Hämmerle et al. 1998; Lorenzoni et al. 2002; Moses et al. 2005; Oh et al. 2003; Zitzmann et al. 1997). Jedoch zeigte sich, dass auch bei der Verwendung von osteokonduktivem Knochenersatzmaterial unter Kollagenmembranen vorzeitige Membranexpositionen zu einer signifikanten Einschränkung des Augmentationsergebnisses führen (Lorenzoni et al. 2002; Moses et al. 2005; Oh et al. 2003).

Der Anteil der vorzeitigen Expositionen von Barrieremembranen aus ePTFE zur GBR in der retrospektiven Studie von Strietzel (2001) war mit 44 % relativ hoch, jedoch vergleichbar mit den Ergebnissen anderer Autoren (Becker et al. 1995; Gher et al. 1994; Lorenzoni et al. 1998; Nowzari & Slots 1995). Als Risikofaktoren für das Auftreten einer vorzeitigen Exposition bei der Verwendung von ePTFE-Membranen sind neben der Schnittführung außerhalb des Bereiches der geringsten Vaskularisation auch das Rauchen bei der Indikationsstellung zu berücksichtigen und eine kritische Abwägung der geplanten Implantation mit GBR gegen alternative Behandlungsmethoden vorzunehmen.

In vergleichenden Untersuchungen zur Wirksamkeit von Barrieremembranen im Rahmen der GBR wurden bislang überwiegend die Ergebnisse der knöchernen Defektheilung nach 3 bis 6 Monaten Heilungsphase betrachtet (Aaboe et al. 1998; Avera et al. 1997; Crump et al. 1996; Friedmann et al. 2001; Friedmann et al. 2002). Differenzierte Aussagen zur Indikationsstellung für die Verwendung bestimmter Membranmaterialien konnten jedoch aufgrund fehlender Betrachtungen der Hart- und Weichgewebe in der Umgebung verschiedener Membranen unter Berücksichtigung auch kürzerer Einsatzzeiten bislang nicht getroffen werden.

In der von Strietzel et al. (2006) publizierte tierexperimentelle Untersuchung der Barrierefunktion verschiedener synthetischer und xenogener resorbierbarer sowie nichtresorbierbarer Membranen war die knöcherne Heilung der Defekte nach 12 Wochen

abgeschlossen. Sowohl unter den für Serum permeablen nichtresorbierbaren Membranen als auch unter der nichtpermeablen Membran aus dPTFE konnte eine störungsfreie und vollständige knöcherne Regeneration des Defektes beobachtet werden. Dies bestätigt tierexperimentelle Untersuchungen an perforierenden Defekten der Mandibula, welche mit dPTFE-Membran abgedeckt wurden und bereits nach 2 Wochen eine knöcherne Gewebebrücke im Defektlumen sowie nach 10 Wochen eine komplette knöcherne Regeneration zeigten. Die mit dem reponierten Weichgewebe bedeckten Kontrolldefekte zeigten hingegen auch nach 10 Wochen nur eine geringe knöcherne Regeneration (Bartee & Carr 1995).

Unterhalb der nichtresorbierbaren zellokklusiven permeablen ePTFE-Membran wurden nach 4 Wochen mehrschichtiges fibröses Gewebe zwischen der Membran und der Knochenoberfläche gefunden. Während nach 4 und 8 Wochen keine zelluläre Besiedelung der inneren Anteile der ePTFE-Membran gefunden wurden, zeigte sich nach 12 Wochen innerhalb der porösen ePTFE-Membranstruktur vereinzelt das Einwachsen von Knochen. Dies weist auf die gute Gewebeerträglichkeit dieses Barrierematerials hin. Demgegenüber wurden bei *in vitro* Untersuchungen zur Kultivierung von Osteoblasten auf verschiedenen Membranmaterialien aus resorbierbaren synthetischen Polymeren und Kollagen zwar hohe Zellzahlen, auf ePTFE-Membranen jedoch nur sehr wenige Zellen gefunden (Takata et al. 2001). Experimentelle Untersuchungen zeigten andererseits, dass ePTFE-Membranen für Bakterienakkumulation und -penetration günstige Oberflächeneigenschaften besitzen (Chen et al. 1997; Nowzari et al. 1996). Daher besteht bei vorzeitigen Expositionen von ePTFE-Membranen zum Mundhöhlenmilieu das Risiko eines zumindest partiellen Verlustes von augmentiertem Gewebe durch bakterielle Infektion und Entzündung (Nowzari & Slots 1995; Simion et al. 1994).

In einer histologischen Untersuchung von ePTFE-Membranen, die nach klinischem Einsatz über 6 Monate entfernt wurden, zeigte sich innerhalb der Membranen bei 2 von 10 Patienten vereinzelt neugebildeter Knochen (Piattelli et al. 1996). Dahlin et al. (1998) hingegen berichteten über ein Durchwachsen des Membranmaterials durch fibröses Gewebe. Auch hier fand sich – wie in der Untersuchung von Strietzel et al. (2006) – eine Schicht mehrlagigen und teils gefäßdurchzogenen fibrösen Gewebes zwischen der ePTFE-Membran und dem darunterliegenden Knochen. Dies wird als Gewebereaktion auf Mikrobewegungen des hydrophoben ePTFE-Membranmaterials durch den Druck bzw. die Bewegungen des bedeckenden Weichgewebes angesehen (Dahlin et al. 1998) und begründete die Forderung nach einer Fixierung von ePTFE-Membranen zur weitgehenden Vermeidung dieser Mikrobewegungen, der in verschiedenen klinischen Studien durch die Verwendung von Fixierungsnägeln oder -schrauben gefolgt wurde (Buser et al. 1996; Friedmann et al. 2002; Strietzel 2001).

Die Untersuchung der Proben mit pTi zeigten mit dem dichten dPTFE-Material vergleichbare Befunde: Nach 4 und auch nach 8 Wochen Liegedauer waren dickere mehrschichtige Bindegewebsstrukturen oberhalb und nur dünne Bindegewebschichten zwischen Barrierematerial und Knochen festzustellen, so dass bei dichten nichtpermeablen und nichtporösen Barrierematerialien von einer bindegewebigen Kapselbildung ohne Einsprossen von Fasern oder Zellen in das Material auszugehen ist – auch wenn sie wie im Falle der pTi-Folie mit Mikroperforationen versehen sind.

Bereits nach vier Wochen Liegedauer zeigte sich an den synthetischen resorbierbaren Membranen aus PLPG und LPGTC eine Auflockerung und Lückenbildung innerhalb der Faserstruktur. Innerhalb dieser aufgelockerten Strukturen wurden fibröses Bindegewebe und vereinzelte Gefäße sowie in der Nähe von Membranresten auch Riesenzellen gefunden. Direkt über dem Defekt zeigte sich unterhalb der synthetischen resorbierbaren Membranen ein relativ dicker Bereich irregulär angeordneten fibrösen Bindegewebes. Dieser Befund wie auch ein Fortschreiten der Auflockerung der Struktur der Barrieremembranen und die Anwesenheit von Riesenzellen zeigte sich nach acht Wochen Liegedauer dieser Membranen in verstärktem Maße. Hutmacher et al. (1996) gaben bei Untersuchungen zu Materialeigenschaften von Barrieremembranen aus Polylactid und Polyglycolid zudem eine erhöhte Azidität im umgebenden Gewebe im Verlaufe des Biodegradationsprozesses an. Dies und die Anwesenheit von Fremdkörperriesenzellen, die auch von von Arx et al. (2005) beschrieben wurde, mag die eher geringe Verbreitung der synthetischen resorbierbaren Membranmaterialien bei der GBR begründen. Demgegenüber finden heute Barrieremembranen aus Kollagen – zumeist porzinen oder bovinen Ursprungs – im Rahmen der GBR breite Anwendung, da sie auch im Falle einer vorzeitigen Exposition gegenüber dem oralen Milieu eine Besiedelung durch Fibroblasten und Epithelzellen auf der exponierten Oberfläche zulassen und so die Möglichkeit einer sekundären Epithelisation bieten (Rothamel et al. 2005). Dies wurde bei Expositionen von bovinen Kollagenmembranen im Rahmen einer klinischen Studie bestätigt (Friedmann et al. 2001).

Das Prolabieren der in der von Strietzel et al. (2006) publizierten Untersuchung verwendeten Kollagenmembran (CL) in den Defekt nach 4 Wochen bzw. die ebenfalls nach 4 Wochen erkennbaren strukturellen Veränderungen der synthetischen resorbierbaren Membranmaterialien (PLPG, LPGTC) unterstreichen die Bedeutung des Einsatzes osteokonduktiver Knochenersatzmaterialien bzw. autogenen Knochens insbesondere bei Verwendung dieser Barrieremembranen zur gesteuerten Knochenregeneration, um einerseits die Membran zu stützen und ein Prolabieren der Membran in den Defekt durch den Druck des darüber liegenden Weichgewebes zu verhindern und um andererseits ein Leitgerüst für die knöcherne Defektregeneration zu bieten, so dass im Falle einer bereits nach 4 Wochen

einsetzenden Auflösung der Struktur der Membran dennoch mit einsetzender Geflechtknochenbildung erste Schritte der knöchernen Regeneration erfolgt sind.

Die Eignung der im Rahmen der tierexperimentellen Untersuchung von Strietzel et al. (2006) verwendeten nichtresorbierbaren und resorbierbaren Membranmaterialien für den Einsatz als Barrierematerialien für die gesteuerte Knochenregeneration konnte bestätigt werden. Sowohl beim Einsatz der ePTFE-Membran als auch bei Verwendung der übrigen im Rahmen der Studie verwendeten resorbierbaren und nichtresorbierbaren Membranen verlief die knöcherne Regeneration in allen Defekten ohne Störungen und in charakteristischer Weise. Die nichtresorbierbaren Membranmaterialien verhinderten ohne den zusätzlichen Einsatz von Knochenersatzmaterial als Defektfüllung das Einwachsen von Weichgewebe in den raumbietenden Defekt. Insbesondere die Regeneration der Defekte ausgehend von den knöchernen Defektwänden unterhalb des nichtpermeablen Barrierematerials unterstreicht die Bedeutung des für die Defektregeneration wichtigen Zugangs von Blutgefäßen und vitalem Knochengewebe zum Defekt.

Beim Einsatz resorbierbarer Barrieremembranen aus Kollagen bzw. synthetischen Polymeren sollten die Membranen aufgrund ihrer eingeschränkten Formstabilität durch ein osteokonduktives Knochenersatzmaterial oder autogenen Knochen unterstützt werden, um ein Prolabieren des Membranmaterials in raumbietende und auch nichtraumbietende Defekte zu verhindern.

4.4. Klinische Untersuchungen zum Einfluss der Osteotomtechnik auf den periimplantären Knochenabbau unter Berücksichtigung der Knochenqualität

Ergebnisse experimenteller in vitro und in vivo Untersuchungen zur Osteotomtechnik deuteten darauf hin, dass durch den Einsatz der Osteotomtechnik und die damit verbundene Kondensierung des Knochens Veränderungen der Knochenqualität zu erwarten sind. Durch in vitro Untersuchungen am Unterkiefer des Mischschweins konnte an Schraubenimplantaten nach konventioneller Implantatbettauflbereitung (Implantatbettgestaltung durch Bohrer oder durch Bohren und Gewindeschnitt) im Vergleich zu non-ablativer Präparation unter Verwendung der Osteotomtechnik gezeigt werden, dass die Primärstabilität der mittels konventioneller Implantatbettauflbereitung eingesetzten Implantate – beurteilt durch das Ausdrehmoment – am größten war und sich sowohl mit als auch ohne Gewindeschnitt signifikant von der geringeren Primärstabilität mittels Osteotomtechnik eingesetzter Implantate unterschied. Die Beurteilung der Primärstabilität der Implantate mittels Resonanzfrequenzanalyse ergab jedoch keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf die Implantatbettauflbereitungsmethoden (Büchter et al. 2003).

Bei in vivo Untersuchungen an kleinen Säugetieren zeigten sich Veränderungen in der Qualität des knöchernen Implantatlagers nach Aufbereitung mit Osteotomtechnik. So fanden Büchter et al. (2005a) bei vergleichenden Untersuchungen zur konventionellen Implantatbett-aufbereitung mittels Bohrer bzw. Osteotomtechnik und Einsatz von Schraubenimplantaten an Meerschweinchen nach 7 und auch nach 28 Tagen im Ausdrehversuch eine signifikant erhöhte Stabilität der Implantate nach konventioneller Präparation des Implantationsortes. Auch in diesem Versuchsaufbau zeigte die Resonanzfrequenzanalyse keine signifikanten Unterschiede der Implantatstabilität hinsichtlich der Implantatbettpräparationsmethoden. Die histologische Beurteilung des periimplantären Knochens wies jedoch bei der Osteotomtechnik auf frakturierte Spongiosabälkchen nach 7 Tagen hin, die nach 28 Tagen nicht mehr nachweisbar waren. Eine Beschreibung der Knochenqualität wurde jedoch nicht gegeben, so dass eine Zuordnung zu einer charakteristischen Knochenqualitätsgruppe wie zum Beispiel nach Lekholm & Zarb (1985) nicht möglich war. Nkenke et al. (2002) fanden bei histomorphometrischen Untersuchungen zum Implantatoberflächen-Knochen-Kontakt von Zylinderimplantaten nach konventioneller (Bohrung) und non-ablativer Implantatbettpräparation (Osteotomtechnik) nach zwei und vier Wochen einen signifikant größeren Knochenkontakt der mit Osteotomtechnik eingesetzten Implantate im Vergleich zu den konventionell eingesetzten. Auch nach acht Wochen war der Knochen-Implantat-Kontakt bei Implantaten nach Osteotomtechnik größer, der Unterschied war jedoch nicht signifikant.

