



Galvano-Konusprothesen - Haftkraft, Behandlungsprotokoll, Biomechanik, Indikation

in Zusammenarbeit mit
OÄ Dr. G. Trimpou; ZTM J.-H. Lee, ZTM R. Arnold, ZTM E. Krenz

Motivation

Der prothetische Behandlungsbedarf in der BRD wird auch in Zukunft konstant bleiben. Allerdings ändern sich die Rahmenbedingungen für den praktizierenden Zahnarzt:

- Der Zahnverlust tritt oft erst in einem hohen Lebensalter auf. Die Art und die Herstellung von Zahnersatz werden entscheidend durch altersbedingte Einschränkungen bestimmt.
- Bei einem immer größer werdenden Anteil der Patienten sind ein hoher Anspruch nach exzellenter Ästhetik und der Wunsch, auf eine metallische Substruktur zu verzichten, festzustellen.
- Bei Indikationen für herausnehmbaren Zahnersatz wünscht der Patient eine schaukelfreie Prothese mit sicherem Halt und einfacher Handhabung.
- Bei fehlenden Zähnen ermöglichen Implantate prothetisch hochwertige Therapieergebnisse.

Diese veränderten Rahmenbedingungen können mit einer innovativen Herstellung von Konusprothesen begegnet werden.

Das Halteelement: vollkeramischer Konus mit Galvano-Matrize

Das Halteelement vollkeramischer Konus mit Galvano-Matrize basiert auf Erkenntnissen der konventionellen Konuskronen-Technologie, welche Pfeilzähne zur Verankerung vom herausnehmbaren Zahnersatz nutzt.

Das Halteelement kombiniert folgende Bestandteile:

- exakt plane Oberfläche aus Keramik (Abb. 1a, 1b)
- Konusdesign
- hochpräzise Matrize aus galvanogeformtem Feingold (Abb. 1a, 1c)
- flüssigkeitsgefüllter Fügspalt zwischen Keramikpatrize und Feingoldmatrize
- kraftschlüssige Umfassung der Feingoldmatrize von festen und steifen Gerüstmaterial

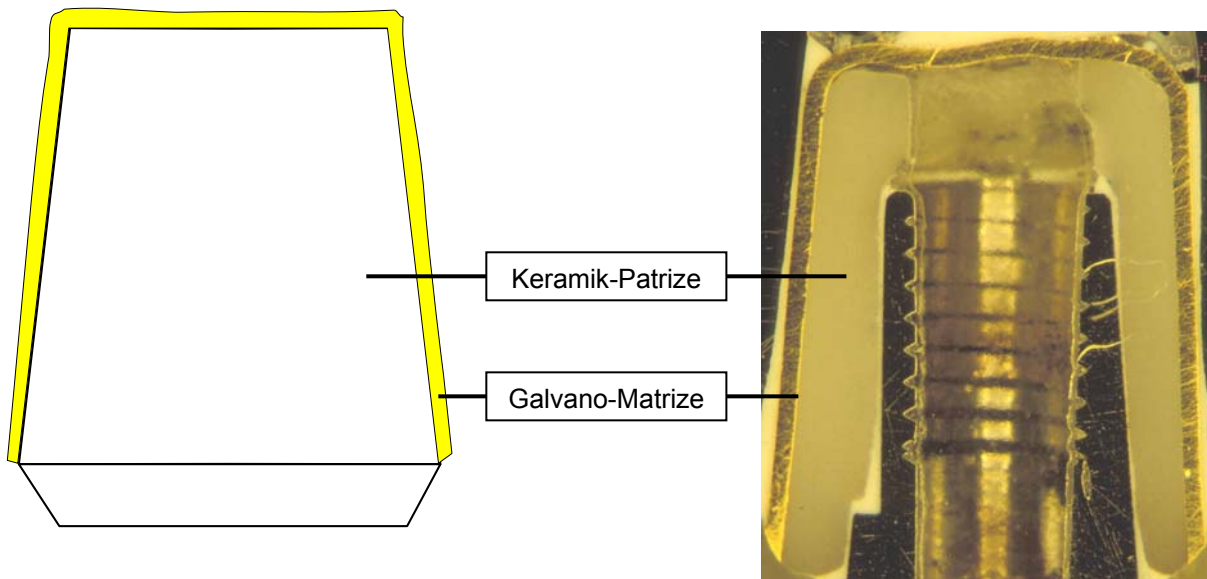


Abb. 1a: Exakte Passung im Mikrometerbereich zwischen Patrize aus Keramik und Matrize aus galvanisch geformtem Feingold.



