

1. Einleitung

Der Wunsch der Menschen nach feststehendem Zahnersatz führte bereits seit der Antike zu zahlreichen Versuchen, die verloren gegangenen Zähne durch körperfremde in den Kieferknochen eingesetzte Materialien zu ersetzen. Häufig endeten diese „Experimente“ in ausgedehnten Abszessen oder Ostitiden der Patienten. Erste wissenschaftliche Grundlagen für die Insertion und das Einheilverhalten von dentalen enossalen Implantaten wurden bereits 1967 von P. I. Brånemark gelegt [8]. In seinem Konzept beschreibt er die Versorgung zahnloser Unterkiefer durch Insertion von zahnwurzelanalogen Titanschrauben in der regio interforaminalis. Nach Ablauf einer mehrmonatigen Einheilphase stellten sich diese Implantate als ankylotischer biologischer Verbund mit dem umgebenden Knochen dar. Brånemark bezeichnete den Prozess als Osseointegration [7].

Die Erfolge in der implantatprothetischen Rehabilitation von Patienten sind Ergebnisse eines komplexen Behandlungsablaufs, in den Chirurg, Prothetiker und Zahntechniker gleichermaßen involviert sind [1].

Dieser Prozess verläuft prinzipiell nach einem typischen Schema:

1. Diagnostik
2. Planung
3. Umsetzung a) chirurgisch
 b) prothetisch
4. Recall

Initial werden durch die **Diagnostik** das Hart- und Weichgewebsangebot sowie ggf. limitierende Risikofaktoren evaluiert.

In der Phase der prothetisch-chirurgischen **Planung** wird die Anzahl und Position der Implantate in Abhängigkeit von der angestrebten prothetischen Versorgung festgelegt. Dabei müssen sowohl objektive Gegebenheiten als auch die Wünsche des Patienten berücksichtigt werden [22].

Die **Umsetzung** gliedert sich inhaltlich und zeitlich in eine chirurgische und prothetische Phase mit der Zielsetzung, die in der Planung aufgestellten Vorgaben zu realisieren.

Das anschließende **Recall** wird in Intervallen durchgeführt und dient zur Aufrechterhaltung der erreichten Osseointegration der enossalen Implantatanteile und der Funktion des Zahnersatzes.

Im Rahmen der prothetischen Versorgung eines Patienten ist eine Herstellung des Zahnersatzes direkt im Munde nicht möglich. Die limitierenden Faktoren sind zeitaufwändige Abläufe, die durch das Vorhandensein von Speichel, Platzmangel und biologischen Geweben mit begrenzter Belastbarkeit nicht zu verwirklichen oder für den Patienten physisch belastend sind.

Deshalb muss der eigentliche Fertigungsprozess in ein zahntechnisches Labor verlagert werden.

Voraussetzung hierfür ist eine Übertragung der Mundsituation auf eine extraorale Modellsituation, um damit die Möglichkeit einer indirekten Fertigung zu schaffen.

Die Übertragung in diese Modellsituation obliegt dem Zahnarzt, der durch eine Abformung eine Negativkopie der Mundsituation schafft. Im zahntechnischen Labor erfolgt die Umsetzung dieses Negativs in eine Positivkopie.

Durch Modellation, Fräsen, Polieren und Anpassen auf dieser Positivkopie wird der gesamte Zahnersatz hergestellt. Der Zahnarzt gliedert diesen letztendlich am Patienten ein.

Das Prinzip des implantatgetragenen Zahnersatzes beinhaltet, verschiedene Elemente einer biomechanischen Konstruktion zu einem möglichst dauerhaft belastbaren Verbund zusammenzufügen. Dabei übernimmt jedes Element der Gesamtkonstruktion Aufgaben, welche aufgrund biologischer Abläufe wie einer Einheilphase nicht zeitgleich erfüllt werden können. Eine Einteilung in folgende funktionelle Elemente ist möglich (Abb. 1.):

| <u>Element</u> | <u>Aufgabe</u> |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Implantat | enossale Verankerung |
| Abutment | transgingivale Verbindung von Implantat und Suprastruktur |
| Suprastruktur | Aufnahme der Kaukräfte und Weiterleiten auf tragende Abutments, ggf. retentives Element für abnehmbaren Zahnersatz |