Die im in vivo Experiment von Büchter et al. (2005a) festgestellte verringerte Primärstabilität der mittels Osteotomtechnik eingesetzten Implantate wurde auf die Veränderung der Qualität des periimplantären Knochens durch Mikrofrakturen zurückgeführt. Gleichzeitig scheint die Osteotomtechnik die Knochenneubildung im trabekulären Knochen zu fördern und zu beschleunigen.

Diese Ergebnisse wurden durch in vivo Untersuchungen an größeren Säugetiermodellen überprüft. Beim Einsatz der Osteotomtechnik zur Implantatbettpräparation vor dem Einsatz von Schraubenimplantaten in der distalen und proximalen Tibia von Göttinger Minischweinen konnte von Büchter et al. (2005b) im Vergleich zur konventionellen Implantatbettpräparation nach 7 Tagen kein signifikanter Unterschied der Implantat-Knochen-Kontaktrate festgestellt werden. Nach 28 Tagen war der Implantat-Knochen-Kontakt bei den mittels konventioneller Technik eingesetzten Implantaten signifikant höher.

Schlegel et al. (2003) fanden beim vergleichenden Einsatz der konventionellen und der Osteotomtechnik zur Implantatbettpräparation vor Einsatz von Schraubenimplantaten im Os frontale ausgewachsener Schweine bei der histomorphometrischen Beurteilung nach zwei Wochen einen signifikant höheren Knochen-Implantat-Kontakt und eine signifikant höhere periimplantäre Knochen-trabekeldichte nach Osteotomtechnik gegenüber der konventionellen

Implantatbettauflbereitung. Diese Unterschiede waren jedoch ab der vierten Woche nicht mehr nachweisbar. Die Knochendichte und der Implantat-Knochenkontakt waren gegenüber den Ausgangswerten nach Osteotomtechnik sogar reduziert. Die zunächst festgestellte Steigerung der Knochenstrabekeldichte nach Osteotomtechnik wurde durch die regional gesteigerte Osteoklasten- und Osteoblastenaktivität reduziert und glich sich nach vier Wochen der nach konventioneller Implantatbettpräparation an (Schlegel et al. 2003), so dass auch nach Anwendung der Osteotomtechnik bei der Osseointegration von Implantaten von einem aus der konventionellen (ablativen) Implantatbettauflbereitung bekanntem Übergang von der Primär- in die Sekundärstabilität ausgegangen werden kann.

Die von Strietzel et al. (2002) im Rahmen einer retrospektiven Untersuchung festgestellte Implantatverlustrate betrug 9 %. Nach Beginn der prothetischen Belastungsphase traten im Verlaufe der angegebenen Beobachtungszeit keine Implantatverluste mehr auf. Etwas geringere Verlustraten wurden von Summers (1994a), de Wijs & Cune (1997) und Shalabi et al. (2007) publiziert.

Während Summers (1994b) die Knochenqualität der Implantationsorte in der von ihm publizierten Studie als Klasse IV (weitmaschige Spongiosa) entsprechend den Kriterien nach Misch (1993b) kategorisierte, fand eine stratifizierte Auswertung der Implantatverweilrate als Indikator des Behandlungserfolges unter Berücksichtigung der Knochenqualität der Implantationsorte bei de Wijs & Cune (1997) und bei Shalabi et al. (2007) keine Berücksichtigung.

Eine präoperative Beurteilung der Knochenqualität anhand von Panoramaschichtaufnahmen ist verfahrensbedingt eher kritisch einzuschätzen, eine engere Beziehung zwischen der klinisch feststellbaren und der röntgenologisch anhand der Hounsfield-Einheiten eingeschätzten Knochenqualität konnte durch experimentelle und klinische CT-Auswertungen gezeigt werden (Homolka et al. 2002; Norton & Gamble 2001). Dennoch wird zumeist intraoperativ mittels manueller Perzeption bei der Pilotbohrung zur Darstellung des Implantationsortes (Truhlar et al. 1997) oder bei der Präparation des Gewindes für Schraubenimplantate bzw. beim Einsetzen selbstschneidender Schraubenimplantate (Friberg 2002; Jaffin & Berman 1991) eine Einschätzung der Knochenqualität vorgenommen. Das röntgenologisch darstellbare marginale Knochenniveau bzw. der Ausschluss des marginalen Knochenabbaus am Implantat gilt im Zusammenhang mit verschiedenen klinischen Parametern als wichtiges Kriterium zur Bewertung des Behandlungserfolges (Albrektsson et al. 1986; Albrektsson & Isidor 1993; Jahn & d'Hoedt 1992; Roos et al. 1997). Der hohe prädiktive Wert der Röntgenuntersuchung zur Feststellung eines Implantatmisserfolges wurde von Gröndahl & Lekholm (1997) bestätigt. Die von Strietzel et al. (2002) publizierten Mediane für den marginalen Höhenverlust des periimplantären Knochenniveaus lagen bei 0,8 bis 1,2 mm und damit in dem von de Wijs & Cune (1997)

publizierten Bereich (0,8 bis 1,3 mm) und zeigten eine signifikante Abhängigkeit von der Knochenqualität am Implantationsort. Implantate, die mittels Osteotomtechnik in einem Knochenlager mit deutlich spongiöser Qualität und dünner Kortikalis eingesetzt wurden, zeigten einen signifikant geringeren Knochenabbau als Implantate, die in einem Gebiet mit dicker Kortikalis und engmaschiger Spongiosa nach Osteotomtechnik zum Einsatz kamen. Die Indikation zum Einsatz der Osteotomtechnik zur Verbreiterung des Alveolarfortsatzes unmittelbar am geplanten Implantationsort sollte somit anhand der bei der Pilotbohrung zur Darstellung des Implantationsortes festgestellten Knochenqualität kritisch überprüft werden. Bei Feststellung einer vergleichsweise hohen Knochenstrabekeldichte oder kompakter Knochenqualität ist der Implantatbettauferungsmodus entsprechend anzupassen und gegebenenfalls vom Einsatz der Osteotomtechnik Abstand zu nehmen.

4.5. Prognoserelevante Faktoren und Risiken bei der Sinusbodenelevation und -augmentation

Zur Entscheidungsfindung vor Durchführung einer SBEA sind neben den eigenen klinischen Erfahrungen auch die Erkenntnisse aus wissenschaftlichen Publikationen von klinischen Studien zur Prognose und zu Risikofaktoren zu berücksichtigen. Eine etablierte Methode hierzu ist die systematische Literaturanalyse.

Die von Strietzel (2004) im Rahmen einer systematischen Literaturübersicht aus retrospektiven Studien ermittelte mediane Verweilwahrscheinlichkeit der Implantate, die im Zusammenhang mit der SBEA eingesetzt wurden, betrug 92,7 % nach einem medianen Beobachtungszeitraum von 5 Jahren. Diese Ergebnisse sind vergleichbar denen, die mittels Meta-Analyse von Tong et al. (1998) mit 93 % nach 4 Jahren Beobachtungszeit bzw. in systematischen Literaturübersichten von Kreisler et al. (2006) mit 92 % nach über 3 Jahren und von Chiapasco et al. (2006) mit 92,6 % nach Beobachtungszeiträumen zwischen 6 und 134 Monaten berechnet wurden.

Zwischen den Verteilungen der Implantatverlusthäufigkeiten wurden von Strietzel (2004) unter Berücksichtigung der verwendeten Augmentationsmaterialien keine signifikanten Unterschiede festgestellt. In den hier inkludierten Untersuchungen kam als Knochenersatzmaterial überwiegend deproteinisierter boviner Knochen zum Einsatz. Demineralisierte gefriergetrocknete Knochenmatrix und synthetische Knochenersatzmaterialien (Hydroxylapatit, β -Trikalziumphosphat, Kalziumsulfat) spielten eine untergeordnete Rolle. Kreisler et al (2006) fanden in einer systematischen Literaturübersicht eine Implantatverweilrate von 93,1 % bei Verwendung von partikulärem autogenem Knochen sowie 93,8 % bei Verwendung einer Kombination von partikulärem autogenem und alloplastischem, xenogenem und bzw. oder gefriergetrocknetem demineralisiertem Knochen.

Die alleinige Verwendung von homologem (3 Studien, Implantatverweilrate 89 % nach 1 Jahr) und heterologem Knochen (2 Studien, Implantatverweilrate 95,7 % nach über 2 Jahren) und alloplastischem Knochenersatzmaterial (2 Studien, Implantatverweilrate 100 % nach 2 Jahren) spielte auch hier bezüglich der Studienanzahl eine untergeordnete Rolle.

Block & Kent (1997) publizierten unter Berücksichtigung von kumulativen Implantatverweilwahrscheinlichkeiten aus 13 klinischen Studien bei alleiniger Verwendung von autogenem Knochen eine kumulative Verweilwahrscheinlichkeit der Implantate von 96 % nach 3 Jahren bzw. von 94,3 % nach 2 Jahren Beobachtungszeit bei Einsatz von autogenem Knochen in Kombination mit Knochenersatzmaterial oder Knochenersatzmaterial allein. Aus den von Jensen et al. (1998) publizierten Daten wurden bei Berücksichtigung eines 5-jährigen Beobachtungszeitraumes Implantatverweilraten von 91 % bei alleiniger Verwendung von autogenem Knochen als Augmentationsmaterial, 91,5 % bei Verwendung von autogenem Knochen und Knochenersatzmaterial sowie 94 % bei alleiniger Verwendung von Knochenersatzmaterial ermittelt. Statistische Analysen zur Feststellung von Unterschieden bezüglich der verschiedenen Augmentationsmaterialien wurden in diesen Untersuchungen ebenso wenig vorgenommen wie in der Meta-Analyse von Aghaloo & Moy (2007), in der unterschiedliche Implantatverweilwahrscheinlichkeiten unter Berücksichtigung der zur Augmentation verwendeten Materialien (autogener Knochen: 91 % Implantatverweilwahrscheinlichkeit; xenogene Knochenersatzmaterialien: 95,6 %; alloplastische Knochenersatzmaterialien: 81 %; Kombination verschiedener Knochenersatzmaterialien: 96 %) bei variierenden Beobachtungszeiträumen gefunden wurden.

Bei einer Kombination von autogenem Knochen und Knochenersatzmaterial oder alleinigem Einsatz von Knochenersatzmaterial ist davon auszugehen, dass längerfristig ein periimplantäres Lagergewebe besteht, welches sich von autogenem Knochen unterscheidet. Inwiefern dies langfristig Konsequenzen für die Infektionsabwehr, Entzündungs- und Immunantwort der periimplantären Hartgewebe haben wird, wurde in den ausgewerteten Studien nicht untersucht. Allerdings scheinen Implantate nach SBEA unter einem höheren Risiko des marginalen Knochenabbaus zu stehen als Implantate im posterioren Oberkiefer ohne SBEA (Chan et al. 1996, Kahnberg et al. 2001, de Leonardi & Pecora 1999, Lorenzoni et al. 2000).

Die Ergebnisse aus der von Strietzel (2004) publizierten systematischen Literaturübersicht bezüglich des Einflusses des chirurgischen einzeitigen oder zweizeitigen Vorgehens wurden später von Kreisler et al. (2007) bestätigt: Hier wurden gewichtete mittlere Implantatverweilraten von 89,9 % nach 35,7 Monaten mittlerer Beobachtungszeit für das einzeitige Vorgehen sowie 88,6 % nach 32,7 Monaten für das zweizeitige Vorgehen berechnet. Demgegenüber zeigten Ergebnisse einer retrospektiven Studie beim einzeitigen Vorgehen mit 7 % tendenziell weniger Implantatverluste als beim zweizeitigen Vorgehen (16 %) (Kan et al.

2002). Auch Wannfors et al. (2000) fanden angesichts einer kumulativen Verweilwahrscheinlichkeit von 94 % für Implantate im posterioren Oberkiefer ohne SBEA im Gegensatz zu Implantaten, die im posterioren Oberkiefer mit SBEA einzeitig (kumulative Verweilwahrscheinlichkeit 79 %, Odds Ratio für Implantatverlust 8,9) bzw. im zweizeitigen Verfahren (89 %, Odds Ratio für Implantatverlust 2,3) eingesetzt wurden, ein deutlich erhöhtes Verlustrisiko für Implantate, die im einzeitigen Vorgehen mit SBEA implantiert wurden. Ähnliche Ergebnisse publizierten Jensen et al. (1998) in ihrer Übersichtsarbeit bei selektivem Einschluss von autogenem Knochen als Augmentationsmaterial.