Abb. 1b: konische Patrize des Halteelements mit exakt planer Keramikoberfläche. Eine marginale Stufe hat keinen Einfluss auf die Höhe der Haftkraft

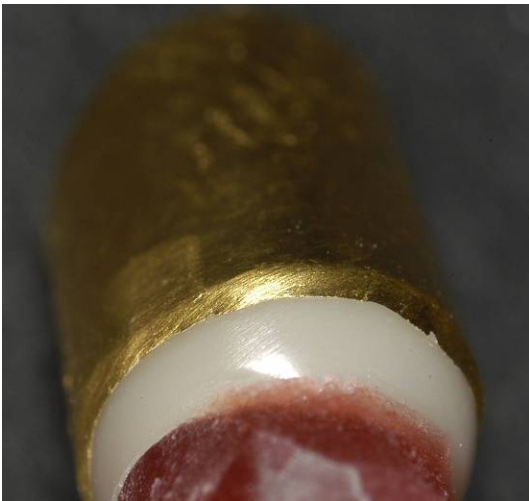


Abb. 1c: hochpräzise passende Matrize aus galvanogeformtem Feingold

Funktionsprinzip des Halteelements

Der Haftkraftmechanismus beim Abziehen der Matrize von dem Konus basiert hauptsächlich auf der Überwindung des Widerstandes des Flüssigkeitsfilms im Spaltraum zwischen Matrize und Patrize und dem dabei entstehendem Vakuum zwischen Patrize und Matrize. Der Spalt ist aufgrund der Galvano-Formgebung unter 5 µm reproduzierbar herstellbar und damit für die Erzeugung der Haftkraft ausreichend gering. Ein vergleichbarer Haftkraftmechanismus tritt bei einer gut passenden Totalprothese auf.

Die Haft- und Gleitreibung hingegen ist beim Abziehen der Feingold-Matrize aufgrund der glatten und planen Keramikoberfläche vernachlässigbar. Das entstehende tribologische System *Keramik – Speichel – Feingold* reduziert neben der glatten Keramikoberfläche zusätzlich den Reibungskoeffizienten. Ein Verschleiß der gegenüberliegenden Oberflächen bleibt faktisch aus, da der dazwischen liegende Flüssigkeitsfilm wie der Ölfilm bei dem Kolben eines Otto-Motors wirkt.

Bei der konventionellen Konusverbindung trägt die elastische Deformierung der Matrize entscheidend zur Gesamthaftkraft bei. Das Ausmaß der Deformierung hängt unter anderem von Steilheit des Konuswinkels und von der Höhe der Aufpresskraft der Matrize ab. Das erklärt die Zunahme der Haftkraft von konventionellen Konusprothesen nach der Applikation von hohen Kaukräften. Eine elastische Deformierung der Matrize wird allerdings durch die Duktilität von Feingold vermieden. Die Haftkraft nimmt bei Erhöhung der Kaukraft nicht zu. Zudem bewirkt das Ausbleiben einer elastischen Deformierung der Feingoldmatrize Matrize, dass eine Veränderung des Konuswinkels in einem Intervall von 2 bis 6° kaum einen Einfluss auf dessen Abzugskraft hat. Die kraftschlüssige Umfassung der Feingoldmatrize durch ein festes und steifes Gerüstmaterial verhindert deren plastische Deformation. Eine weitere Folge dieses Haftungsprinzips ist die Möglichkeit einer marginalen Stufe der Konuspatrize (Abb. 1b). Letztere verbietet sich bei einer konventionellen Konuskronen, weil sie die zur Haftkraft unbedingt erforderliche elastische Deformierung der gegossenen Sekundärkronen verhindert.

Einfluss des Kippmeidereffekts auf den Prothesenhalt

Die in vitro gemessene Gesamthaftkraft von zwei verbundenen Halteelementen betragen nicht mehr als 5 N, da das Auseinanderziehen des Flüssigkeitsfilms und die sehr geringe Haft- und Gleitreibung in der Einschubrichtung nicht mehr Widerstand erzeugen kann. Der klinisch resultierende Halt einer Prothese wird somit nicht ausschließlich durch die Haftkraft der Halteelemente in der Einschubrichtung verursacht.

