

Aus der Poliklinik für Zahnärztliche Chirurgie und Aufnahme
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf
Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. dent. Jürgen Becker

Experimentelle Untersuchungen zur
Bedeutung des Abutmentmaterials und -wechsels an
Implantaten mit Platform Switching

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnmedizin
der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

vorgelegt von
Kathrin Becker

2013

Als Inauguraldissertation gedruckt mit der Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf.

gez.:

Dekan: Prof. Dr. Joachim Windolf

Referent: Prof. Dr. Frank Schwarz

Korreferent: Prof. Dr. Dr. Jörg Handschel

Teile dieser Arbeit wurden veröffentlicht: Becker, K., Mihatovic, I., Golubovic, V. und Schwarz, F., Impact of abutment material and dis-/reconnection on soft and hard tissue changes at implants with platform-switching. *Journal of Clinical Periodontology* (39, 2012) S. 774-780.

Abstract

This doctoral thesis was written cumulatively to the publication “*Impact of abutment material and dis-/reconnection on soft and hard tissue changes at implants with platform-switching*” published in the *Journal of Clinical Periodontology* in 2012. [1]

The publication aimed to analyse the impact of abutment materials (titanium versus zirconium dioxide) as well as the impact of abutment dis- and reconnection (manipulation) on the integration of dental implants in oral hard- and soft tissues.

Dental titanium implants ($n = 12$) with *platform-switching* have been used. The implants were placed in the upper jaw of three male foxhounds at crestal bone level. The abutments had a circumferential horizontal mismatch of 0.4 mm. Dis- and reconnection of the abutments of the test group occurred after 4 and 6 weeks of healing, while abutments assigned to the control group remained undisturbed. The allocation of the abutments to the test and control group was performed randomly. After eight weeks of healing, the animals were sacrificed, and the specimen were prepared for histological analysis.

The histomorphometrical analysis was performed by measuring distances between the following landmarks: Mucosal margin (PM), implant shoulder (IS), the apical extension of the long junctional epithelium (aJE), and the most coronal level of bone in contact with the implant shoulder (CBI).

After 8 weeks of healing most of the means of the assessed parameters were higher in the test group. For titanium abutments, PM-aJE was $1,82 \pm 0,37$ mm in the control and $1,99 \pm 0,40$ mm in the test group. For zirconia abutments, PM-aJE was $1,90 \pm 0,28$ mm in the control group and $2,67 \pm 0,67$ mm in the test group. For titanium abutments, IS-CBI was $0,72 \pm 0,18$ mm in the control group and $1,12 \pm 0,6$ mm in the test group. For zirconia abutments, IS-CBI was $0,22 \pm 0,1$ mm in the control group and $2,15 \pm 0,77$ mm in the test group. The vertical dimensions assessed oral and facial were comparable. The differences between the test- and control group were not significant.

The results indicated that repeated manipulation of zirconia and titanium abutments connected to dental implants with *platform switching* can be related to dimensional and structural changes in soft- and hard tissues. Regarding the abutment material the results revealed that zirconia abutments can be advantageous against titanium abutments when healing is undisturbed, but may be disadvantageous when abutment dis- and reconnection is needed.

Practical implications: Within the limitations of a preclinical study, the results implied that the clinician should carefully consider the detrimental impact of a repeated abutment dis- and reconnection on soft and hard tissues during the initial phase of peri-implant wound healing (4-6 weeks).

Zusammenfassung

Diese Dissertation wurde kumulativ verfasst zu der Publikation „*Impact of abutment material and dis-/reconnection on soft and hard tissue changes at implants with platform-switching*“, veröffentlicht 2012 im *Journal of Clinical Periodontology*. [1]

Ziel der präklinischen Studie war es festzustellen, ob unterschiedliche Abutmentmaterialien (Titan oder Zirkondioxid) und auch ein Wechsel dieser Abutments in der Einheilungsphase Einfluss auf die periimplantäre Hart- und Weichgewebeintegration von enossalen Implantaten haben.

Es wurden (n=12) dentale Titan-Implantate mit *Platform Switching* verwendet, welche im Oberkiefer von drei männlichen Hunden auf Höhe des krestalen Knochens inseriert wurden. Die Abutments hatten einen horizontalen Mismatch von 0,4 mm. Die Abutments der Testgruppe wurden nach 4 und 6 Wochen gelöst und erneut befestigt, die Abutments der Kontrollgruppe hingegen wurden während des Einheilungsprozesses nicht manipuliert. Die Zuteilung der Abutments zur Test- und Kontrollgruppe erfolgte zufällig. Acht Wochen postoperativ wurden die Tiere geopfert, alle Kieferabschnitte entnommen und anschließend histologisch aufbereitet.