Bezüglich des verwendeten Implantattyps und seiner Oberfläche im Zusammenhang mit SBEA waren bei Strietzel (2004) keine signifikanten Unterschiede darstellbar. Tendenziell zeigten Schraubenimplantate mit rauer Oberfläche die geringste Implantatverlustrate. Ähnliche Ergebnisse fanden Kreisler et al. (2007) in ihrer systematischen Literaturübersicht: Die mittlere Implantatverweilrate betrug für Schraubenimplantate mit maschinенbearbeiteter Oberfläche 87,8 % nach 35,3 Monaten und mit rauer Titanoberfläche 93,3 % nach 37,5 Monaten. Hydroxylapatitbeschichtete Implantate zeigten hier eine Implantatverweilrate von 90 % nach 35,9 Monaten. Obgleich die Implantatverlustraten bei Schraubenimplantaten mit rauer Oberfläche etwas geringer waren als bei Schraubenimplantaten mit maschinенbearbeiteter und Zylinderimplantaten mit rauer Oberfläche, scheint angesichts der von Strietzel (2004) publizierten Literaturübersicht der Implantattyp als signifikanter Risikofaktor eine untergeordnete Rolle zu spielen, sofern es sich nicht um ein primär transgingival einheilendes Implantatsystem handelt (Ellegaard et al. 2006). Dies scheint Ergebnisse einer multivariaten Analyse zu bestätigen, wonach eine signifikant schlechtere Prognose von Implantaten im Zusammenhang mit einer SBEA bei unkontrollierter mechanischer Frühbelastung, aber auch bei postoperativem Auftreten von Fisteln und Sinusitis maxillaris beobachtet wurde (Johansson et al. 1999).

Während in den von Strietzel (2004) ausgewerteten Studien nur vereinzelt über Einrisse der Kieferhöhlenschleimhaut als intraoperative Komplikation mit negativen Konsequenzen bei der Verwendung von partikulärem KEM berichtet wurde (van den Bergh et al. 2000; Wiltfang et al. 1999), gaben Kreisler et al. (2007) eine Inzidenz mit 18,4 % an. Als postoperative Komplikationen nach SBEA sind hauptsächlich Implantatverluste und Sinusitiden zu berücksichtigen.

Auch auf Allgemeinerkrankungen (Zustand nach Myocardinfarkt, Diabetes mellitus, Alkoholabusus) und Mundhygienedefizite als Risikofaktoren für Implantatverluste bei SBEA wurde nur vereinzelt eingegangen (Block & Kent 1997; Kan et al. 2002; Rhagoobar et al. 1999). Als weitere Risikofaktoren für einen Implantatverlust im Zusammenhang mit einer SBEA wurden in einzelnen Publikationen die Verwendung von reduzierten Implantatlängen (Block et al. 1998; Blomqvist et al. 1998; Ellegaard et al. 2006; Keller et al. 1999; Wheeler 1997), eine

Restbeziehung mit erkranktem Parodontium (Ellegaard et al. 2006) sowie eine mangelhafte Primärstabilität (Kan et al. 2002; Tawil & Mawla 2001) benannt.

Angesichts der signifikanten Zusammenhänge zwischen Implantatverlusten nach SBEA und dem Rauchen (Block & Kent 1997; Chan et al. 1996; Geurs et al. 2001; Hallman et al. 2002; Kan et al. 1999; Keller et al. 1999; Ludwig et al. 1997; Mayfield et al. 2001; Olson et al. 2000; Regev et al. 1995; Small et al. 1993; Widmark et al. 2001) sollte die Indikation zur SBEA bei starken Rauchern grundsätzlich kritisch und im Kontext mit weiteren Anhaltspunkten für die erforderliche optimale Compliance gestellt werden. Strietzel et al. (2007) publizierten in einer Meta-Analyse eine OR von 3,61 für die Implantatverlusthäufigkeit von Rauchern gegenüber Nichtrauchern im Zusammenhang mit augmentativen Maßnahmen (überwiegend SBEA).

5. Zusammenfassung

Die Anwendung enossaler dentaler Implantate ist ein wissenschaftlich anerkannter integraler Bestandteil der modernen Zahnmedizin. Neben Indikationsbereichen in Epithetik und Kieferorthopädie dienen sie überwiegend der Verankerung von Zahnersatz in unterschiedlichen Indikationsbereichen. Neben der ursprünglich verfolgten Zielstellung, Zahnersatz mit Hilfe von Implantaten auch unter ungünstigen anatomischen Bedingungen im zahnlosen Kiefer zu verankern, erlangen heute zunehmend Implantationen zur Verankerung von feststehendem Zahnersatz sowie implantatgetragener Einzelzahnersatz in ästhetisch anspruchsvollen Situationen an Bedeutung. Die Prognose implantat-prothetischer Rehabilitationen ist heute der konventioneller prothetischer Behandlungen vergleichbar, zum Teil sogar überlegen. Zudem gelingt es durch wissenschaftlich begründete und klinisch etablierte operative Verfahren, zunächst ungünstige anatomische Ausgangsbedingungen so umzugestalten, dass Implantate an der für die prothetische Versorgung optimalen Position eingesetzt werden können.

Da es sich bei implantat-prothetischen Rehabilitationen um sehr komplexe diagnostische, Therapieplanungs- und Behandlungsabläufe handelt, sind die Mitarbeit des Patienten und seine Compliance unbedingt erforderlich. Diese ist bereits im Vorfeld der Behandlung in einem Prozess zu erarbeiten, der neben der zusammenfassenden und kritischen Bewertung der Befunde im Kontext mit den individuellen Risiken und Besonderheiten des Patienten auch die für den Patienten nachvollziehbare Darstellung der sich daraus ergebenden Behandlungsoptionen und -alternativen sowie ihrer Möglichkeiten und Grenzen bzw. Vorteile und Risiken beinhaltet. In die Entscheidungsprozesse sollten hierzu neben den klinischen Erfahrungen des Arztes bzw. Zahnarztes auch gegebenenfalls vorliegende Behandlungsleitlinien oder Ergebnisse systematischer Literaturanalysen bzw. Meta-Analysen einfließen.

Es war das Ziel der vorliegenden Zusammenfassung von Untersuchungen zur Verweildauer von Implantaten sowie Möglichkeiten und Risiken des Aufbaus lokaler Alveolarfortsatzdefekte vor oder in Zusammenhang mit Implantationen, Risiken vor implantat-prothetischen Rehabilitationen zu erkennen und zu bewerten.

Die im Rahmen von zwei Studien ausgewerteten Daten zum Behandlungsverlauf bei implantat-prothetischen Rehabilitationen ließen den Schluss zu, dass das Auftreten einer Komplikation – insbesondere die vorzeitige Exposition der Implantatdeckschraube oder des Implantats – signifikant mit einer Prognoseeinschränkung bzw. einer periimplantären Mukositis assoziiert und daher als potenzieller Risikofaktor anzusehen ist. Vorzeitige Expositionen der Implantatdeckschrauben traten häufiger bei Vorliegen einer geringen Gingivadicke über dem Implantationsort auf, daher kommt einer entsprechenden Planung der Schnitfführung und der möglichst schonenden chirurgischen Präparation zum Erhalt einer guten Blutversor-

gung der Wundränder eine hohe Bedeutung zu. Zusätzliche Risikofaktoren, die – wie zum Beispiel das Rauchen – die Wundheilung beeinträchtigen, müssen bei der Planung der Operation kritisch berücksichtigt werden.

Darüber hinaus zeigte sich beim Einsatz von Stufenschraubenimplantaten eine erhöhte Zahl von Implantatverlusten im Oberkiefer, so dass diese Implantationsregion mit ihren anatomischen Besonderheiten in der prätherapeutischen Risikoabschätzung berücksichtigt werden muss. In der Studie zum Einsatz von Schraubenzylinderimplantaten mit mikrostrukturierter Oberfläche zeigten sich dagegen keine Unterschiede der Implantatverweildauer beim Vergleich zwischen Ober- und Unterkiefer und bestätigte so Ergebnisse von Studien anderer Arbeitsgruppen unter Verwendung von Implantaten mit ähnlich konditionierten Oberflächen. Zudem konnte in dieser Studie gezeigt werden, dass die Prognose von kurzen Implantaten (9 und 11 mm Länge) mit mikrostrukturierter Oberfläche sich nicht von der längerer Implantate (≥ 13 mm Länge) unterscheidet. Somit wäre der Einsatz von kurzen Implantaten mit mikrostrukturierter Oberfläche alternativ zu aufwändigen chirurgischen Verfahren zur Vorbereitung des Einsatzes längerer Implantate zu berücksichtigen.

Im Ergebnis der hier vorgelegten klinischen Studien zeigte sich das Rauchen als limitierender Faktor für die Implantatverweilwahrscheinlichkeit und ist daher als Risikofaktor anzusehen. Insbesondere traten in einer Studie Implantatverluste häufiger bei Rauchern im Oberkiefer, in einer anderen Studie bei Verwendung kurzer Implantate auf. Diese Ergebnisse gaben Anlass, den Einfluss des Rauchens auf den Verlauf und die Prognose der implantatprothetischen Rehabilitation sowie auf Ergebnisse begleitender augmentativer Maßnahmen im Rahmen einer Meta-Analyse zu untersuchen. Es wurde festgestellt, dass die Implantatverlusthäufigkeit bei Rauchern gegenüber Nichtrauchern signifikant höher ist (OR 2,38, implantatbezogen; OR 2,64, patientenbezogen). Zudem traten bei Rauchern im Zusammenhang mit implantationsvorbereitenden oder -begleitenden augmentativen Maßnahmen etwa 3,6-fach häufiger Implantatverluste auf. Das Rauchen sollte bei der Indikationsstellung für implantologische und augmentative Maßnahmen und in der präimplantologischen Therapieplanung besonders kritisch gewürdigt sowie in der Patientenberatung und -aufklärung thematisiert werden, da es sich bei implantatprothetischen Rehabilitationen um elektive Therapiemaßnahmen handelt, die insbesondere bei zusätzlich erforderlichen augmentativen Maßnahmen am geplanten Implantationsort auch zusätzliche Risiken beinhalten. Dies setzt die Identifizierung des Rauchers voraus. Ein geeignetes Instrument hierzu ist die Einbeziehung der Frage nach Rauchgewohnheiten in Fragebögen zur allgemeinen Anamnese. Abgesehen von der Risikobewertung und -aufklärung vor Implantationen ist es die Aufgabe des Zahnarztes, den Raucher als zahnärztlichen Patienten über die mit dem Rauchen verbundenen allgemeinen, aber auch über die speziell die Gewebe der Mundhöhle betreffenden Risiken in Kenntnis zu setzen und den Patienten bei seinen Bemühungen zu

unterstützen, das Rauchen dauerhaft einzustellen. In zukünftigen Studien unter Berücksichtigung längerer Beobachtungszeiträume und größerer Patientengruppen sollte geklärt werden, ob bei Rauchern durch die Verwendung von Implantaten mit mikrostrukturierten Oberflächen das Risiko des Implantatverlustes bzw. des periimplantären Knochenabbaus tatsächlich verringert wird.

Der Einsatz der GBR zur Behandlung lokaler Alveolarfortsatzdefekte ermöglicht den Einsatz von Implantaten unter a priori ungünstigen anatomischen Ausgangsbedingungen, so dass eine den prothetischen Anforderungen entsprechende Implantatpositionierung vorgenommen werden kann. Eine vorzeitige Membranexposition kann jedoch das Ergebnis der Augmentation beeinträchtigen. Bei der Verwendung poröser nichtresorbierbarer Membranen aus ePTFE besteht bei vorzeitiger Exposition zum Mundhöhlenmilieu eine Infektionsgefahr sowie damit im Zusammenhang das Risiko eines zumindest teilweisen Verlustes an augmentiertem periimplantärem Hartgewebe. Dies wiederum beeinträchtigt die funktionellen und ästhetischen Behandlungsergebnisse. Die Spannweite der in der Literatur angegebenen Häufigkeiten vorzeitiger Membranexpositionen bei der Verwendung nichtresorbierbarer Barrieremembranen aus ePTFE reicht von 12 % bis 74 %, in eigenen Untersuchungen wurde eine Häufigkeit vorzeitiger Membranexpositionen von 44 % festgestellt.

Der Weichgewebsverschluss über eingesetzten Barrierematerialien ist operationstechnisch anspruchsvoll und muss zudem im Hinblick auf den Inzisionsverlauf und die Dicke der bedeckenden Schleimhaut die anatomischen Bedingungen am Augmentationsort berücksichtigen. In der vorgelegten Untersuchung zum Einsatz der ePTFE-Membran war der Verlauf der Inzisionslinie über der Membran bzw. die den Alveolarfortsatz von vestibulär nach lingual bzw. palatinal überlappende Lage der Barrieremembran mit einer erhöhten Häufigkeit von vorzeitigen Membranexpositionen assoziiert, allerdings lassen sich aufgrund der Defektmorphologie diese Befundkonstellationen nicht immer vermeiden. Daneben kann jedoch der Verlauf einer GBR-Behandlung von weiteren Risikofaktoren abhängen. Hierzu zählt die Auswahl des Membranmaterials: Obgleich nichtresorbierbare Barrieremembranen ihre Funktion zuverlässig bis zu deren Entfernung erfüllen, müssen sie – insbesondere bei Verwendung poröser Materialien – bei vorzeitiger Exposition in der Regel wegen der Infektionsgefahr entfernt werden. Dies schränkt – je nach Zeitpunkt der vorzeitigen Exposition – die Erreichung des Zieles der Augmentation ein. Alternativ eingesetzte resorbierbare synthetische Barrieremembranen zeigten eine vermehrte Ansammlung von Riesenzellen in ihrer Umgebung sowie eine im Zusammenhang mit der Degradation stehende erhöhte Azidität. In tierexperimentellen Untersuchungen konnte bereits nach einer Liegdauer von 4 Wochen gezeigt werden, dass die eingesetzten synthetischen resorbierbaren Membranen strukturelle Veränderungen und Auflockerungen der Barrierestruktur aufwiesen und vereinzelt Riesenzellen in der Umgebung gefunden wurden. Derzeit wird bei der GBR die Verwendung

resorbierbarer Membranen aus Kollagen meist xenogenen Ursprungs bevorzugt, bei denen sich auch im Falle vorzeitiger Expositionen meist eine Reepithelisierung der Dehiszenz über der Membran zeigte. Alle im Rahmen der tierexperimentellen Untersuchung verwendeten nichtresorbierbaren und resorbierbaren Barrieremembranen erwiesen sich für die GBR raumbietender Defekte als geeignet. Insbesondere beim Einsatz der GBR zur Behandlung nicht-raumbietender Defekte, jedoch auch bei der Augmentation raumbietender Defekte sollte die Verwendung von autogenem Knochen oder Knochenersatzmaterial erwogen werden, um die Membran zu stützen bzw. den Raum unterhalb der Membran für die gesteuerte knöcherne Regeneration zu erhalten. In jedem Falle ist der Patient über die zum Einsatz vorgesehenen Materialien und deren Herkunft zu informieren.