Ein entscheidender Mechanismus ist der große Mobilisierungswiderstand der Prothese gegenüber Kräften außerhalb der Einschubrichtung, welche hauptsächlich während des Tragens auf die Prothese einwirken.

Wird eine hochpräzise passende Feingold-Matrize mit einem Kraftvektor ab zu ziehen versucht, dessen Richtung nicht exakt zur Einschubrichtung verläuft, nimmt die Abzugskraft stark zu. Dieser Effekt verstärkt sich erheblich mit der Länge der Konuskronen (Abb. 2a, 2b). Klinisch wird dieser Wirkungsmechanismus auch als Kippmeidereffekt bezeichnet. Analog hierzu vergrößert sich z.B. der Halt bzw. der Kippmeidereffekt bei einer Totalprothese mit der Zunahme der vertikalen Höhe der Alveolarfortsätze. Der Halt einer Resilienzteleskopprothese nutzt ausschließlich den Kippmeidereffekt, da das Halteelement Resilienzteleskop bekanntlich keine Haftkraft generiert. Trotzdem ist der klinisch resultierende Halt einer Resilienzteleskopprothese besser als der Halt einer entsprechenden Totalprothese, weil die Teleskoppatrize als „vertikal verlängerter Alveolarkamm“ wirkt.

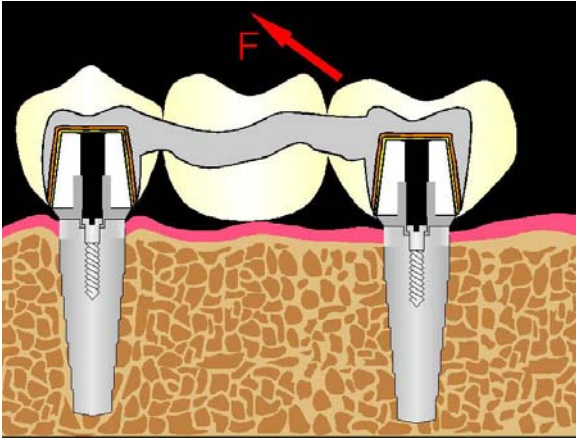


Abb. 2a: Ein entscheidender Mechanismus für den klinisch resultierende Prothesenhalt ist der Mobilisierungswiderstand der Prothese gegenüber Kräften (F) außerhalb der Einschubrichtung (= Kippmeidereffekt).

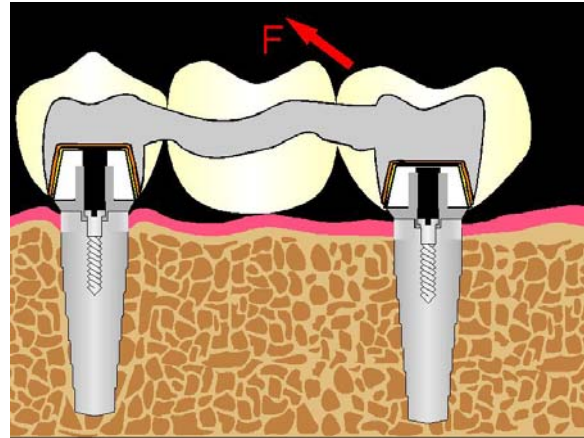


Abb. 2b: Der Kippmeidereffekt und damit der Prothesenhalt nimmt bei kurzen Konuskronen stark ab.

Der Mobilisierungswiderstand der Prothese gegenüber Kräften außerhalb der Einschubrichtung wird zudem durch das Zusammenwirken mehrerer auf einer Ebene verteilter Konusverbindungen verstärkt. Je größer die Pfeildistanz ist, desto mehr wirkt der Kippmeidereffekt.

Letzterer wird zusätzlich durch die exzellente Passungspräzision des Prothesengerüsts erhöht. Jede kleinste Mikrobewegung würde eine Mobilisierung der Prothese durch Abzugskräfte außerhalb der möglichen Einschubrichtung sehr erleichtern.