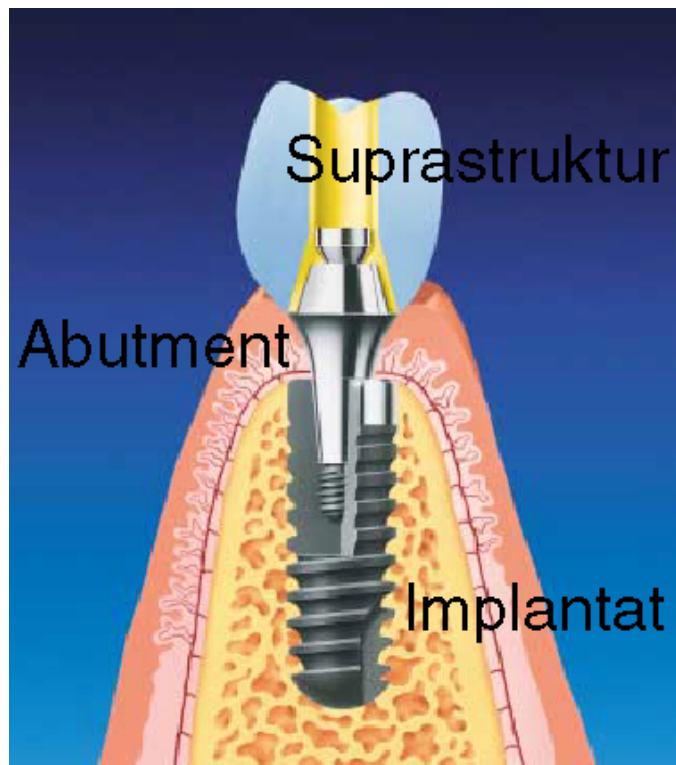


Abb. 1 Aufbau einer Implantatversorgung

Nach abgeschlossener Einheilphase und erfolgter chirurgischer Freilegung kann das enossal verankerte Implantat durch Installation eines Abutments kaufunktionell belastet werden. Der Verbund von enossalem Implantatanteil und Abutment muss sowohl axiale als auch extraaxial auftreffende Kaukräfte sicher übertragen.

Die am Markt verbreiteten Implantatsysteme benutzen dazu fast ausschließlich rein formschlüssige Verbindungen zwischen enossalem Implantat und transgingivalem Abutment. Dabei erfolgt die Rotationssicherung zwischen Implantat und Abutment über hexagonale oder oktagonale Formelemente analog einer Schraube-Schraubenschlüssel-Verbindung. Der vertikale Verbund von Abutment und Implantat wird durch zentrale fixierende Schrauben erreicht.

Die beobachteten Probleme an implantatgetragenen oder –gestütztem Zahnersatz sind in Probleme a) biologischer und b) (bio-)mechanischer Genese einzuteilen.

Das im Munde präsente Bakterienmilieu ist als ein Risikofaktor für die Erklärung der **biologischen Probleme** heranzuziehen. Speziell Keime, die im natürlich bezahnten Gebiss mit der Entstehung von Erkrankungen des Zahnhalteapparates assoziiert sind, können periimplantäre Entzündungen verursachen. Hauptsächlich sind dies Leitkeime für Parodontitiden wie *Bacteroides forsythis*, *Porphyromonas gingivalis* und *Actinobacter actinomycetemcomitans*. Die zwingende Folge dieser bakteriell verursachten Entzündung ist ein partieller oder totaler Verlust der Osseointegration des Implantates. Voraussetzung für ein klinisches Beherrschen dieser Problematik ist eine zweckmäßige periimplantäre Weichgewebekonditionierung, die zu einer biologischen Schranke zwischen enossalem und enoralem Implantatanteil führt.

Eine adäquate Mundhygiene des Patienten, die im Recallsystem unterstützt und kontrolliert wird, stellt die Prophylaxe zur Vermeidung dieser biologischen Probleme dar.

Die erreichte Osseointegration der enossalen Implantate wird **biomechanisch** durch Spannungen gefährdet, die durch die Suprakonstruktion auf die Implantate und den periimplantären Knochen übertragen werden.

Diese Spannungen entstehen durch Passungenauigkeiten zwischen den tatsächlich im Patientenmund vorhandenen räumlich positionierten Implantatabutments und der sie verbindenden Suprakonstruktion. Die Passungenauigkeiten treten ab einem bestimmten Grad klinisch in Form von Spalten zwischen Suprakonstruktion und Abutment auf.

Insbesondere durch eine Verschraubung der Suprakonstruktion mit den intraoralen Abutments / den Implantaten führen die Passungenauigkeiten zu einer elastischen Deformation der Suprakonstruktion. Die Elastizität des Materials erzeugt Rückstellkräfte, die durch die Verschraubung auf die Implantate übertragen werden und sich in Form von Spannungen im Implantat-Knochen-Interface darstellen. Als Resultate sind die typischen Komplikationen wie periimplantärer Knochenabbau, Schraubenlockerung, -fraktur resp. Abutmentlockerung oder -fraktur zu beobachten.

Sowohl der prothetisch tätige Zahnarzt als auch der beteiligte Zahntechniker sind gefordert, durch Vermeidung von Passungenauigkeiten die Grundlage für eine langzeitstabile Implantatsuprastruktur zu bilden.

1.1 Problemstellung

Bedingt durch den indirekten Herstellungsprozess sind alle Bemühungen zur Schaffung einer passgenauen spannungsfreien Suprakonstruktion nur dann sinnvoll, wenn die vorausgegangene Übertragung der Mundsituation des Patienten zu einer möglichst identischen Modellsituation führt.

Damit kommt der Abformtechnik, die ein präzises Meistermodell ermöglichen soll, eine entscheidende Bedeutung zu.

In der wissenschaftlichen Literatur wird der Einfluss von unterschiedlichen Abformtechniken auf die Übertragungspräzision von Implantatpositionen kontrovers diskutiert.