Die Planung einer implantat-prothetischen Rehabilitation im Zusammenhang mit Maßnahmen zur GBR erfordert eine kritische Indikationsstellung – auch unter Berücksichtigung der Compliance des Patienten. Zudem ergaben eigene Untersuchungen, dass Raucher signifikant häufiger Komplikationen bei der GBR erleiden.

Gelegentlich ist eine Implantation durch einen schmalen Alveolarfortsatz erschwert oder a priori nicht möglich. Zur Wiederherstellung einer für eine Implantation günstigen Alveolarfortsatzkonfiguration bieten sich neben einer Defektregeneration mittels GBR alternativ Maßnahmen der Alveolarfortsatzextension an. Dabei wird der Processus alveolaris am geplanten Implantationsort segmental mittels Spaltung oder Spreizung bzw. durch lokale Spreizung unter Verdichtung des Knochens mittels non-ablativer Präparation (Osteotomtechnik) des Implantatbetts in vestibulo-oraler Richtung verbreitert. Durch einige Arbeitsgruppen wurde in tierexperimentellen Untersuchungen gezeigt, dass auch bei Anwendung der Osteotomtechnik trotz der zunächst gesteigerten Knochen trabekeldichte in der unmittelbaren Umgebung des Implantatbetts grundsätzlich von dem aus der konventionellen Implantatbett-aufbereitung bekannten Übergang von der Primär- in die Sekundärstabilität bei der Osseointegration ausgegangen werden kann. Allerdings lagen – auch aus ersten klinischen Anwendungen – keine Daten vor, die den Einfluss der Knochenqualität am Implantationsort auf den Behandlungsverlauf nach Einsatz der Osteotomtechnik berücksichtigten. In einer hierzu durchgeführten retrospektiven Untersuchung zeigte sich eine signifikante Abhängigkeit des marginalen Knochenabbaus an Implantaten zum Zeitpunkt der Freilegung bzw. im Laufe der prothetischen Belastungsphase der Implantate im Vergleich zum periimplantären Ausgangsknocheniveau zum Implantationszeitpunkt von der Knochenqualität am Implantationsort. An Implantaten, die mittels Osteotomtechnik in ein Knochenlager mit deutlich spongiöser Qualität und dünner Kortikalis eingesetzt wurden, zeigte sich ein signifikant geringerer Knochenabbau als an Implantaten, die in ein Implantatlager eingesetzt wurden, das durch eine dicke Kortikalis und engmaschige Spongiosa charakterisiert war. Daher ist die Indikation zum Einsatz der Osteotomtechnik anhand der bei der Pilotbohrung zur Darstellung

des Implantationsortes festgestellten Knochenqualität kritisch zu prüfen und bei Feststellung einer vergleichsweise hohen Knochenstrabekeldichte oder bei kompakter Knochenqualität der Implantatbettauflbereiungsmodus entsprechend anzupassen.

Implantationen im Bereich des atrophierten posterioren Oberkiefers setzen oft die Optimierung des vertikalen Knochenangebots durch eine Augmentation von Hartgewebe am Boden des Sinus maxillaris voraus. Diese als Sinusbodenelevation und -augmentation (SBEA) bezeichnete Operationstechnik überschreitet die anatomische Grenze des Alveolarfortsatzes und bedarf einer strengen Indikationsstellung. Gleichwohl erweitert sie als wissenschaftlich ausführlich dokumentierte Operationsmethode die Einsatzmöglichkeiten enossaler Implantate zur implantat-prothetischen Rehabilitation. Ergebnissen einer systematischen Literaturübersicht zufolge beträgt die Implantatverweilrate anhand retrospektiver Studien nach einer mittleren Beobachtungszeit von 5 Jahren 92,7 %, anhand prospektiver Studien nach einer mittleren Beobachtungszeit von 2 Jahren 89,5 %. Die Implantatverlusten unterschieden sich in Bezug auf das eingesetzte Knochenersatzmaterial sowie im Hinblick auf das einzeitige oder zweizeitige chirurgische Vorgehen nicht signifikant. Eine Sinusitis maxillaris trat als postoperative Komplikation – zumeist passager und medikamentös behandelbar – mit einer medianen Häufigkeit von 3,2 % (Daten aus prospektiven Studien) bzw. 8,2 % (Daten aus retrospektiven Studien) auf. Risikofaktoren für das Auftreten von Komplikationen waren neben dem Rauchen bereits bestehende Vorerkrankungen der Nase oder der Sinus maxillares sowie die Verwendung von Implantaten mit weniger als 13 mm Länge. Zudem traten Komplikationen häufiger bei Behandlungen des gänzlich zahnlosen Oberkiefers auf, bei Bruxismus oder unkontrollierten Frühbelastungen der Implantate.

Unter den Bedingungen moderner Operationsverfahren gelingt es, anatomisch bedingte Einschränkungen der Indikationen für implantat-prothetische Rehabilitationen zu überwinden. In den vorgelegten Untersuchungen wurden Risikofaktoren identifiziert, die im Vorfeld der Behandlung erkannt, bei der Indikationsstellung für die geplante Therapie kritisch berücksichtigt und bei der Aufklärung des Patienten über die Möglichkeiten und Grenzen sowie Risiken und Komplikationsmöglichkeiten vor Beginn der Behandlung thematisiert werden müssen.

Eingedenk des elektiven Charakters einer implantat-prothetischen Rehabilitation ist beim Vorliegen allgemeiner gesundheitlicher Einschränkungen oder Risikofaktoren unter Einschätzung der individuellen Compliance des Patienten und kritischen Wertung zusätzlich bestehender Risikofaktoren wie zum Beispiel einer schlechten Mundhygiene, der unzuverlässigen Einhaltung von Nachsorgeterminen oder dem Rauchen eine zurückhaltende Indikationsstellung unter Berücksichtigung gering invasiver bzw. defensiver Behandlungsmöglichkeiten, zu bevorzugen.

6. Abkürzungen

aK	autogener Knochen
bzw.	beziehungsweise
CI _{95%}	95-%-Konfidenzintervall
CL	Kollagen
dPTFE	verdichtetes (englisch: dense) Polytetrafluorethylen
ePTFE	expandiertes Polytetrafluorethylen
ePTFE-TR	titanverstärktes expandiertes Polytetrafluorethylen
GBR	gesteuerte Knochenregeneration (englisch: guided bone regeneration)
HST	Hormonsubstitutionstherapie
KEM	Knochenersatzmaterial
LPGTC	Lactid-Polyglycolid-Trimethylencarbonat
OR	Odds Ratio
PLPG	Polylactid-Polyglycolid-co-Polymer
pTi	mikroperforierte Titanfolie
PU	Polyetherurethan
SBEA	Sinusbodenelevation und –augmentation

7. Literaturverzeichnis

Aaboe M, Pinholt EM, Schou S, Hjørting-Hansen E: Incomplete bone regeneration of rabbit calvarial defects using different membranes. *Clin Oral Impl Res* 1998; 9: 313-320.

Aalam AA & Nowzari H: Clinical evaluation of dental implants with surfaces roughened by anodic oxidation, dual acid-etched implants, and machined implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2005; 20: 793-798.

Aghaloo TL & Moy PK: Which hard tissue augmentation techniques are the most successful in furnishing bony support for implant placement? *Int J Oral Maxillofac Implants* 2007; 22 (Suppl): 49-66.

Albrektsson T, Brånemark P-I, Hansson H-A, Lindström J: Osseointegrated titanium implants. Requirements for ensuring a long-lasting, direct bone-to-implant anchorage in man. *Acta Orthop Scand* 1981; 52: 155-170.

Albrektsson T & Isidor F: Consensus report in Session V. In: Lang N & Karring T (eds) *Proceedings of the 1st European workshop on periodontology*. Quintessence, London 1993: 365-369.

Albrektsson T & Sennerby L: State of the art in oral implants. *J Clin Periodontol* 1991; 18: 474-481.

Albrektsson T & Zarb G: Current interpretations of the osseointegrated response: Clinical significance. *Int J Prosthodont* 1993; 6: 95-105.

Albrektsson T, Zarb G, Worthington P, Eriksson AR: The long-term efficacy of currently used dental implants: A review and proposed criteria of success. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1986; 1: 11-25.

Allen PF & McMillan AS: A longitudinal study of quality of life outcomes in older adults requesting implant prostheses and complete removable dentures. *Clin Oral Impl Res* 2003; 14: 173-179.

Aparicio C & Orozco P: Use of 5-mm-diameter implants: periostest values related to a clinical and radiographic evaluation. *Clin Oral Impl Res* 1998; 9: 398-406.

von Arx T, Brogini N, Jensen SS, Bornstein MM, Schenk RK, Buser D: Membrane durability and tissue response of different bioresorbable barrier membranes: a histologic study in the rabbit calvarium. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2005; 20: 843-853.

Atsumi M, Park S-H, Wang H-L: Methods used to assess implant stability: current status. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2007; 22: 743-754.

Avera SP, Stampley WA, McAllister BS: Histologic and clinical observations of resorbable and non-resorbable barrier membranes used in maxillary sinus graft containment. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1997; 12: 88-94.

Avivi-Arber L & Zarb G: Clinical effectiveness of implant-supported single-tooth replacement: the Toronto-study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1996; 11: 311-321.

Bader J, Ismail A, Clarkson J: Evidence-based dentistry and the dental research community. *J Dent Res* 1999; 78: 1480-1483.

Balshi TJ & Wolfinger GJ: Dental implants in the diabetic patient: a retrospective study. *Implant Dent* 1999; 8: 355-359.

Bartee BK & Carr JA: Evaluation of a high-density polytetrafluoroethylene (nPTFE) membrane as a barrier material to facilitate guided bone regeneration in the rat mandible. *J Oral Implantol* 1995; 21: 88-95.

Bartling R, Freeman K, Kraut RA: The incidence of altered sensation of the mental nerve after mandibular implant placement. *J Oral Maxillofac Surg* 1999; 57: 1408-1410.

Becker W, Becker BE, Alsuwayed A, Al-Mubarak S: Long-term evaluation of 282 implants in maxillary and mandibular molar positions: a prospective study. *J Periodontol* 1999; 70: 896-901.

Becker W, Dahlin C, Becker BE, Lekholm U, van Steenberghe D, Higuchi K, Kultje C: The use of e-PTFE barrier membranes for bone promotion around titanium implants placed into extraction sockets: a prospective multicenter study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1994; 9: 31-40.

Becker J, Meissner T, Reichart PA: Gesteuerte Knochenregeneration mit Membranen aus Polyesterurethan. *Implantologie* 1995; 2: 151-161.

Behneke A & Behneke N: Korrelation und Prädiktion klinischer und radiologischer Parameter enossaler Implantate. *Z Zahnärztl Implantol* 1999; 15: 209-223.

Behneke A & Behneke N: Ätiologische Faktoren für pathologische Veränderungen periimplantärer Gewebe. *Z Zahnärztl Implantol* 2000; 16: 197-206.

van den Bergh JPA, ten Bruggenkate CM, Krekeler G, Tuinzing DB: Maxillary sinus floor elevation and grafting with human demineralized freeze dried bone. *Clin Oral Impl Res* 2000; 11: 487-493.

Beyer J: Gesundheitsförderung – Möglichkeiten der Pflege. *Heilberufe* 1997; 49: 12-15.

Block MS & Kent JN: Sinus augmentation for dental implants: the use of autogenous bone. *J Oral Maxillofac Surg* 1997; 55: 1281-1286.

Block MS, Kent JN, Kallukaran FU, Thunthy K, Weinberg R: Bone maintenance 5 to 10 years after sinus grafting. *J Oral Maxillofac Surg* 1998; 56: 706-714.

Blomqvist JE, Alberius P, Isaksson S: Two-stage maxillary sinus reconstruction with endosseous implants: a prospective study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1998; 13: 758-766.

Boyne P & James RA: Grafting of the maxillary floor with autogenous marrow and bone. *J Oral Surg* 1980; 38: 613-616.

Brånemark P-I: Introduction to Osseointegration. In: Brånemark P-I, Zarb G, Albrektsson T: *Tissue integrated prostheses: osseointegration in clinical dentistry*. Quintessence, Chicago 1985: 11-76.

Büchter A, Kleinheinz J, Meyer U: Primäre Implantatstabilität bei unterschiedlichen Knochenaufbereitungstechniken. *Mund Kiefer GesichtsChir* 2003; 7: 351-355.