Die klinische Erfahrung zeigt, dass bereits zwei Zahn- oder Implantatpfeiler im Unterkiefer unter folgenden zwei Voraussetzungen einen klinisch suffizienten Prothesenhalt bzw. Kippmeidereffekt generieren können:

- je eines der beiden Implantate wird im Eckzahn- oder Prämolarenbereich inseriert, um eine Distanz für einen ausreichend großen Kippmeidereffekt zu erhalten.
- in Kombination mit einer vertikalen Konuslänge von mindestens 7 mm ist ein Prothesengerüst z.B. bei einer unilateralen Kaubelastung im Bereich des zweiten Molaren nicht mehr zu mobilisieren.

Weitere zusätzliche Zahn- oder Implantatpfeiler erhöhen die Belastungskapazität der Prothese. Außer im Falle eines zahnlosen Oberkiefers ist diese Verstärkung auch zwingend erforderlich. Die zusätzlichen Pfeiler verbessern zudem den schon bestehenden Kippmeidereffekt. Eine geringfügige Unterschreitung der Konuslänge ($\geq 6,0$ bis $6,5$ mm) bei den zusätzlichen Implantaten verursacht aber keine Aufhebung des durch die beiden ersten Implantate erzeugten Kippmeidereffektes. Mit anderen Worten reichen im Falle von 4 bis 8 Pfeilern zwei Konuskronen mit einer vertikalen Länge der Fügeflächen von mindestens 7 mm aus, wenn diese eine große Pfeilerdistanz aufweisen. Im Gegensatz hierzu reduziert sich der Kippmeidereffekt enorm, wenn bei insgesamt 4 bis 8 Pfeilern nicht mindestens zwei weit entfernte Konuskronen mit mehr als 7 mm Höhe vorhanden sind.

Eine exakt parallel zur Einschubrichtung wirkende Abzugskraft tritt klinisch äußerst selten auf. Nur der Patient nutzt diese für ein leichtes Herausnehmen der Prothese. Unmittelbar nach dem Trennen der Feingoldmatrizen von den vollkeramischen Konuskronen verbleibt eine über kurze Distanz restliche Haftkraft, die ein plötzliches Herausfallen der Galvano-Prothese verhindert.

Die durch ein exakt passendes, völlig immobiles Prothesengerüst erzeugte sekundäre Verblockung der Implantatpfeiler simuliert eine primäre Verblockung z.B. durch einen Steg

oder z.B. durch eine 12-gliedrige Brücke. Dadurch ermüdet ein in der Konstruktion schwach ausgelegtes, unterdimensioniertes Prothesengerüst vor allem am Beginn eines weitspannigen Freiersattels (Abb. 3a). Eine Spontanfraktur des kalt versprödeten Gerüsts ist die Folge (Abb. 3b).