Es wurden histomorphometrische Messungen an Dünnschliffpräparaten durchgeführt, indem die Abstände zwischen folgenden Referenzpunkten bestimmt wurden: Implantatschulter (IS), apikale Ausdehnung des Saumeithels (aJE), Mukosarand (PM) und koronaler Knochen-Implantat-Kontakt (CBI).

Nach acht Wochen Einheilungszeit waren die meisten Mittelwerte der gemessenen Parameter in der Testgruppe erhöht. PM-aJE betrug bei Titanabutments $1,82 \pm 0,37$ mm in der Kontroll- und $1,99 \pm 0,40$ mm in der Testgruppe. Bei Zirkondioxidabutments lag PM-aJE bei $1,90 \pm 0,28$ mm in der Kontroll- und bei $2,67 \pm 0,67$ mm in der Testgruppe. IS-CBI lag bei Titanabutments in der Kontrollgruppe bei $0,72 \pm 0,18$ mm und in der Testgruppe bei $1,12 \pm 0,6$ mm sowie für Zirkondioxidabutments in der Kontrollgruppe bei $0,22 \pm 0,1$ mm und in der Testgruppe bei $2,15 \pm 0,77$ mm. Die erfassten vertikalen Dimensionen waren oral und vestibulär ähnlich. Die Unterschiede zwischen Test- und Kontrollgruppe waren statistisch nicht signifikant.

Die vorliegende Studie deutete jedoch tendentiell darauf hin, dass während der Einheilungsphase wiederholte Manipulationen an Zirkondioxid- und Titanabutments an dentalen Titanimplantaten mit *Platform Switching* zu einer nachteiligen Veränderung der vertikalen Dimension des Hart- und Weichgewebes führen können. Weiterhin deuteten die experimentellen Ergebnisse an, dass in der Einheilungsphase nicht manipulierte Abutments aus Zirkondioxid geringfügige Vorteile gegenüber Abutments aus Titan haben können. Falls Abutmentwechsel nötig sind, können Zirkondioxidabutments jedoch eher nachteilig sein.

Klinische Implikation: Unter Berücksichtigung des experimentellen Versuchsaufbaus deuten die Ergebnisse darauf hin, dass Entfernungen von Abutments in der Einheilungsphase (Woche 4-6) von Implantaten nachteilige Wirkungen auf das periimplantäre Hart- und Weichgewebe haben können.

Abkürzungsverzeichnis

PM Mukosarand

IS Implantatschulter

aJE apikale Ausdehnung des Saumepithels

CBI koronalster Knochen-Implantat-Kontakt

CB koronaler Knochenlevel

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Ziele	3
3	Publikation	4
4	Diskussion und Schlussfolgerungen	5
	Literaturverzeichnis	9

KAPITEL 1

Einleitung

Voraussetzung für den Langzeiterfolg implantatgetragener Restaurationen sind entzündungsfreie periimplantäre Hart- und Weichgewebeverhältnisse. Die Qualität der Weichgewebeintegration ist hier von besonderer Bedeutung, weil nur durch ein dichtes bindegewebiges Attachment eine *Barriere* zwischen oralem Gewebe und einer mit Bakterien besiedelten Mundhöhle geschaffen werden kann. Die hohe Rate von periimplantären Entzündungen (Mukositis und Periimplantitis) in der Funktionsphase des implantatgetragenen Zahnersatzes [2, 3] deutet darauf hin, dass die mukogingivale Integration von dentalen Implantaten noch verbessert werden sollte.

Aus diesem Grund wurde in den letzten Jahren verstärkt die Bedeutung von Modifikationen im Implantathalsbereich (u.a. *Platform Switching*) und von neuen Abutments untersucht. Ziel der Modifikationen ist es, krestale Knochenresorptionen zu minimieren und die Anheftung des Bindegewebes an den Abutments zu verbessern. Weiterhin soll durch die Modifikationen auch die Ausdehnung des inneren Saumeptihels verringert werden. [4–6]

Um eine Vergleichbarkeit zwischen verschiedenen experimentellen Studien zu gewährleisten, haben sich verschiedene Referenzpunkte bei der Analyse von histologischen Präparaten durchgesetzt: Mukosarand (PM), apikale Ausdehnung des Saumeptihels (aJE), koronaler Knochen-Implantat-Kontakt (CBI), Implantatschulter (IS) und koronaler Knochenlevel (CB). In zahlreichen weiteren Studien wurden weiterhin jeweils in Prozent die Abutment-Weichgewebe-Kontaktbereiche sowie die Knochen-Implantat-Kontaktbereiche vermessen. [4, 7–12]