Büchter A, Kleinheinz J, Wiesmann HP, Kersken J, Nienkemper M, von Weyrother H, Joos U, Meyer U: Biological and biomechanical evaluation of bone remodelling and implant stability after using an osteotome technique. *Clin Oral Impl Res* 2005a; 16: 1-8.

Büchter A, Kleinheinz J, Wiesmann HP, Jayaranan M, Joos U, Meyer U: Interface reaction at dental implants inserted in condensed bone. *Clin Oral Impl Res* 2005b; 16: 509-517.

Buser D, Dula K, Hirt HP, Schenk RK: Lateral ridge augmentation using autografts and barrier membranes: a clinical study with 40 partially edentulous patients. *J Oral Maxillofac Surg* 1996; 54: 420-432.

Buser D, Hirt HP, Dula K, Berthold H: Membrantechnik / Orale Implantologie. Gleichzeitige Anwendung von Membranen bei Implantaten mit periimplantären Knochendefekten. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 1992; 102: 1490-1505.

Buser D, Weber HP, Lang NP: Tissue integration of non-submerged implants. 1-year results of a prospective study with 100 ITI hollow-cylinder and hollow-screw implants. *Clin Oral Impl Res* 1990; 1: 33-40.

Carpio L, Loza J, Lynch S, Genco R: Guided bone regeneration around endosseous implants with anorganic bovine bone mineral. A randomized controlled trial comparing bioabsorbable versus non-resorbable barriers. *J Periodontol* 2000; 71: 1743-1749.

Chan MF, Howell RA, Cawood JI: Prosthetic rehabilitation of the atrophic maxilla using pre-implant surgery and endosseous implants. *Br Dent J* 1996; 181: 51-58.

Chen YT, Wang HL, Lopatin DE, O'Neal R, MacNeil RL: Bacterial adherence to guided tissue regeneration barrier membranes exposed to oral environment. *J Periodontol* 1997; 68:172-179.

Chiapasco M, Abati S, Romeo E, Vogel G: Clinical outcome of autogenous bone blocks or guided bone regeneration with ePTFE membranes for the reconstruction of narrow edentulous ridges. *Clin Oral Impl Res* 1999; 10: 278-288.

Chiapasco M, Romeo E, Casentini P, Rimondini L: Alveolar distraction osteogenesis vs. vertical guided bone regeneration for the correction of vertically deficient edentulous ridges: a 1-3-year prospective study on humans. *Clin Oral Impl Res* 2004; 15: 82-95.

Chiapasco M, Zaniboni M, Boisco M: Augmentation procedures for the rehabilitation of deficient edentulous ridges with oral implants. *Clin Oral Impl Res* 2006; 17 (Suppl 2): 136-159.

Church T, Moretti R, Ayer WA: The dentist-patient relationship. *New Dent* 1980; 10: 20-24.

Cochran DL, Buser D, ten Bruggenkate CM, Weingart D, Taylor TM, Bernard J-P, Peters F, Simpson JP: The use of reduced healing times on ITI implants with a sandblasted and acid-etched (SLA) surface: early results from clinical trials on ITI SLA implants. *Clin Oral Impl Res* 2002; 13: 144-153.

Cochran DL, Schenk RK, Lussi A, Higginbottom FL, Buser D: Bone response to unloaded titanium implants with a sandblasted and acid-etched surface: A histometric study in the canine mandible. *J Biomed Mater Res* 1998; 40: 1-11.

Costa A, Raffini M, Melsen B: Miniscrews as orthodontic anchorage: a preliminary report. *Int J Adult Orthod Orthog Surg* 1998; 13: 201-209.

Crump TB, Rivera-Hidalgo F, Harrison JW, Williams FE, Guo IY: Influence of three membrane types on healing of bone defects. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1996; 82: 365-374.

Dahlin C, Andersson I, Linde A: Bone augmentation at fenestrated implants by an osteopromotive membrane technique. A controlled clinical study. *Clin Oral Impl Res* 1991; 2: 159-165.

Dahlin C, Lekholm U, Becker W, Becker BE, Higuchi K, Callens A, van Steenberghe D: Treatment of fenestration and dehiscence bone defects around oral implants using guided tissue regeneration technique: a prospective multicenter study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1995; 10: 312-318.

Dahlin C, Simion M, Nanmark U, Sennerby L: Histological morphology of the e-PTFE/tissue interface in humans subjected to guided bone regeneration in conjunction with oral implant treatment. *Clin Oral Impl Res* 1998; 9: 100-106.

Degidi M, Piattelli A, Felice P, Carinci F: Immediate functional loading of edentulous maxilla: a 5-year retrospective study of 388 titanium implants. *J Periodontol* 2005; 76: 1016-1024.

Dies F, Etienne D, Abboud NB, Ouhayoun JP: Bone regeneration in extraction sites after immediate placement of an e-PTFE membrane with or without a biomaterial. A report on 12 consecutive cases. *Clin Oral Impl Res* 1996; 7: 277-285.

Dietrich U & Wagner W: Zur Frage des Knochenabbaus bei IMZ-Implantaten. *Z Zahnärztl Implantol* 1992; 8: 240-245.

Donos N, Kostopoulos L, Karring T: Alveolar ridge augmentation by combining autogenous mandibular bone grafts and non-resorbable membranes. An experimental study in the rat. *Clin Oral Impl Res* 2002; 13: 185-191.

Eckert SE, Meraw SJ, Weaver AL, Lohse CM: Early experience with wide-platform MK II implants. Part I: implant survival. Part II: evaluation of risk factors involving implant survival. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2001; 16: 208-216.

Ellegaard B, Baelum V, Kølsen-Petersen J: Non-grafted sinus implants in periodontally compromised patients: a time-to-event analysis. *Clin Oral Impl Res* 2006; 17: 156-164.

Ellies LG: Altered sensation following mandibular implant surgery: a retrospective study. *J Prosthet Dent* 1992; 68: 664-671.

Engelke W, Diederichs C, Jacobs H, Deckwer I: Alveolar reconstruction with splitting osteotomy and microfixation of implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1997; 12: 310-318.

Fagerström KO & Schneider NG: Measuring nicotine dependence; a review of the Fagerström tolerance questionnaire. *J Behav Med* 1989; 12: 159-182.

Favero L, Brollo P, Bressan E: Orthodontic anchorage with specific fixtures: related study analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002; 122: 84-94.

Fiorellini JP, Engebretson SP, Donath K, Weber HP: Guided bone regeneration utilizing expanded polytetrafluoroethylene membranes in combination with submerged and nonsubmerged dental implants in Beagle dogs. *J Periodontol* 1998; 69: 528-535.

Fiorellini JP & Nevins ML: Localized ridge augmentation/preservation. A systematic review. *Ann Periodontol* 2003; 8: 321-327.

Fox NL, Sexton M, Hebel JR, Thompson B: The reliability of self-reports of smoking and alcohol consumption by pregnant women. *Addict Behav* 1989; 14: 187-195.

Frankfurter Konsensus Implantologie, 23.01.1991. *GOI Jahrbuch für Orale Implantologie* 1991, Quintessenz, Berlin 1992: 11-15.

Friedmann A, Strietzel FP, Marezki B, Pitaru S, Bernimoulin J-P: Observations on a new collagen barrier membrane in 16 consecutively treated patients. Clinical and histological findings. *J Periodontol* 2001; 72: 1616-1623.

Friedmann A, Strietzel FP, Marezki B, Pitaru S, Bernimoulin J-P: Histological assessment of augmented jaw bone utilizing a new collagen barrier membrane compared to a standard barrier membrane to protect a granular bone substitution material. A randomized clinical trial. *Clin Oral Impl Res* 2002; 13: 587-594.

Friberg B: Surgical approach and implant selection (Brånemark system) in bone of various densities. *Applied Osseointegration Res* 2002; 3: 9-16.

Gaggl A, Schultes G, Karcher H: Vertical alveolar ridge distraction with prosthetic treatable distractors: a clinical investigation. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2000; 15: 701-710.

Garber DA & Belser U: Restoration-driven implant placement with restoration-driven site development. *Compend Contin Educ Dent* 1995; 16: 796-804.

Geurs NC, Wang IC, Shulman LB, Jeffcoat MK: Retrospective radiographic analysis of sinus graft and implant placement procedures from the academy of osseointegration consensus conference on sinus grafts. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2001; 21: 517-523.

Gher ME, Quintero G, Sandifer JB, Tabacco M, Richardson AC: Kombinierte therapeutische Anwendung von dentalen Implantaten und der gesteuerten Geweberegeneration beim Menschen. *Int J Parodont Rest Zahnheilkd* 1994; 14: 321-335.

Goodacre CJ, Kan JY, Rungcharassaeng K: Clinical complications of osseointegrated implants. *J Prosthet Dent* 1999; 81: 537-552.

Graf H-L: Indikationen und Kontraindikationen zur Implantation. In: Hartmann H-J & Brinkmann E (Hrsg) Weißbuch Implantologie. Jahrbuch Verlag, Bonn 2000: 41-56.

Gröndahl K, Lekholm U: The predictive value of radiographic diagnosis of implant instability. Int J Oral Maxillofac Implants 1997; 12: 59-64.

Grunder U, Gaberthuel T, Boitel N, Imoberdorf M, Meyenberg K, Andreoni C, Meier T: Evaluating the clinical performance of the Osseotite implant: defining prosthetic predictability. Compend Contin Educ Dent 1999a; 20: 628-640.

Grunder U, Polizzi G, Goene R, Hatano N, Henry P, Jackson WJ, Kawamura K, Kohler S, Renouard F, Rosenberg R, Triplett G, Werbit M, Lithner B: A 3-year prospective multicenter follow-up report on the immediate and delayed-immediate placement of implants. Int J Oral Maxillofac Implants 1999b; 14: 210-216.

Günay H, Veltmaat A, Schneller T, Neukam FW: Psychologische Aspekte bei Patienten nach Implantatversorgung. Dtsch Zahnärztl Z 1991; 46: 698-701.

Haas R, Haimbock W, Mailath G, Watzek G: The relationship of smoking on peri-implant tissue: a retrospective study. J Prosthet Dent 1996; 76: 592-596.

Hallman M, Hedin M, Sennerby L, Lundgren S: A prospective 1-year clinical and radiographic study of implants placed after maxillary sinus floor augmentation with bovine hydroxyapatite and autogenous bone. J Oral Maxillofac Surg 2002; 60: 277-284.

Hamadah O, Hepburn S, Thomson PJ: Effects of active non-smoking behaviour in oral precancer patients. Int J Oral Macillofac Surg 2007; 36: 706-711.

Hämmerle CHF, Chiantelle GC; Karring T, Lang NP: The effect of deproteinized bovine bone mineral on bone regeneration around titanium dental implants. Clin Oral Impl Res 1998; 9: 151-162.

Hämmerle CHF, Jung RE, Feloutzis A: A systematic review of the survival of implants in bone sites augmented with barrier membranes (guided bone regeneration) in partially edentulous patients. J Clin Periodontol 2002; 29 (Suppl 3): 226-231.

Hämmerle CHF & Lang NP: Single stage surgery combining transmucosal implant placement with guided bone regeneration and bioresorbable materials. *Clin Oral Impl Res* 2001; 12: 9-18.

Hantash ROA, Al-Omiri MK, Al-Wahadni AM: Psychological impact on implant patients' oral health-related quality of life. *Clin Oral Impl Res* 2006; 17: 116-123.

Herrmann I, Lekholm U, Holm S: Statistical outcome of random versus selected withdrawal of dental implants. *Int J Prosthodont* 2003; 16: 25-30.

Herrmann I, Lekholm U, Holm S, Karlsson S: Impact of implant interdependency when evaluating success rates: A statistical analysis of multicenter results. *Int J Prosthodont* 1999; 12: 160-166.

D'Hoedt B & Schramm-Scherer B: Der Periotestwert bei enossalen Implantaten. *Z Zahnärztl Implantol* 1988; 4: 89.

Homolka P, Beer A, Birkfellner W, Nowotny R, Gahleitner A, Tschabitscher M, Bergmann M: Bone mineral density measurement with dental quantitative CT prior to dental implant placement in cadaver mandibles: pilot study. *Radiology* 2002; 224: 247-252.

Hultin-Mordenfeld M, Johansson A, Hedin M, Billström C, Arvidson K: A retrospective clinical study of wide diameter implants used in posterior edentulous areas. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004; 19: 387-392.

Hutmacher D, Hürzeler MB, Schliephake H: A review of material properties of biodegradable and bioresorbable polymers and devices for GTR and GBR applications. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1996; 11: 667-678.

Jacobsson M, Tjellström A, Thomsen P, Albrektsson T, Turesson I: Integration of titanium implants in irradiated bone. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1988; 97: 337-341.

Jaffin R & Berman C: The excessive loss of Brånemark fixtures in type IV bone: a 5-year analysis. *J Periodontol* 1991; 62: 2-4.

Jahn M & d'Hoedt B: Zur Definition des Erfolges bei dentalen Implantaten. Ein Vergleich verschiedener Kriterien. *Z Zahnärztl Implantol* 1992; 8: 221-226.

Jameson LM: Achieving positive predictive prosthodontic treatment outcomes. *Ann Acad Med Singapore* 1995; 24: 118-123.

Jensen OT, Cockrell R, Kuhike L, Reed C: Anterior maxillary alveolar distraction osteogenesis: a prospective 5-year clinical study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2002; 17: 52-68.