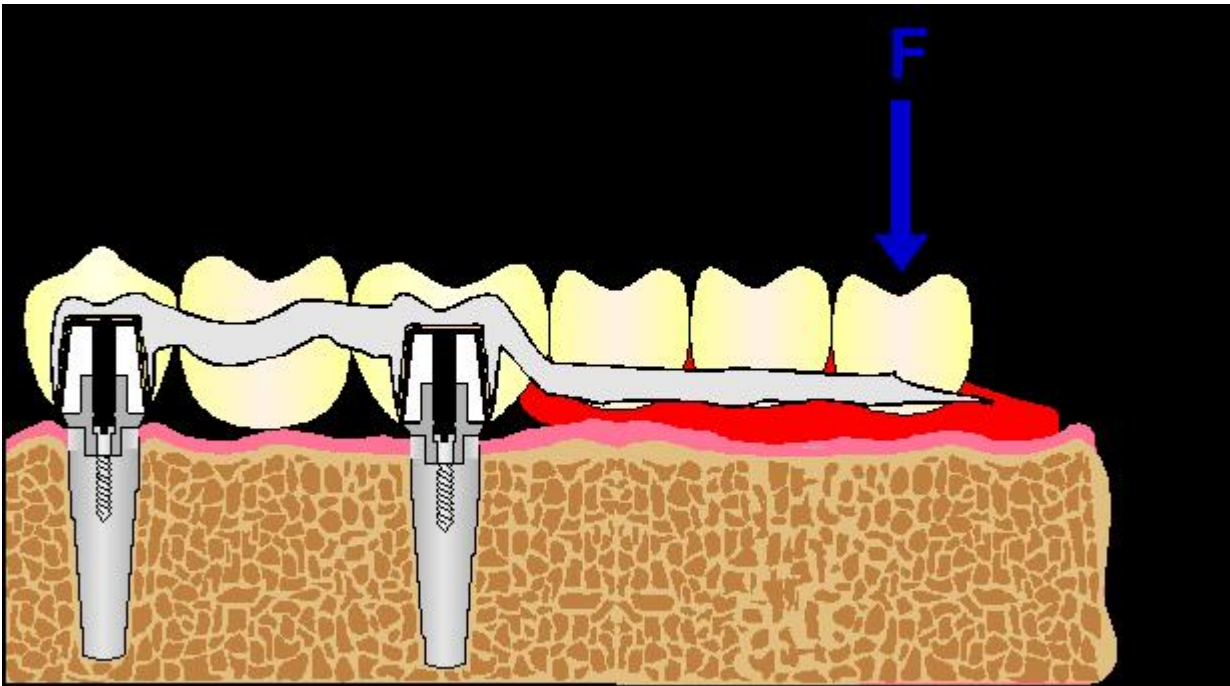


Abb. 3a: Ein unterdimensioniertes Prothesengerüst ermüdet vor allem am Beginn eines weit extendierten Freiersattels, da die starre Lagerung der Galvano-Prothese keine Kraftübertragung auf den Alveolarkamm zulässt.

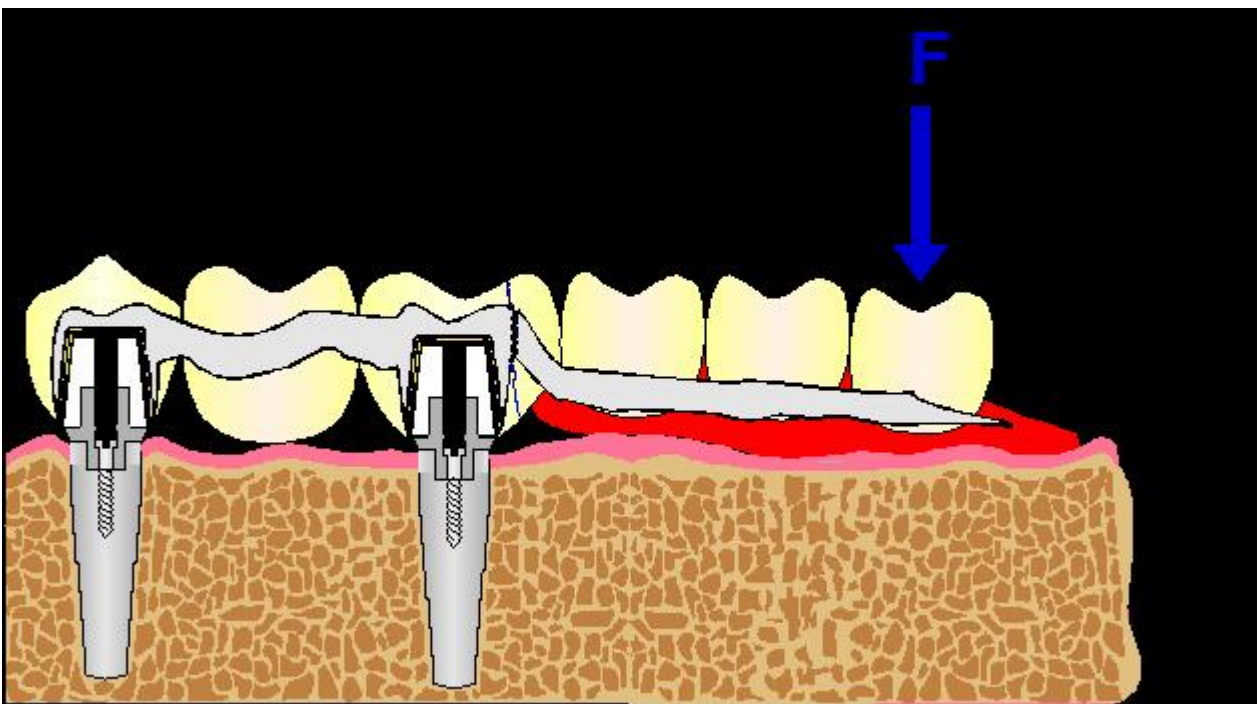


Abb. 3b: Eine plastische Deformation oder eine Materialermüdung mit spontan eintretender Fraktur ist die Folge