Verschiedene präklinische Untersuchungen haben gezeigt, dass nach Implantatinserion im Rahmen der funktionellen Umbauvorgänge im Abutmentbereich eine Höhe des Saumeptihels von 1,5 – 2 mm und eine subepitheliale Bindegewebszone von 1 – 1,5 mm zu erwarten sind. [13, 14] Dieser Bereich wird als biologische Breite bezeichnet.

In neueren Studien konnte gezeigt werden, dass durch das Konzept des *Platform Switchings* (reduzierter Abutmentdurchmesser bei unverändertem Durchmesser des Implantatkörpers) der krestale Knochenabbau am Implantat verringert und die vertikale Ausdehnung des Weichgewebes vermindert werden kann. [4, 11, 12, 15]

Bisherige Untersuchungen deuten darauf hin, dass das Abutmentmaterial im Durch-

trittsbereich (Gold, Titan) auf die Ausbildung der biologischen Breite nur einen geringen Einfluss hat. [5, 6] Im Tiermodell wurden für Titan- und Zirkondioxidabutments vergleichbare Ergebnisse erzielt, wobei die vertikale Ausdehnung des Weichgewebes bei Zirkondioxidabutments tendenziell etwas geringer ausgeprägt war als bei Titanabutments. [16] Auch durch Erhöhung der Rauheit von Titan-Abutmentoberflächen (*acid etched surfaces*) bei ein- und zweiteiligen Implantatsystemen wurde die Einheilung im Weichgewebe nicht signifikant, jedoch tendenziell geringfügig positiv beeinflusst. [10]

Neben den Werkstoffmodifikationen wurde von wenigen anderen Autoren untersucht, welche Bedeutung typische Manipulationen wie parodontale Sondierung und Abutmentwechsel auf den Einheilungsprozess haben. Durch wiederholtes Sondieren erhöhten sich die mittlere Taschentiefe und die vertikale Ausdehnung des inneren Saumepithels, während der erste Knochen-Implantat-Kontakt weiter apikal verschoben lag. [7]

Abrahamson konnte bereits 1997 in einer präklinischen Studie zeigen, dass das Lösen und erneute Einsetzen von Abutments während der Einheilungsphase nachteilige Auswirkungen auf das periimplantäre Hart- und Weichgewebe haben kann. [8]

Die beiden experimentellen Studien von Schwarz et al. (2010) und Abrahamsson et al. (1997) deuten an, dass das periimplantäre Weichgewebe während der initialen Heilungsphase sehr empfindlich auf mechanische Reize reagiert.

Trotzdem ist es auch heute klinische Routine, dass zweiteilige Implantate verwendet werden, die in der Einheilungsphase oder nach einer Freilegung einen Gingivaformer erhalten. Für die prothetische Versorgung müssen die Abutments entfernt, durch einen Abformpfosten ersetzt und anschließend wieder eingesetzt werden.

Die Untersuchungen zur Bedeutung des Abutmentwechsel von Abrahamsson et al. (1997) wurden an maschinieren Implantaten mit externem Sechskant experimentell untersucht. [8] Dieser Implantattyp spielt heute klinisch nur noch eine sehr geringe Rolle, da Implantate mit maschinierter Oberfläche eine schlechtere Osseointegration vor allem in Defektmodellen zeigten, deutliche krestale Knochenresorptionen auftreten und die Art der Verankerung der prothetischen Suprakonstruktion anfälliger für Schraubenlockerungen ist. [17]

Aus diesem Grund war es das Ziel der dieser kumulativen Dissertation zugrunde liegenden Untersuchung, erstmals bei Implantaten mit *Platform Switching* zu untersuchen, ob und wie sich ein Abutmentwechsel auf die periimplantären Weichgewebe auswirkt. Zusätzlich wurde erstmals untersucht, ob sich bei Implantaten mit *Platform Switching* Unterschiede zwischen Abutments aus Titan und Zirkondioxid nachweisen lassen.

Zur Klärung dieser Fragestellungen wurde das Hundemodell ausgewählt, da sich dieses als Standard in vielen Studien herauskristallisiert hatte. [18, 19]

Im folgenden Kapitel 2 werden die Ziele der Publikation erläutert, im anschließenden Kapitel 3 ist die originale Publikation abgedruckt. Im Kapitel 4 erfolgt eine Diskussion der Ergebnisse und eine Einordnung in den wissenschaftlichen Kontext.