Jensen OT, Shulman LB, Block MS, Iacono VJ: Report of the sinus consensus conference of 1996. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1998; 13 (Suppl): 11-41.

Johansson B, Wannfors K, Ekenbäck J, Smedberg JI, Hirsch J: Implants in sinus-inlay bone grafts in a 1-stage procedure on severely atrophied maxillae: surgical aspects of a 3-year follow-up study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1999; 14: 811-818.

Jones JK & Triplett RG: The relationship of cigarette smoking to impaired wound healing: a review of evidence and implications for patient care. *J Oral Maxillofac Surg* 1992; 50: 237-239.

Jorgensen LN, Kallehave F, Christensen E, Siana JE, Gottrup F: Less collagen production in smokers. *Surgery* 1998; 123: 450-455.

Jovanovic S, Spiekermann H, Richter J: Bone regeneration around titanium dental implants in dehiscence defect sites. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1992; 7: 233-245.

Kahnberg KE, Ekestubbe A, Gröndahl K, Nilsson P, Hirsch JM: Sinus lifting procedure. I. One-stage surgery with bone transplant and implants. *Clin Oral Impl Res* 2001; 12: 479-487.

Kan JYK, Rungcharassaeng K, Kim J, Lozada JL, Goodacre CJ: Effects of smoking on implant success in grafted maxillary sinuses. *J Prosthet Dent* 1999; 82: 307-311.

Kan JYK, Rungcharassaeng K, Kim J, Lozada JL, Goodacre CJ: Factors affecting the survival of implants placed in grafted maxillary sinuses: a clinical report. *J Prosthet Dent* 2002; 87: 485-489.

Kaplan EM & Meier P: Nonparametric estimation from incomplete observations. *J Am Stat Assoc* 1958; 53: 457-465.

Kaptein MLA, Hoogstraten J, de Putter C, de Lange GL, Blijdorp PA: Dental implants in the atrophic maxilla: measurements of patient's satisfaction and treatment experience. Clin Oral Impl Res 1998; 9: 321-326.

Keller EE, Tolman DE, Eckert SE: Maxillary antral-nasal inlay autogenous bone graft reconstruction of compromised maxilla: a 12-year retrospective study. Int J Oral Maxillofac Implants 1999; 14: 707-721.

Kenney EB, Kraal JH, Saxe SR, Jones J: The effect of cigarette smoking on human PMN leukocytes. J Periodont Res 1977; 12: 227-234.

Kerschbaum T & Haastert B: Statistische Verweildaueranalysen in der Implantologie. Implantologie 1995; 2: 101-111.

Khoury F: Zur Problematik von Nervverletzungen bei implantologischen Maßnahmen im Unterkiefer. Z Zahnärztl Implantol 1994; 10: 183-185.

Kleinheinz J, Büchter A, Kruse-Lösler B, Weingart D, Joos U: Incision design in implant dentistry based on vascularization of the mucosa. Clin Oral Impl Res 2005; 16: 518-523.

Kleinheinz J, Figgenger L, Katsch F, Joos U: Die Implantologie im Blickpunkt haftungsrechtlicher Auseinandersetzungen. Z Zahnärztl Implantol 2001; 17: 143-147.

Kreisler M, Moritz O, Weihe C, d'Hoedt B: Die externe Sinusbodenelevation vor dem Hintergrund der evidenzbasierten Medizin. Teil 1: Allgemeine Aspekte und Einfluss des Augmentationsmaterials auf die Implantatprognose. Z Zahnärztl Impl 2006; 22: 299-323.

Kreisler M, Moritz O, Weihe C, d'Hoedt B: Die externe Sinusbodenelevation vor dem Hintergrund der evidenzbasierten Medizin. Teil 2: Sinusliftimmanente und -unabhängige Faktoren und ihr Einfluss auf die Implantatprognose. Z Zahnärztl Impl 2007; 23: 68-86.

Kumar A, Jaffin RA, Berman C: The effect of smoking on achieving osseointegration of surface-modified implants: a clinical report. Int J Oral Maxillofac Implants 2002; 17: 816-819.

Lang NP, Hämmerle CHF, Brägger U, Lehmann B, Nyman SR: Guided tissue regeneration in jawbone defects prior to implant placement. Clin Oral Implant Res 1994; 5: 92-97.

Lazzara RJ, Porter SS, Testori T, Galante J, Zetterquist L: A prospective multicenter study evaluating loading of Osseotite implants two months after placement: One year results. *J Esthet Dent* 1998; 10: 280-289.

Lazzara R, Siddiqui AA, Binon P, Feldman S, Weiner R, Phillips RM, Gonshor A: Retrospective multicenter analysis of 3i endosseous dental implants placed over a five-year period. *Clin Oral Impl Res* 1996; 7: 73-83.

Lehr HA: Microcirculatory dysfunction induced by cigarette smoking. *Microcirculation* 2000; 7: 367-384.

Lekholm U, Gunne J, Henry P, Higuchi K, Lindén U, Bergström C, van Steenberghe D: Survival of the Brånemark Implant in partially edentulous jaws: a 10-year prospective multicenter study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1999; 14: 639-645.

Lekholm U & Zarb GA: Patient selection and preparation. In: Brånemark PI, Zarb GA, Albrektsson T (eds): *Tissue-integrated prostheses: Osseointegration in clinical dentistry*. Quintessence, Chicago 1985: 195-205.

Lemmerman KJ & Lemmerman NE: Osseointegrated dental implants in private practice: a long-term case-series study. *J Periodontol* 2005; 76: 310-319.

Lemons JE, Laskin DM, Roberts WE, Tarnow DP, Shipman C Jr, Paczkowski C, Lorey RE, English C: Changes in patient screening for a clinical study of dental implants after increased awareness of tobacco use as a risk factor. *J Oral Maxillofac Surg* 1997; 55 (Suppl 5): 72-75.

de Leonardis D & Pecora GE: Augmentation of the maxillary sinus with calcium sulfate: one-year clinical report from a prospective longitudinal study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1999; 14: 869-878.

Lill W, Thornton B, Reichsthaler J, Schneider B: Statistical analyses on the success potential of osseointegrated implants: a retrospective single-dimension statistical analysis. *J Prosthet Dent* 1993; 69: 176-185.

- Lindquist LW, Carlsson GE, Jemt T: A prospective 15-year follow-up study of mandibular fixed prostheses supported by osseointegrated implants. Clinical results and marginal bone loss. *Clin Oral Impl Res* 1996; 7: 329-336.
- Lord BJ: Maintenance procedures for the implant patient. *Aust Prosthodont J* 1995; 9: 33-38.
- Lorenzoni M, Pertl C, Keil C, Wegscheider WA: Treatment of peri-implant defects with guided bone regeneration: a comparative clinical study with various membranes and bone grafts. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1998; 13: 639-646.
- Lorenzoni M, Pertl C, Polansky RA, Jakse N, Wegscheider WA: Evaluation of implants placed with barrier membranes. *Clin Oral Impl Res* 2002; 13: 274-280.
- Lorenzoni M, Pertl C, Wegscheider W, Keil C, Penkner K, Polansky R, Bratschko RO: Retrospective analysis of Frialit-2 implants in the augmented sinus. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2000; 20: 255-267.
- Ludwig A, Holweg A, Engelke W: Augmentation des Sinusbodens durch autogene Knochentransplantation zur primären Insertion von dentalen Implantaten. *Z Zahnärztl Implantol* 1997; 13: 63-67.
- MacFarlane GD, Hetzberg MC, Wolff L, Hardie NA: Refractory periodontitis associated with abnormal PMN leucocyte phagocytosis and cigarette smoking. *J Periodontol* 1992; 63: 908-913.
- Macgregor IDM: Efficacy of dental health advice as an aid to reducing cigarette smoking. *Br Dent J* 1996; 180: 292-296.
- Machtei EE: The effect of membrane exposure on the outcome of regenerative procedures in humans: a meta-analysis. *J Periodontol* 2001; 72: 512-516.
- Mayfield LJA, Skoglund A, Hising P, Lang NP, Attström R: Evaluation following functional loading of titanium fixtures placed in ridges augmented by deproteinized bone mineral. *Clin Oral Impl Res* 2001; 12: 508-514.
- McEwen DR, Sanchez MM, Goode PM: Dental restorations using titanium osseointegrated dental implants. *AORN J* 1995; 62: 193-198, 201-205.

Meechan JG, Macgregor ID, Rogers SN, Hobson RS, Bate JP, Dennison M: The effect of smoking on immediate post-extraction socket filling with blood and on the incidence of painful socket. *Br J Oral Maxillofac Surg* 1988; 26: 402-409.

Miller PD: Regenerative and reconstructive periodontal plastic surgery. *Dent Clin North Am* 1988; 32: 287-312.

Minsk L & Polson AM: Dental implant outcomes in postmenopausal women undergoing hormone replacement. *Compend Contin Educ Dent* 1998; 19: 859-866.

Misch C: Implant success or failure: Clinical assessment in implant dentistry. In: Misch C: *Contemporary implant dentistry*. CV Mosby, St. Louis 1993a: 29-42.

Misch C: Density of bone: effect on treatment plan, surgical approach and healing. In: Misch C: *Contemporary implant dentistry*. CV Mosby, St. Louis 1993b: 469-485.

Misch CE: The implant quality scale: A clinical assessment of the health-disease continuum. *Oral Health* 1998; 88: 15-26.

Mombelli A & Cionca N: Systematic diseases affecting osseointegration therapy. *Clin Oral Impl Res* 2006; 17 (Suppl 2): 97-103.

Moses O, Pitaru S, Artzi Z, Nemcovsky CE: Healing of dehiscence-type defects in implants placed together with different barrier membranes: a comparative clinical study. *Clin Oral Impl Res* 2005; 16: 210-219.

Moy PK, Medina D, Shetty V, Aghaloo TL: Dental implant failure rates and associated risk factors. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2005; 20: 569-577.

Naert I, Koutsikakis G, Duyck J, Quirynen M, Jacobs R, van Steenberghe D: Biologic outcome of implant-supported restorations in the treatment of partial edentulism. Part I: A longitudinal clinical evaluation. *Clin Oral Impl Res* 2002; 13: 381-389.

Nedir R, Bischof M, Briaux J-M, Szmukler-Moncler S, Bernard J-P: A 7-year life table analysis from a prospective study on ITI implants with special emphasis on the use of short implants. *Clin Oral Impl Res* 2004; 15: 150-157.

Nentwig HG: Knochenspreizung und Knochenkondensierung zur Verbesserung des Implantatlagers. Quintessenz 1996; 47: 7-17.

Neukam FW & Girod S: Reconstruction after tumor ablation: extraoral implants. In: Booth PW, Schendel SA, Hausamen J-E (eds) Maxillofacial surgery. Churchill, Livingston 1999: 785-801.

das Neves FD, Fones D, Bernardes SR, do Prado CJ, Neto AJF: Short implants – an analysis of longitudinal studies. Int J Oral Maxillofac Implants 2006; 21: 86-93.

Nkenke E, Kloss F, Schultze-Mosgau S, Radespiel-Tröger M, Loos K, Neukam FW: Histomorphometric and fluorescence microscopic analysis of bone remodelling after installation of implants using an osteotome technique. Clin Oral Impl Res 2002; 13: 595-602.

Noack N, Willer J, Hoffmann J: Long-term results after placement of dental implants: longitudinal study of 1,964 implants over 16 years. Int J Oral Maxillofac Implants 1999; 14: 748-755.

Norton MR & Gamble C: Bone classification: an objective scale of bone density using the computerized tomography scan. Clin Oral Impl Res 2001; 12: 79-84.

Nowzari H, MacDonald ES, Flynn J, London RM, Morrison JL, Slots J: The dynamics of microbial colonization of barrier membranes for guided bone regeneration. J Periodontol 1996; 67: 694-702.

Nowzari H & Slots J: Microbiologic and clinical study of polytetrafluoroethylene membranes for guided bone regeneration around implants. Int J Oral Maxillofac Implants 1995; 10: 67-73.

Oh TJ, Meraw SJ, Lee EJ, Giannobile WV, Wang HL: Comparative analysis of collagen membranes for the treatment of implant dehiscence defects. Clin Oral Impl Res 2003; 14: 80-90.

O'Loughlin J, Tarasuk J, Difranza J, Paradis G: Reliability of selected measures of nicotine dependence in adolescents. Ann Epidemiol 2002; 12: 353-362.

Olson JW, Dent CD, Morris HF, Ochi S: Long-term assessment (5 to 71 months) of endosseous dental implants placed in the augmented maxillary sinus. *Ann Periodontol* 2000; 5: 152-156.

Palmer RM, Palmer PJ, Smith BJ: A 5-year prospective study of Astra single tooth implants. *Clin Oral Impl Res* 2000; 11: 179-182.

Palmer RM, Wilson RF, Hasan AS, Scott DA: Mechanisms of action of environmental factors – tobacco smoking. *J Clin Periodontol* 2005; 32 (Suppl 6): 180-195.

Park S-H & Wang H-L: Clinical significance of incision location on guided bone regeneration: human study. *J Periodontol* 2007; 78: 47-51.

Pedersen PH, Lang NP, Müller F: What are the longevities of teeth and oral implants? *Clin Oral Impl Res* 2007; 18 (Suppl 3): 15-19.