Resultierender klinischer Prothesenhalt

Der klinisch resultierende Halt einer Galvano-Konusprothese wird im wesentlichen von folgenden Einflussgrößen bestimmt:

- Passungspräzision jedes einzelnen Halteelements
- Gerüstpräzision
- vertikale Höhe der vollkeramischen Konuspatrizen ($\geq 7\text{mm}$ bei mind. 2 kontralateralen Pfeilern)
- horizontaler Abstand zwischen den Prothesenpfeilern
- Pfeileranzahl

Die Konstanz des Prothesenhaltes ist insbesondere von der Fertigungsqualität jedes einzelnen Halteelements abhängig:

- exakt plane Oberflächen der keramischen Konuspatrize
- ein minimaler, möglichst äquidistanter Fügspalt ($> 5\ \mu\text{m}$) zwischen Keramik und Feingold

Einen geringen bis ausbleibenden Einfluss auf den Prothesenhalt haben folgende Eigenschaften:

- Konuswinkel zwischen 2° und 6°
- Konuskrone mit marginaler Stufe

Behandlungsprotokoll zur Sicherung der Gerüstpräzision

Ein voraussagbarer, nachhaltiger Prothesenhalt basiert auf eine hochpräzise Verankerung des Prothesengerüsts auf den vollkeramischen Primärkronen. Zur ausnahmslosen Sicherstellung der Passung hat sich folgendes klinisches Vorgehen bewährt (Abb. 4):

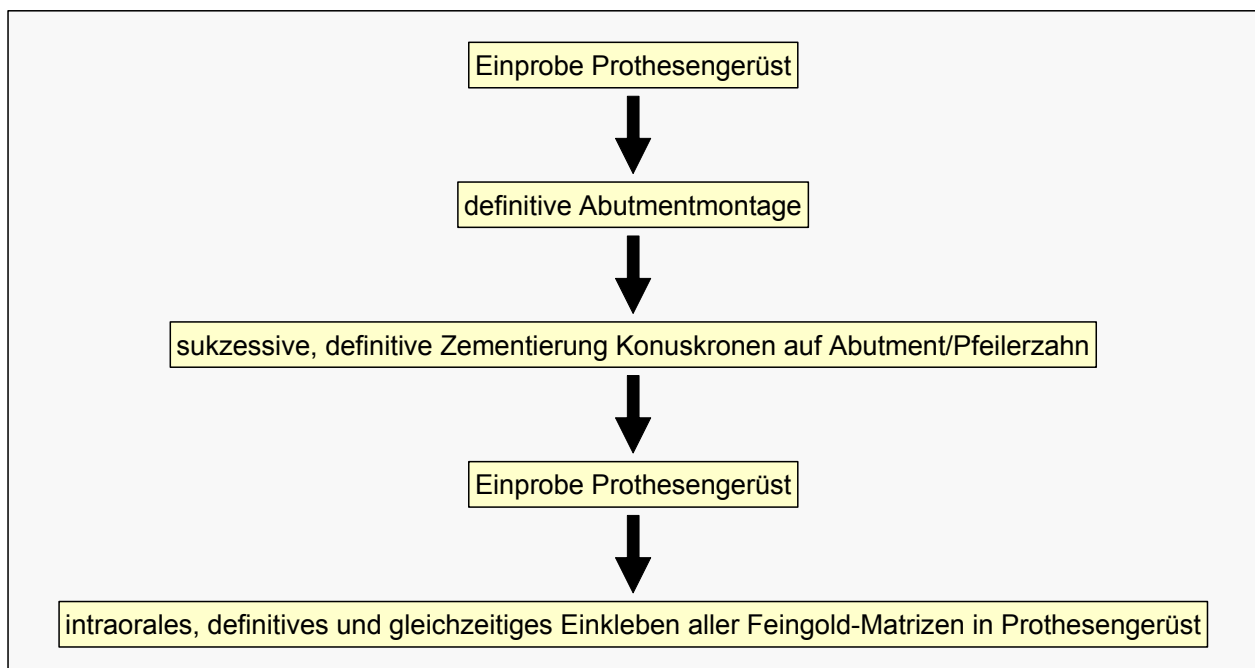


Abb. 4: Klinischer Behandlungsablauf zur Sicherstellung einer hochpräzisen Gerüstpassung einer Implantat verankerten Galvano-Konusprothese