KAPITEL 2

Ziele

Zielsetzung der Publikation dieser kumulativen Dissertation war die histomorphometrische Analyse der Bedeutung von zwei verschiedenen Abutmentmaterialien (Zirkondioxid und Titan) sowie der Einfluss des Lösens und Wiedereinsetzens von Abutments in der initialen Einheilungsphase auf die Integration von dentalen Implantaten im oralen Weich- und Hartgewebe.

KAPITEL 3

Publikation

Die Doktorarbeit wurde kumulativ zu folgender Literaturstelle verfasst:

Becker, K., Mihatovic, I., Golubovic, V. and Schwarz, F., "Impact of abutment material and dis-/reconnection on soft and hard tissue changes at implants with platform-switching." *Journal of Clinical Periodontology* (39, 2012) S. 774-780.

KAPITEL 4

Diskussion und Schlussfolgerungen

Um den Langzeiterfolg eines Implantats mit seiner prothetischen Suprakonstruktion zu gewährleisten, ist eine entzündungsfreie Gewebeintegration notwendig. Um dies zu erreichen und zu erhalten, muss neben einer guten Hygienefähigkeit des Zahnersatzes auch eine bakterielle Besiedlung und die Ausbildung von Biofilmen im Implantatsulkus minimiert werden.

Ein weiteres Ziel des implantatgetragenen Zahnersatzes ist eine gute Ästhetik, da frei liegende Implantatabutments oder Implantatkörper und dunkel durch die Gingiva hindurch schimmernde Abutments nicht den Bedürfnissen der Patienten gerecht werden.

Um krestale Knochenabbauvorgänge zu minimieren, wurden in der Forschung Implantatmodifikationen untersucht, wie beispielsweise Mikrorillen im Halsbereich oder das *Platform Switching*. Ein weiterer Schwerpunkt waren Studien zur Optimierung der Insertionstiefe (epi-, sub- oder suprakrestal). [20]

Experimentelle Untersuchungen zum *Platform Switching* zeigten nur geringe Beeinflussungen des krestalen Knochenniveaus, jedoch eine deutliche Minimierung der Ausdehnung des inneren Saumepithels und eine dadurch bedingte breitere bindegewebige Abdichtung des Abutments im Durchtrittsbereich. [11, 12]

Im Gegensatz hierzu befassten sich bisher nur sehr wenige Studien mit der Bedeutung des Abutmaterials und mit der Frage einer mechanischen Manipulation, die klinisch jedoch bei fast jeder prothetischen Versorgung vorgenommen wird.

Als wichtige Faktoren, die durch die Implantatmodifikationen beeinflusst werden können, wurden die Qualität des bindegewebigen Attachments am Abutment, das Tiefenwachstum des Saumepithels und die Höhe beziehungsweise der Erhalt des krestalen Knochens identifiziert. Zur Vergleichbarkeit verschiedener experimenteller Studien verwendet man dabei vor allem die in Kapitel 1 eingeführten Referenzpunkte IS, CBI, CB, aJE und PM.

Ein festes bindegewebiges Attachment fungiert als eine Art *Barriere* zwischen der mit Bakterien besiedelten Mundhöhle und dem im Gewebe integrierten Implantat. Durch dieses Attachment kann einer bakteriellen Besiedlung und der nachfolgenden Ausbildung von Biofilmen im Durchtrittsbereich des Implantats entgegen gewirkt werden.

Wenn das Saumepithel nach apikal wächst, können sich am Implantat beziehungsweise am Abutment parodontale Taschen leichter ausbilden.

Bei Erhöhung der vertikalen Weichgewebedimension und apikaler Lage von CBI wird krestaler Knochen durch Bindegewebe ersetzt, was bedeutet, dass nach der Implantation strukturelle Umbauvorgänge im Gewebe aufgetreten sind. Insbesondere Implantate mit *Platform Switching* sollen diesen Umbauvorgängen entgegenwirken. [11, 12]

Weiterhin beeinflussen Material und Oberfläche des Implantats auch die Wahrscheinlichkeit der Biofilmbildung: Bakterien adhäreren besser an rauhen als an glatten Oberflächen. [4, 21] Da Zirkondioxid rauher ist als maschiniertes Titan, können an diesem Werkstoff auch mehr Bakterien adhäreren. [22]

Gegenstand der Publikation dieser kumulativen Dissertation war es, die Bedeutung verschiedener Abutmentmaterialien und die Auswirkungen von wiederholten Abutmentmanipulationen (Lösen und Wiedereinsetzen) auf die Integration dentaler Implantate im Hart- und Weichgewebe am Hundemodell zu untersuchen. Verwendet wurden Titan-Implantate mit *Platform Switching* und Abutments aus Titan und Zirkondioxid.