Phillips B, Ball C, Sackett D, Badenoch D, Straus S, Haynes B, Dawes M: Levels of evidence and grades of recommendation. 1998. http://www.cebm.net/levels_of_evidence.asp

Piattelli A, Scarano A, Paolantonio M: Bone formation inside the material interstices of e-PTFE membranes: a light microscopical and histochemical study in man. *Biomaterials* 1996; 17: 1725-1731.

Pjetursson B, Tan K, Lang NP, Brägger U, Egger M, Zwahlen: A systematic review of the survival and complication rates of fixed partial dentures (FPDs) after an observation period of at least 5 years. I. Implant-supported FPDs. *Clin Oral Impl Res* 2004; 15: 625-642.

Quirynen M, Naert I, van Steenberghe D: Fixture design and overload influence marginal bone loss around fixture success in the Brånemark system. *Clin Oral Impl Res* 1992; 3: 104-111.

Raghoobar GM, Batenburg RHK, Timmenga NM, Vissink A, Reintsema H: Morbidity and complications of bone grafting of the floor of the maxillary sinus for the placement of endosseous implants. *Mund Kiefer GesichtsChir* 1999; 3 (Suppl 1): 65-69.

Ramseier CA: Potential impact of subject-based risk factor control on periodontitis. *J Clin Periodontol* 2005; 32 (Suppl 6): 283-290.

Regev E, Smith RA, Perrott DH, Pogrel MA: Maxillary sinus complications related to endosseous implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1995; 10: 451-461.

Reichart PA, Kirchheim A, Löchte KH: Tobacco and oral health. Questionnaire about knowledge, practices and opinions among dentists in Berlin. *Mund Kiefer GesichtsChir* 2000; 4: 45-49.

Renner P, Romanos G, Nentwig HG: Die Knochenspreizung bei der Implantation im reduzierten Alveolarfortsatz des Oberkiefers. *Dtsch Zahnärztl Z* 1996; 51: 118-120.

Renouard F & Nisand D: Impact of implant length and diameter on survival rates. *Clin Oral Impl Res* 2006; 17 (Suppl 2): 35-51.

Richter E-J: Implantate in der Zahnheilkunde. Wissenschaftliche Stellungnahme der DGZMK. *Dtsch Zahnärztl Z* 2005; 60; 915-916.

Rocuzzo M & Wilson T: A prospective study evaluating a protocol for 6 weeks loading of SLA implants in the posterior maxilla. *Clin Oral Impl Res* 2002; 13: 502-507.

Romeo E, Lops D, Margutti E, Ghisolfi M, Chiapasco M, Vogel G: Long-term survival of oral implants in the treatment of full and partial arches: a 7-year prospective study with the ITI dental implants system. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004; 19: 247-259.

Roos J, Sennerby L, Lekholm U, Jemt T, Gröndahl K, Albrektsson T: A qualitative and quantitative method for evaluating implant success: A 5-year retrospective analysis of the Brånemark implant. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1997; 12: 504-514.

Rothamel D, Schwarz F, Sager M, Hertel M, Sculean A, Becker J: Biodegradation of differently cross-linked collagen membranes: an experimental study in the rat. *Clin Oral Impl Res* 2005; 16: 369-378.

Salvi GE, Gallini G, Lang NP: Early loading (2 or 6 weeks) of sandblasted and acid-etched (SLA) ITI implants in the posterior mandible. *Clin Oral Impl Res* 2004; 15: 142-149.

Sands T, Pynn BR, Nenniger S: Third molar surgery: current concepts and controversies. Part 2. Oral Health 1993; 83: 19-21, 27-30.

Schlegel KA, Kloss FR, Kessler P, Schultze-Mosgau S, Nkenke E, Wiltfang J: Bone conditioning to enhance implant osseointegration: an experimental study in pigs. Int J Oral Maxillofac Implants 2003; 18: 505-511.

Schlegel KA, Schultze-Mosgau S, Eitner S, Wiltfang J, Rupprecht S: Clinical trial of modified Ankylos implants for extraoral use in cranio- and maxillofacial surgery. Int J Oral Maxillofac Implants 2004; 19: 716-720.

Schliephake H: Gesteuerte Knochenregeneration in der Implantologie. Wissenschaftliche Stellungnahme der DGZMK, 2005. www.dgzmk.de

Schliephake H, Dard M, Planck H, Hierlemann H, Jakob A: Guided bone regeneration around endosseous implants using a resorbable membrane vs a PTFE membrane. Clin Oral Impl Res 2000; 11: 230-241.

Schug T & Dumbach J: Dislokation enossaler Implantate in die Kieferhöhle – eine seltene implantologische Komplikation. Z Zahnärztl Implantol 1999; 15: 224-228.

Schwartz-Arad D, Grossman Y, Chaushu G: The clinical effectiveness of implants placed immediately into fresh extraction sites of molar teeth. J Periodontol 2000; 71: 839-844.

Shalabi MM, Manders P, Mulder J, Jansen JA, Creugers NH: A meta-analysis of clinical studies to estimate the 4.5-year survival rate of implants placed with the osteotome technique. Int J Oral Maxillofac Implants 2007; 22: 110-116.

Simion M, Baldoni M, Rossi P, Zaffe D: A comparative study of the effectiveness of e-PTFE membranes with and without early exposure during the healing period. Int J Periodontics Restorative Dent 1994; 14: 166-180.

Sjöström M, Sennerby L, Nilson H, Lundgren S: Reconstruction of the atrophic edentulous maxilla with free iliac crest grafts and implants: a 3-year report of a prospective clinical study. Clin Implant Dent Relat Res 2007; 9: 46-59.

Small SA, Zinner ID, Panno FV, Shapiro HJ, Stein J: Augmenting the maxillary sinus for implants : report of 27 patients. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1993; 8: 523-528.

Smiler DG, Johnson PW, Lozada JL, Misch C, Rosenlicht JL, Tatum OH: Sinus lift grafts and endosseous implants. Treatment of the atrophic posterior maxilla. *Dent Clin North Am* 1992; 36: 151-186.

Stellingsma K, Bouma J, Stegenga B, Meijer HJA, Raghoobar GM: Satisfaction and psychosocial aspects of patients with an extremely resorbed mandible treated with implant-retained overdentures. *Clin Oral Impl Res* 2003; 14: 166-172.

Strietzel FP: Sachverständigengutachten in der Implantologie – Ergebnisse einer retrospektiven Auswertung. *Dtsch Zahnärztl Z* 2000; 55; 820-823.

Strietzel FP: Risiken und Komplikationen der membrangesteuerten Knochenregeneration. *Mund Kiefer GesichtsChir* 2001; 5: 28-32.

Strietzel FP: Medizinische und topographische Voraussetzungen – allgemeine und lokale Kontraindikationen. In: Reichart PA, Hausamen J-E, Becker J, Neukam FW, Schliephake H, Schmelzeisen R (Hrsg) *Zahnärztliche Chirurgie Band I. Kap. 16: Implantologie*. Quintessenz Berlin 2002: 390-394.

Strietzel FP, Nowak M, Kückler I, Friedmann A: Peri-implant alveolar bone loss with respect to bone quality after use of the osteotome technique. *Clin Oral Impl Res* 2002; 13: 508-513.

Strietzel FP: Patient´s informed consent prior to implant-prosthetic treatment: a retrospective analysis of expert opinions. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2003; 18: 433-439.

Strietzel FP, Lange K-P, Švegar M, Hartmann H-J, Kückler I: Retrospective evaluation of the success of oral rehabilitation using the Frialit-2® implant system. Part 1: influence of topographic and surgical parameters. *Int J Prosthodont* 2004; 17: 187-194.

Strietzel FP: Sinusbodenelevation und –augmentation: Evidenzgestützte Aussagen zu Prognose und Risikofaktoren. *Mund Kiefer GesichtsChir* 2004; 8: 93-105.

Strietzel FP, Khongkhunthian P, Khattiya R, Patchanee P, Reichart PA: Healing pattern of bone defects covered by different membrane types – a histologic study in the porcine mandible. *J Biomed Mater Res Part B: Appl Biomater* 2006; 78B: 35-46.

Strietzel FP, Reichart PA, Kale A, Kulkarni M, Wegner B, Kuchler I: Smoking interferes with the prognosis of dental implant treatment: a systematic review and meta-analysis. *J Clin Periodontol* 2007; 34: 523-544.

Strietzel FP & Reichart PA: Oral rehabilitation using Camlog[®] screw-cylinder implants with a particle-blasted and acid-etched microstructured surface. Results from a prospective study with special consideration of short implants. *Clin Oral Impl Res* 2007; 18: 591-600.

Summers RB: A new concept in maxillary implant surgery: the osteotome technique. *Compend Contin Educ Dent* 1994a; 15: 152-160.

Summers RB: The osteotome technique. Part 2 – The ridge expansion osteotomy (REO) procedure. *Compend Contin Educ Dent* 1994b; 15: 422-434.

Takata T, Wang H-L, Miyauchi M: Migration of osteoblastic cells on various guided bone regeneration membranes. *Clin Oral Impl Res* 2001; 12: 332-338.

Tan K, Pjetursson BE, Lang NP, Chan ESY: A systematic review of the survival and complication rates of fixed partial dentures (FPDs) after an observation period of at least 5 years. III. Conventional FPDs. *Clin Oral Impl Res* 2004; 15: 654-666.

Tatum OH: Maxillary and sinus implant reconstructions. *Dent Clin North Am* 1986; 30: 207-229.

Tawil G, Aboujaoude N, Younan R: Influence of prosthetic parameters on the survival and complication rates of short implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2006; 21: 275-282.

Tawil G & Mawla M: Sinus floor elevation using a bovine bone mineral (Bio-Oss) with or without the concomitant use of bilayered collagen barrier (Bio-Gide): a clinical report of immediate and delayed implant placement. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2001; 16: 713-721.

Testori T, del Fabbro M, Feldman S, Vincenzi G, Sullivan D, Rossi R Jr, Anitua E, Bianchi F, Francetti L, Weinstein RL: A multicenter prospective evaluation of 2-months loaded Osseotite

implants placed in the posterior jaws: 3-year follow-up results. *Clin Oral Impl Res* 2002; 13: 154-161.

Thomason JM, Heydecke G, Feine JS, Ellis JS: How do patients perceive the benefit of reconstructive dentistry with regard to oral health-related quality of life and patient satisfaction? A systematic review. *Clin Oral Impl Res* 2007; 18 (Suppl 3): 168-188.

Tong DC, Rioux K, Drangsholt M, Beirne OR: A review of survival rates for implants placed in grafted maxillary sinuses using meta-analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1998; 13: 175-182.

Tricio J, Laohapand P, van Steenberghe D, Quirynen M, Naert I: Mechanical state assessment of the implant-bone continuum: A better understanding of the periotest method. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1995; 10: 43-49.

Truhlar RS, Orenstein IH, Morris HF, Ochi S: Distribution of bone quality in patients receiving endosseous dental implants. *J Oral Maxillofac Surg* 1997; 55 (Suppl 5): 38-45.

Tseng Y-C, Hsieh C-H, Chen C-H, Shen Y-S, Huang I-Y, Chen C-M: The application of mini-implants for orthodontic anchorage. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2006; 35: 704-707.

Türkyilmaz I: A comparison between insertion torque and resonance frequency in the assessment of torque capacity and primary stability of Brånemark system implants. *J Oral Rehabil* 2006; 33: 754-759.

Türp JC & Meyer VP: Health technology assessment – kein Bedarf in der Zahnmedizin? *Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz* 2001; 44: 889-894.

Türp JC, Röhrich C, Antes G: Evidence-based dentistry in German-language dental journals 1997-2003. *Evidence-based dentistry* 2005; 6: 86-87.

Wagenberg B & Froum SJ: A retrospective study of 1,925 consecutively placed immediate implants from 1988 to 2004. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2006; 21: 71-80.

Wannfors K, Johansson B, Hallman M, Strandkvist T: A prospective randomized study of 1- and 2-stage sinus inlay bone grafts: 1-year follow-up. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2000; 15: 625-632.

Warnakulasuriya S, Sutherland G, Scully C: Tobacco, oral cancer, and treatment of dependence. *Oral Oncology* 2005; 41: 244-260.

Wehrbein H, Glatzmaier J, Mundwiler U, Diedrich P: Das Orthosystem – ein neues Implantatsystem zur orthodontischen Verankerung am Gaumen. *Fortschr Kieferorthop* 1996; 57: 142-153.

Weibrich G & Wagner W: Perioperative Komplikationen. In: Koeck B & Wagner W (Hrsg.) *Praxis der Zahnheilkunde Bd. 13: Implantologie. Kap. 6 Operatives Vorgehen.* Urban & Fischer, München und Jena 2004: 141-142.

Wheeler SL: Sinus augmentation for dental implants: the use of alloplastic materials. *J Oral Maxillofac Surg* 1997; 55: 1287-1293.

Widmark G, Andersson B, Carlsson GE, Lindvall AM, Ivanoff CJ: Rehabilitation of patients with severely resorbed maxillae by means of implants with or without bone grafts: a 3- to 5-year follow-up clinical report. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2001; 16: 73-79.

de Wijs FL & Cune MS: Immediate labial contour restoration for improved esthetics: a radiographic study on bone splitting in anterior single-tooth replacement. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1997; 12: 686-696.

Wiltfang J, Merten HA, Ludwig A, Engelke W, Arzt T: Röntgenologische, endoskopische und sonographische Beurteilung der Kieferhöhle nach Sinuslift und simultaner Implantatinsertion. *Mund Kiefer GesichtsChir* 1999; 3 (Suppl 1): 61-64.