Die Techniken und Materialien, welche zu einer höheren Übertragungspräzision führen können, werden im Literaturteil beschrieben und im Rahmen der vorliegenden Studie auf die erreichbare Präzision miteinander verglichen.

Speziell für das Implantatsystem Ankylos[®] (Fa. Degussa-Hüls) mit seiner neuartigen konischen Verbindung zwischen Abutment und enossalem Implantatanteil (kraft-formschlüssig) liegen noch keine Untersuchungen zur erreichbaren Übertragungspräzision vor.

1.2 Ziel der Untersuchung

Ausgehend von 1.1 ergeben sich mehrere Fragestellungen.

Wie verändern sich die Implantatpositionen eines Urmodells mit Ankylos® - Implantaten bei der Übertragung in Bezug auf das Meistermodell (absoluter Bezug)?

Die Relevanz dieser Frage erschließt sich aus der klinischen Situation, in der ein Restzahnbestand in eine Implantatversorgung mit einbezogen wird oder die implantatgetragene Suprakonstruktion äußerst präzise die antagonistische Bezahnung berücksichtigen muss. Dabei genügt nicht eine hochpräziser Positionstransfer der intraoralen Implantate relativ zueinander. Intraorale Strukturen wie beschliffene Zahnstümpfe, die in eine Gerüstkonstruktion miteinbezogen werden sollen, sind durch die Abformung ebenso positionstreu auf das Meistermodell zu übertragen.

Wie verändern sich die Implantatpositionen bei der Übertragung auf das Meistermodell zueinander (relativer Bezug)?

Für Mesostrukturen, die als Verbindungen zwischen Implantaten und dem „eigentlichen“ Zahnersatz dienen, sind intraorale Strukturen von eher nachgestellter Bedeutung. Priorität hat der hochpräzise Transfer der intraoralen Implantatpositionen auf das Meistermodell. Umgebende Strukturen, die in späteren Arbeitsschritten zur Herstellung des abnehmbaren Zahnersatzes benötigt werden, könnten noch nachträglich durch eine Sammelabformung gewonnen werden.

Welchen Einfluss hat das Abformmaterial auf die Präzision bei der Übertragung der Implantatpositionen?

Eine Fülle von dentalen Abformwerkstoffen wird mit dem Hinweis auf besondere Eignung für die Abformung von Implantaten angeboten. Diese Materialien unterscheiden sich unter anderem hinsichtlich ihrer chemischen Stoffgruppe und der erreichten Endhärte. Diese Parameter sind erfahrungsgemäß entscheidend für die Fixation von Implantat-Übertragungspfosten, die als Hilfsmittel beim Positionstransfer eingesetzt werden.

Welchen Einfluss hat die Wahl des Übertragungspfostens auf die Präzision bei der Übertragung der Implantatpositionen?

Die Hersteller von Implantatsystemen offerieren verschiedene Hilfsmittel, um die intraoralen Implantatpositionen zu übertragen. Durch die Anwendung von Übertragungspfosten sind Implantatanaloga im Meistermodell einfügbar, die mit industrieller Präzision gefertigt wurden. Das führte zu einer bestmöglichen Übertragung der kompliziert gestalteten Verbindungsstellen zwischen Implantat und Abutment auf das Meistermodell. Die Position des Laboranaloges im Meistermodell im Vergleich zum Originalimplantat im Mund ist damit die Determinierende für das hochpräzise Meistermodell.

Es bestehen zwei generelle und systemabhängige Möglichkeiten zum Positionstransfer. In der ersten Variante wird durch den Prothetiker intraoral die definitive Abutmentauswahl getroffen, dieses Abutment installiert und eine Abformung für ein Meistermodell vom Niveau des Abutments durchgeführt.

In der zweiten Variante führt der prothetisch tätige Zahnarzt direkt eine Abformung vom Niveau des Implantats ohne vorherige Installation eines Abutments durch. Die Abutmentauswahl erfolgt im zahntechnischen Labor. Dementsprechend sind unterschiedliche Übertragungspfosten einzusetzen.

Führt die Verblockung von Implantatpfosten zu einer größeren Präzision bei der Übertragung der Implantatpositionen?

Um eine Positionsveränderung der Übertragungspfosten während des Abformprozesses und der Entnahme zu vermeiden, wurden durch einige Autoren als Hilfsmittel Materialien eingesetzt, welche keine elastische Deformation durch den Entnahmevorgang zulassen. Diese Materialien basierten meist auf Kunststoffen, die im plastischen Zustand um die intraoral installierten Übertragungspfosten adaptiert wurden und dort aushärteten. Man erhoffte sich durch die Schaffung vergrößerter Retentionsflächen eines Verbundes der Übertragungspfosten mit maximaler Festigkeit geringere Übertragungsfehler. Dennoch war zu beobachten, dass der Verbund selbst polymerisationsbedingten Volumenänderungen unterworfen war und neue Fehlermöglichkeiten mit sich brachte.

Aufgrund fehlender Daten zur Übertragungspräzision der neuartigen Konusverbindung zwischen Implantat und Abutment des Ankylos®-Systems und der Komplexität der Übertragungstechnik entstand der Ansatz zur Durchführung dieser Studie.