In den histologischen Präparaten, die nach acht Wochen Einheilungszeit angefertigt wurden, war nach der Abutmentmanipulation meist ein deutlicher Spalt zwischen Abutment und Bindegewebe sichtbar.

In der Kontrollgruppe lagen die Parameter nach der achtwöchigen Einheilungszeit im Bereich der Ergebnisse anderer Autoren, die ebenfalls Titanimplantate mit *Platform Switching* und Titanabutments verwendet haben. [11, 12, 16] Mögliche Ursachen für die geringfügigen Abweichungen in der vorliegenden Studie können durch Unterschiede im Design der Implantate oder auch durch die Insertionstiefe der Implantate bedingt sein. In den zitierten Studien von Becker et al. (2007 und 2009) wurden die Implantate 0.4 mm suprakrestal gesetzt, während die Implantate der vorliegenden Arbeit direkt auf Alveolarkammhöhe platziert wurden.

In der Kontrollgruppe der Untersuchungen dieser kumulativen Dissertation waren die zwischen den Referenzpunkten ermittelten Distanzen bei Zirkondioxidabutments tendenziell geringer als für Titanabutments. Dies wurde auch in der Arbeit von Weller et al. 2008 beobachtet. [16] Dies deutete daraufhin, dass Zirkondioxidabutments bei ungestörter Heilung einen Vorteil gegenüber Titanabutments haben können.

Nach Abutmentmanipulation waren jedoch alle Parameter im Vergleich zur Kontrollgruppe erhöht. Während die oral und vestibulär ermittelten mittleren Distanzen in der Kontrollgruppe für aJE-CBI, IS-aJE und IS-CBI bei Titanabutments höher ausfielen als für Zirkondioxid, waren die entsprechenden Parameter nach Abutmentmanipulation bei Zirkondioxid deutlich erhöht.

Ergänzend zu den in der Publikation vorgenommenen statistischen Auswertungen kann man auch die Differenz der gemittelten Distanzen zwischen Test- und Kontrollgruppe für die beiden Werkstoffe betrachten. Die Differenz ist für PM-aJE bei Zirkondioxidabutments etwa 5x höher als bei Titan, für aJE-CBI etwa 3x und für IS-CBI sogar 6x. Diese Befunde deuten darauf hin, dass Abutmentmanipulationen bei Zirkondioxid mehr nachteilige Auswirkungen haben könnten als beim Werkstoff Titan, auch wenn bei den in der Publikation vorgenommenen Auswertungen keine statistisch

signifikanten Befunde gemessen werden konnten. Ein Grund für diese Unterschiede wurde bisher nicht gefunden. Möglicherweise haftet das periimplantäre Weichgewebe initial besser an der rauheren Zirkondioxid-Oberfläche, sodass durch das Lösen ein größerer Gewebedefekt entsteht.

Während an Implantaten ohne *Platform Switching* mit externem Sechskant signifikante Unterschiede zwischen Test- und Kontrollgruppe bei den Parametern **IS-CBI** und **PM-IS** gefunden wurden [8], waren die Unterschiede in der vorliegenden Publikation nicht signifikant. Ein möglicher Grund für diesen Befund ist, dass durch das *Platform Switching* Konzept das Ausmaß der Änderungen in der Hart- und Weichgewebedimension bereits erheblich verringert werden konnte, so dass die getesteten Manipulationen in der Kontrollgruppe keinen signifikanten Einfluss mehr hatten. Diese Beobachtung stimmt auch mit den Ergebnissen einer aktuellen experimentellen Untersuchung am Hundemodell überein, bei welcher nach Abutmentmanipulation radiologisch signifikant mehr Knochenabbau an Implantaten ohne *Platform Switching* zu erkennen war als an Implantaten mit *Platform Switching*. [23] Es ist jedoch zu beachten, dass röntgenologisch nur das proximale Knochenniveau bestimmt werden konnte, während in der vorliegenden Arbeit histomorphometrisch das vestibulär-orale Knochenniveau bestimmt wurde.