Wiltfang J, Merten H-A, Peters J-H: Comparative study of guided bone regeneration using absorbable and permanent barrier membranes: a histologic report. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1998; 13: 416-421.

Winter M, Kochhan G, Platte J, Schmitz H-J: Zur Häufigkeit von Verletzungen des Nervus alveolaris inferior infolge enossaler Implantationen im Unterkieferseitenzahnbereich. *Z Zahnärztl Implantol* 1995; 11: 79-82.

Wismeijer D, van Waas MAJ, Vermeeren JIJF, Kalk W: Patients' perception of sensory disturbances of the mental nerve before and after implant surgery: a prospective study of 110 patients. *Br J Oral Maxillofac Surg* 1997; 35: 254-259.

Wolvius EB, Scholtemeijer M, Weijland M, Hop WCJ, van der Wal KGH: Complications and relapse in alveolar distraction osteogenesis in partially dentulous patients. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2007; 36: 700-705.

World Health Organization: The Ottawa Charta for health promotion. 1986.

www.who.int/healthpromotion/

Zarb GA & Schmitt A: The longitudinal clinical effectiveness of osseointegrated dental implants: the Toronto study. Part I: surgical results. *J Prosthet Dent* 1990; 63: 451-457.

Zitzmann NU, Naef R, Schärer P: Resorbable versus nonresorbable membranes in combination with Bio-Oss for guided bone regeneration. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1997; 12: 844-852.

Zitzmann NU, Schärer P, Marinello CP: Long-term results of implants treated with guided bone regeneration: a 5-year prospective study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2001; 16: 355-366.

8. Danksagung

Mein besonderer und herzlicher Dank gilt Herrn Univ.-Prof. Dr. P. A. Reichart, Leiter der Abteilung für Oralchirurgie und zahnärztliche Röntgenologie am CharitéCentrum 3 für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, für seine produktiven Anregungen, seine stets wohlwollende und fördernde Begleitung und Unterstützung meiner wissenschaftlichen und klinischen Arbeit, für seine gleichermaßen wohlmeinende wie unbestechliche Kritik und für die immer prompte Hilfsbereitschaft, die guten Ratschläge bei der Entwicklung und Durchführung wissenschaftlicher Projekte sowie der Veröffentlichung der Ergebnisse und für das Vertrauen in meine Fähigkeiten.

Mein besonderer und herzlicher Dank gilt auch Herrn Univ.-Prof. Dr. K.-P. Lange, Direktor des CharitéCentrums 3 für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde und Leiter der Abteilung für zahnärztliche Prothetik und Alterszahnmedizin, Campus Virchow-Klinikum, für seine motivierende Hilfsbereitschaft, für seine wohlwollende uneingeschränkte Unterstützung meiner Arbeit und für die stets ausgestreckte helfende Hand.

Besonders herzlich bedanke ich mich bei Frau Univ.-Prof. Dr. A.-M. Schmidt-Westhausen, Leiterin des Bereiches Oralmedizin, zahnärztliche Röntgenologie und – Chirurgie am CharitéCentrum 3 für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, für ihre freundschaftliche, stets hilfsbereite und durch viele gute Ratschläge und Anregungen geprägte Begleitung und Unterstützung meiner klinischen und wissenschaftlichen Arbeit.

Frau Dr. Küchler, CharitéCentrum 4 für Therapieforschung, Institut für Biometrie und klinische Epidemiologie, danke ich ganz herzlich für die harmonische und stets freundliche, produktive Zusammenarbeit und für ihre große Hilfsbereitschaft bei der Bewältigung der statistischen Auswertungen und Untersuchungen.

Herrn Dr. Pathawee Khongkhunthian, Dental School, Chiang Mai University, Chiang Mai / Thailand, bin ich für die freundschaftliche Zusammenarbeit und die Organisation der Tierversuche zu unserem gemeinsamen Forschungsprojekt an der Chiang Mai University zu großem Dank verpflichtet.

Frau v. Zitzewitz und Frau Balz, die mich bei der labortechnischen Bearbeitung unterstützten, danke ich sehr.

Herrn Univ.-Prof. H.-L. Graf, Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und plastische Gesichtschirurgie, Universitätsklinikum Leipzig, danke ich sehr herzlich für seine freundliche und durch nachhaltiges Interesse sowie gute Anregungen geprägte Begleitung meiner wissenschaftlichen Arbeit.

Den Kolleginnen und Kollegen der Abteilung für Oralchirurgie und zahnärztliche Röntgenologie am CharitéCentrum 3 für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, die meinen Weg begleitet haben, danke ich sehr für ihre Hilfsbereitschaft und Unterstützung sowie das fördernde Interesse an meiner Arbeit.

Mein innigster Dank von ganzem Herzen gilt meiner Familie – meiner Frau Silke und meinen beiden Töchtern Johanna und Luise – die oft auf die nötige Zuwendung verzichten mussten und mir statt dessen Verständnis entgegenbrachten, mich durch ihre Liebe ermutigten und für mich da waren.

9. Erklärung

Erklärung gemäß § 4 Abs. 3 (k) der Habilitationsordnung der Medizinischen Fakultät der
Charité

Hiermit erkläre ich, dass

- weder früher noch gleichzeitig ein Habilitationsverfahren durchgeführt oder angemeldet wurde bzw. wird,
- die vorgelegte Habilitationsschrift ohne fremde Hilfe verfasst und die beschriebenen Erkenntnisse selbst gewonnen wurden,
- die verwendeten Hilfsmittel, die Zusammenarbeit mit anderen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern und technischen Hilfskräften sowie die Literatur vollständig in der Habilitationsschrift angegeben wurden,
- mir die geltende Habilitationsordnung bekannt ist.

Berlin, 12.02.2008

Dr. Frank Peter Strietzel

Summary

Implant-prosthetic rehabilitation has become a scientifically well-documented and commonly established treatment option in clinical management of partial and total edentulism during the last decades. Nowadays, dental osseointegrated implants are not only used for retention of removable complete or partial dentures in anatomically hampered preconditions, but gained a widespread utilisation for fixation of fixed partial dentures as well as for single tooth replacement. The prognosis of implant-borne prostheses is comparable to that of conventional prostheses. Moreover, scientifically well-evaluated and clinically established sophisticated procedures allow for development of anatomically compromised implant sites, either prior to or in conjunction with simultaneous implant placement. Nowadays, a prosthetically driven backwards planning is possible and implants can now be considered as the extension of an optimally placed prosthetic suprastructure.

Since implant treatment is a complex and interdisciplinary approach, thorough treatment planning and diagnosis as well as superior patient compliance are required. Compliance, general and individual risk factors as well as chances and challenges of the planned treatment have to be considered critically and weighed against alternative treatment options prior to scheduling a patient for implant-prosthetic treatment procedures. This includes a thorough patient information as well. Internal and external evidence should be included into decision making.

The purpose of this summary of selected studies on implant survival and success rates as well as on chances and risks of alveolar ridge augmentation procedures was to identify risk factors and to take them into consideration for treatment decisions.

Two of the included studies identified partial exposure of the cover screw as well as of the implant surface during the unloaded healing phase of the implant osseointegration as a risk factor for implant survival and success. Premature exposure of the cover screw was found to be significantly associated with a thin crestal mucosa. Therefore, planning of incision and a smooth preparation of the soft tissue to preserve an optimal blood supply seem to be crucial. Additional risk factors as there is for example smoking should be considered critically in surgical planning.

A higher rate of screw implant failures was found in the maxilla, compared to the mandible, which was discussed in context with the anatomical peculiarities of the region. This difference considering the implant site was not found when using screw-cylinder implants with a microstructured surface. Moreover, while using screw-cylinder implants, no differences were found between the survival rates of implants considered short (9 to 11 mm in length) compared to long implants (13 mm and more). Therefore, the use of short implants with a

microstructured surface might be considered as treatment alternative compared to vertical alveolar ridge augmentation by bone block grafts or distraction osteogenesis prior to placement of long implants.

The two included studies revealed smoking as a significant risk factor for implant survival and implant success. Implant loss was found significantly more often in smokers in the maxilla and when using short implants. These findings encouraged to perform a systematic review and meta-analysis on the prognosis of implant-prosthetic rehabilitations in smokers compared to non-smokers. This meta-analysis revealed a significantly enhanced frequency of implant loss in smokers compared to non-smokers (implant-related odds ratio for implant loss 2.38; patient-related odds ratio 2.64). Frequency of implant loss was significantly enhanced in smokers undergoing augmentation procedures, compared to non-smokers (odds ratio 3.6). Therefore, smoking should be considered a serious risk factor in therapy planning and treatment decision making as well as in patient information. This requires the identification of smokers. Questions concerning the smoking status and –quantity should be included into the general health questionnaire. However, studies with larger sample sizes and longer observation periods should be performed to evaluate, if the prognosis of dental implants with microstructured surfaces in smokers is comparable to that of non-smokers.

Guided bone regeneration (GBR) of localized alveolar ridge defects utilising barrier membranes is a well-established method to augment bone prior to, or in conjunction with dental implant placement in anatomically compromised sites. A premature membrane exposure interferes with the desired result of the augmentation. When utilising membranes made of expanded polytetrafluoroethylene (ePTFE), a premature membrane exposure to the oral environment will result in a peri-membraneous infection with a subsequent partial or total loss of the augmented hard tissue and will result in inferior esthetic and functional results. The frequency of premature membrane exposures reported in the literature ranges between 12 % to 74 % for ePTFE. Soft tissue closure above barrier membranes is a sophisticated and technically sensitive method which requires consideration of tissue thickness, blood supply, and additional anatomical peculiarities of the augmentation site. Again, smokers undergoing GBR procedures were found to have an enhanced risk of biological complications. The included study on GBR using ePTFE membranes revealed the localization of the incision line and of the barrier membrane in relation to the alveolar ridge as risk factors. In an in vivo animal study, all barrier membranes utilised were found to be suitable for augmentation procedures. However, multinuclear giant cells were found frequently around and underneath resorbable synthetic membranes made of polylactic acid and / or polyglycolic acid, which were used as alternative barrier materials compared to dense PTFE, ePTFE, polyetherurethane or microperforated titanium foils. Moreover, degradation of the synthetic resorbable barriers started 4 weeks following implantation obviously and will therefore be

degraded prior to maturation of augmented hard tissue. Collagen membranes of bovine or porcine origin have recently been established as widely used resorbable barrier material. Several studies demonstrated a re-epithelialization even in large exposed areas of the membranes without significant loss of the augmented hard tissue underneath. In the presented in vivo study, collagen membranes were found to prolapse into the defect. Conclusions of the animal study suggest to overfill the defect with an augmentation material with autogenous bone, bone substitution material or combinations of both to prevent barrier membranes to prolapse into the defect. Furthermore, patients have to be informed about nature and origin of the membrane material intended to be utilised.

In narrow alveolar ridges, implant placement requires the widening of the alveolar bone. Local alveolar bone spreading or osteotomy techniques might be considered as an alternative treatment option compared to GBR procedures for lateral ridge augmentation. By these procedures, the implant site is prepared without or with limited use of ablative preparation procedures (drilling), the spongy bone will be condensed and the local palatal or lingual as well as the buccal cortical plate will be spreaded and left adhered to the periosteum. Animal experiments revealed a similar osseointegration course of dental implants in sites with condensed bone subsequently to bone spreading or osteotomy procedures. Since no clinical data were available yet, a clinical study was conducted to evaluate the implant survival and success following bone spreading and osteotomy. The extent of peri-implant crestal bone resorption at different intervals following implant placement and compared to the crestal bone level at implant placement was found to be significantly correlated with the bone quality at the implant site. Implants in spongy bone with wide intertrabecular spaces revealed less peri-implant bone loss compared to implants inserted in dense spongy bone. These findings were evident following second stage surgery as well as following several intervals of prosthetic loading. Indications for utilising osteotomy technique should be considered with caution and strictly related to the bone quality evaluated at first step of implant site preparation using a pilot drill. Further implant site preparation must be adjusted to the bone quality.

Implant placement in the atrophic posterior maxillary ridge requires bone tissue augmentation at the bottom of the maxillary sinus floor (sinus floor elevation and augmentation, SFEA). Since anatomical borders of the alveolar ridge are crossed with this surgical approach, a critical consideration of indication and risk factors must be performed prior to surgery. A systematic review on studies focusing on SFEA procedures revealed an implant survival rate of 92.7 % following 5 years (retrospective studies) and 89.5 % following 2 years of observation period (prospective studies), respectively. The nature and origin of bone augmentation materials as well as one- or two-stage procedures were not associated with the frequency of implant loss. Complications were found to be rare: the frequency range

of a sinusitis was found between 3.2 % (data from prospective studies) and 8.2 % (retrospective studies). Again, besides occurrence of earlier sinusitis in patient history, use of implants shorter than 13 mm in length, treatment of the edentulous maxilla (compared to treatment of partially edentulous maxilla) and bruxism, smoking was identified as a significant risk factor for complications.

Modern surgical procedures help to overcome anatomical limitations for prosthetic-driven implant placement. The presented studies revealed risk factors, which must be considered prior to implant-prosthetic therapy while treatment planning, patient information and with respect to alternative treatment options. Since implant-prosthetic treatment is an elective treatment option, risk factors of general health, smoking status, patient's compliance, oral hygiene must be considered critically.