Die Fragestellungen der vorliegenden Publikation wurden in einer weiteren Arbeit fortgeführt und ebenfalls veröffentlicht.[4] Auch bei jener experimentellen Studie deuteten die Ergebnisse an, dass ein Abutmentwechsel bei erhöhter Rauheit der Abutmentoberfläche stärkere strukturelle Änderungen verursachen kann als es bei maschinieren glatten Titanabutments der Fall ist. Untersucht wurde die Bedeutung des Abutmentwechsels an Titan-Implantaten mit *Platform Switching* bei Abutments mit unterschiedlicher Rauheit (maschinieren, partiell gelaserte Mikrorillen, gelaserte Mikrorillen). Weiterhin wurde die Bedeutung der Häufigkeit von Abutmentmanipulationen betrachtet: Entweder erfolgte eine einmalige Manipulation nach 6 Wochen oder ein zweifaches Lösen und Wiedereinsetzen nach 6 und 8 Wochen (Testgruppen), während die Abutments der Kontrollgruppe keine Manipulationen erfuhren und ebenfalls nach 6 und 8 Wochen analysiert wurden. Die Zuordnung der Abutmenttrauhigkeiten zu den Testgruppen beziehungsweise zur Kontrollgruppe erfolgte dabei zufällig. Histomorphometrische und immunhistochemische Untersuchungen hinsichtlich Kollagentyp I erfolgten nach 6 und 8 Wochen. Während die erhobenen Parameter nach einmaligem Abutmentwechsel ähnlich hoch waren wie in der Kontrollgruppe, waren bei den partiell gelaserten und bei den gelaserten Abutments nach zweifachem Wechsel **aJE-CBI** und **IS-CBI** gegenüber der Testgruppe erhöht. Die relative Kontaktfläche zwischen Bindegewebe und Knochen lag bei den gelaserten Abutments nach 8 Wochen bei 96.37% (Kontrollgruppe), reduzierte sich jedoch nach zweifacher Manipulation (Testgruppe) auf 13.26%. Dennoch lag der tiefste Punkt des inneren Saumeptihels (**aJE**) nach zweifachem Abutmentwechsel koronal oder zumindest auf Level der Implantatschulter (**IS**), was dafür spricht, dass auch hier das Konzept *Platform Switching* das Wachstum des Saumeptihels nach apikal begrenzen konnte. [4]

Nach heutigem Kenntnisstand muss davon ausgegangen werden, dass vor allem das periimplantäre Weichgewebe empfindlich auf Manipulationen in der Phase der

Wundheilung nach einer Implantation zu reagieren scheint. Die Ergebnisse der Publikation der vorliegenden kumulativen Dissertation, der Arbeit von Iglhaut et al. (2013) und auch von anderen Autoren deuten darauf hin, dass sich Weichgewebe an einem rauhen Abutment initial besser anlagern kann als an glatten maschinieren Titanabutments. Durch wiederholte Manipulationen kommt es jedoch im Gegensatz dazu zu einer stärkeren Schädigung des Weichgewebeattachments an rauhen Abutments [4] und an Zirkonabutments [1], was sich histologisch als Spaltbildung [1] und folglich auch als reduzierte relative Gewebe-Abutment-Kontaktfläche beobachten lässt [4]. Weiterhin unterstützen beide Publikationen die Hypothese, dass *Platform Switching* die strukturellen Änderungen im Hart- und Weichgewebe begrenzt. [1, 4]

Auch wenn experimentelle Untersuchungen möglicherweise nicht vollständig auf die klinische Anwendung übertragen werden können, sollte heute bei zweiteiligen Systemen ein Implantat mit *Platform Switching* bevorzugt verwendet werden. Da es bei rauhen Abutments beim Abutmentwechsel zu Schädigungen des Attachments kommen kann und Bakterien rauhe Oberflächen eher besiedeln als glatte, sollten eher glatte maschinieren Titanabutments als *Healing Abutments* verwendet werden, wenn Manipulationen im Rahmen der prothetischen Versorgung vorgenommen werden müssen.

Als definitive Abutments hingegen könnten eventuell rauhere Abutments interessante Ansätze ermöglichen, um ein besseres Attachment zu erzielen. Zur Beantwortung dieser Fragestellung sind jedoch klinische Studien notwendig, in denen geklärt werden muss, ob die hier initial beobachteten Vorteile auch langfristig stabil bleiben werden, da Al-Ahmad et al. (2013) in vitro einen Zusammenhang zwischen Biofilmbildung und Rauheit zeigen konnte. [22]

Literaturverzeichnis

- [1] K. Becker, I. Mihatovic, V. Golubovic, and F. Schwarz, “Impact of abutment material and dis-/reconnection on soft and hard tissue changes at implants with platform-switching.” *Journal of Clinical Periodontology*, vol. 39, pp. 774–80, 2012. (Zitiert auf Seiten [I](#), [II](#) und [8](#))
- [2] N. U. Zitzmann and T. Berglundh, “Definition and prevalence of peri-implant diseases,” *Journal of Clinical Periodontology*, vol. 35, pp. 286–291, August 2008. (Zitiert auf Seite [1](#))
- [3] Y. de Waal, A. J. van Winkelhoff, H. J. Meijer, G. M. Raghoever, and E. G. Winkel, “Differences in peri-implant conditions between fully and partially edentulous subjects: a systematic review.” *Journal of Clinical Periodontology*, vol. 40(3), pp. 266–86, 2013. (Zitiert auf Seite [1](#))
- [4] G. Iglhaut, K. Becker, V. Golubovic, H. Schliephake, and I. Mihatovic, “The impact of dis-/reconnection of laser microgrooved and machined implant abutments on soft- and hard-tissue healing.” *Clinical Oral Implants Research*, vol. 24, pp. 391–397, 2013. (Zitiert auf Seiten [1](#), [6](#), [7](#) und [8](#))
- [5] I. Abrahamsson and G. Cardaropoli, “Peri-implant hard and soft tissue integration to dental implants made of titanium and gold,” *Clinical Oral Implants Research*, vol. 18, pp. 269–274, 2007. (Zitiert auf Seite [2](#))
- [6] P. Vigolo, A. Givani, Z. Majzoub, and G. Cordioli, “A 4-year prospective study to assess peri-implant hard and soft tissues adjacent to titanium versus gold-alloy abutments in cemented single implant crowns.” *Journal of Prosthodontics*, vol. 15, pp. 250–256, 2006. (Zitiert auf Seiten [1](#) und [2](#))
- [7] F. Schwarz, I. Mihatovic, D. Ferrari, M. Wieland, and J. Becker, “Influence of frequent clinical probing during the healing phase on healthy peri-implant soft tissue formed at different titanium implant surfaces: a histomorphometrical study in dogs.” *Journal of Clinical Periodontology*, vol. 37, pp. 551–562, 2010. (Zitiert auf Seiten [1](#) und [2](#))
- [8] I. Abrahamsson, Berglundh, T., and J. Lindhe, “The mucosal barrier following abutment dis/reconnection. an experimental study in dogs,” *Journal of Clinical Periodontology*, vol. 24, pp. 568–572, 1997. (Zitiert auf Seiten [2](#) und [7](#))

- [9] I. Abrahamsson, T. Berglundh, I. S. Moon, and J. Lindhe, "Peri-implant tissues at submerged and non-submerged titanium implants." *Journal of Clinical Periodontology*, vol. 26, pp. 600–607, 1999. (Zitiert auf Seiten)
- [10] I. Abrahamsson, N. U. Zitzmann, T. Berglundh, E. Linder, A. Wennerberg, and J. Lindhe, "The mucosal attachment to titanium implants with different surface characteristics: an experimental study in dogs." *Clinical Oral Implants Research*, vol. 29, pp. 448–455, 2002. (Zitiert auf Seite 2)
- [11] D. Becker, J. and Ferrari, M. Herten, A. Kirsch, A. Schaer, and F. Schwarz, "Influence of platform switching on crestal bone changes at non-submerged titanium implants: a histomorphometrical study in dogs," *Journal of Clinical Periodontology*, vol. 34, pp. 1089–1096, 2007. (Zitiert auf Seiten 1, 5 und 6)
- [12] J. Becker, D. Ferrari, I. Mihatovic, S. A. Sahm, N., and F. Schwarz, "Stability of crestal bone level at platform-switched nonsubmerged titanium implants: a histomorphometrical study in dogs." *Journal of Clinical Periodontology*, vol. 36, pp. 532–539, 2009. (Zitiert auf Seiten 1, 5 und 6)
- [13] T. Berglundh, J. Lindhe, I. Ericsson, C. P. Marinello, B. Liljenberg, and P. Thomsen, "The soft tissue barrier at implants and teeth." *Clinical Oral Implants Research*, vol. 2, pp. 81–90, 1991. (Zitiert auf Seite 1)
- [14] D. Buser, R. K. Schenk, S. Steinemann, J. P. Fiorellini, C. H. Fox, and H. Stich, "Influence of surface characteristics on bone integration of titanium implants. a histomorphometric study in miniature pigs." *Journal of Biomedical Materials Research*, vol. 25, pp. 889–902, 1991. (Zitiert auf Seite 1)
- [15] M. A. Atieh, H. M. Ibrahim, and A. H. Atieh, "Platform switching for marginal bone preservation around dental implants: a systematic review and meta-analysis." *Journal of Periodontology*, vol. 18, pp. 1350–1366, 2010. (Zitiert auf Seite 1)
- [16] M. Welander, I. Abrahamsson, and T. Berglundh, "The mucosal barrier at implant abutments of different materials." *Clinical Oral Implants Research*, vol. 19, pp. 635–641, 2008. (Zitiert auf Seiten 2 und 6)
- [17] S. Pikner, "Radiographic follow-up analysis of brånemark dental implants." *Swedish Dental Journal Supplement*, pp. 5–69, 2008. (Zitiert auf Seite 2)
- [18] F. Schwarz, G. Iglhaut, and J. Becker, "Quality assessment of reporting of animal studies on pathogenesis and treatment of peri-implant mucositis and peri-implantitis. a systematic review using the arrive guidelines." *Journal of Clinical Periodontology*, vol. 39, pp. 63–72, 2012. (Zitiert auf Seite 2)
- [19] F. Schwarz, M. Herten, M. Sager, K. Bieling, A. Sculean, and J. Becker, "Comparison of naturally occurring and ligature-induced peri-implantitis bone defects in humans and dogs." *Clinical Oral Implants Research*, vol. 18, pp. 161–170, 2007. (Zitiert auf Seite 2)

- [20] F. Schwarz, A. Hegewald, and J. Becker, "Impact of implant-abutment connection and positioning of the machined collar/microgap on crestal bone level changes: A systematic review." *Journal of Clinical Oral Implants Research*, vol. 00, pp. 1–9, 2013. (Zitiert auf Seite 5)
- [21] L. Badihi Hauslich, M. Sela, D. Steinberg, G. Rosen, and K. D., "The adhesion of oral bacteria to modified titanium surfaces: role of plasma proteins and electrostatic forces." *Clinical Oral Implants Research*, vol. 24 (Suppl. A100), pp. 49–56, 2013. (Zitiert auf Seite 6)
- [22] A. Al-Ahmad, M. Wiedmann-Al-Ahmad, A. Fackler, M. Follo, E. Hellwig, M. Baechle, C. Hannig, J.-S. Han, M. Wolkewitz, and R. Kohal, "In vivo study of the initial bacterial adhesion on different implant materials," *Archives of Oral Biology*, vol. 58, no. 9, pp. 1139 – 1147, 2013. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003996913001477> (Zitiert auf Seiten 6 und 8)
- [23] X. Rodríguez, V. Meéndez, M. Segalaà, J. L. Calvo-Guirado, and D. P. Tarnow, "The effect of abutment dis/reconnections on peri-implant bone resorption: A radiologic study of platformswitched and non-platform-switched implants placed in animals." *Clinical Oral Implants Research*, vol. 24, pp. 305–311, 2013. (Zitiert auf Seite 7)

Danksagung

Ich danke Herrn Prof. Dr. Frank Schwarz ganz herzlich für die Überlassung des Themas und die sehr gute Betreuung der Promotionsarbeit.

Herrn Dr. Alex Schär von der Camlog Foundation, Basel, Schweiz danke ich für die Bereitstellung der experimentellen Abutments und für die Bestimmung der Rauheitswerte der Abutments.

Herrn Dr. V. Golubovic danke ich für die Unterstützung bei der Einarbeitung im Forschungslabor.

Auf Anregung von Françoise Peters von der Camlog Foundation war es möglich, dass Teile der vorliegende Dissertation in einem Fortbildungsbeitrag mit dem Titel „*Einfluss eines Wechsels des Abutments auf die periimplantären Hart- und Weichgewebe: Eine präklinische Studie bei Implantaten mit Platform Switching*“ im Camlog Biotechnologies Partnermagazin *Logo* sowohl in der deutschsprachigen (Vol 30, 2013) als auch in der internationalen Ausgabe (*Logo 30 - issue 6 EN*, 2013) veröffentlicht werden konnten.

Eidesstattliche Versicherung

Ich versichere an Eides statt, dass die Dissertation selbstständig und ohne unzulässige fremde Hilfe erstellt worden ist und die hier vorgelegte Dissertation nicht von einer anderen Medizinischen Fakultät abgelehnt worden ist.

1. März 2014, Kathrin Becker

Unterschrift