Nach der Einprobe des Prothesengerüsts werden die Implantatabutments definitiv nach Herstellerangaben montiert (Abb. 5a). Anschließend erfolgt die definitive Zementierung der vollkeramischen Konuskronen auf das Abutment oder auf den Pfeilerzähnen. Die Feingoldmatrizen werden bereits vorher auf die korrespondierenden Konuskronen exakt platziert und verbleiben während des Zementiervorgangs dort (Abb. 5b). Eine erneute Einprobe des Prothesengerüsts (Abb. 5c) schließt eine fehlerhafte Positionierung der zementierten Konuskronen aus. Die Feingoldmatrizen werden anschließend intraoral in das weitspannige Prothesengerüst definitiv und alle gleichzeitig eingeklebt (Abb. 5d).



Abb. 5a



Abb. 5b



Abb. 5c

Abb. 5a: Definitive Montage von Einzelzahnabutments

Abb. 5b: Definitive Zementierung der Konuskronen mit aufgesetzter Feingold-Matrize

Abb. 5c: Einprobe des Prothesengerüsts



Abb. 5d: Definitives intraorales Einkleben der Feingold-Matrizen in das Prothesengerüst



Abb. 5e: Keramische Konuskronen unmittelbar nach Herausnehmen des Prothesengerüsts
Die introrale Gerüstfü gung lässt die Anwendung von (nahezu) parallelwandigen Teleskopkronen in der Implantatprothetik nicht zu. Nur Konuskronen mit einem Winkel größer als 2° können geringe Inkongruenzen zwischen dem Meistermodell und dem Patienten kompensieren. Mit anderen Worten: Wenn auf dem Meistermodell die Pfeilerachse z.B. um 1° gegenüber der realen Situation differiert, kann bei parallelwandigen Teleskopen nach dem intraoralen Einkleben der Galvanomatrizen das Gerüst von den Implantaten nicht mehr abgenommen werden.

Effektive Herstellung von Galvano-Konusprothesen

Das Behandlungsregime zur Herstellung von Konusprothesen, die sowohl auf Implantaten als auch auf Zähnen verankert sind, beinhaltet eine logistisch effektive zahntechnische und klinische Methodik. Im folgendem werden exemplarisch die einzelnen Schritte chronologisch dargestellt:

1. Sitzung

Vor der ersten Sitzung gehen ein Befund und eine Planung mit Situationsmodellen, die mittels eines arbiträren Gesichtsbogens in einem Artikulator montiert werden, voraus.

Zahnpräparation

Die später sekundär verblockten Konuskronen benötigen eine gemeinsame Einschubrichtung. Die Präparation der Pfeilerzähne sollte daher nicht zu stark divergieren. Die Zähne werden konventionell zur Aufnahme einer Einzelkrone präpariert. Die Präparation schließt marginal hohlkehlförmig und wenn möglich supra- bis äquigingival ab.

Abformung

Für die Registrierung der Implantatposition werden rotationsgesicherte Einzelzahn-Abformpfosten für die Repositionsmethode verwendet. Die Abformung von Pfeilerzähnen erfolgt konventionell. Weil eine präzise Abformung der Schleimhaut zu einem späteren Zeitpunkt folgt, ist für diese erste Abformung nur die Erfassung der Zahnpräparation von Bedeutung. Daher reicht ein konfektionierter Abformlöffel aus - ein individueller Abformlöffel ist nicht erforderlich.

Provisorische Kieferrelationsbestimmung

Nach der Abformung dient der Zahnstumpf als Träger für ein Registriermaterial (z.B. Pro Temp[®], 3M Espe) oder es wird eine schleimhautgestützte Registrierschablone verwendet, um eine erste Kieferrelationsbestimmung durchzuführen. Da die Kauflächen der Zähne erst nach der intraoralen Gerüstfü gung aufgestellt werden, sind leichte dreidimensionale Abweichungen ($\pm 1,0$ mm) bei dieser provisorischen Kieferrelationsbestimmung nicht relevant. Der Zahntechniker kann aber anhand dieser Grundlage bereits den Gegenkiefer bei der Herstellung der Konuskronen und des weitspannigen Tertiärgerüsts berücksichtigen.

Erfassung der Bestimmungsgrößen für die Ästhetik

Die auf das Registratmaterial oder auf die Registrierschablone übertragene Mittel- und Lippenlinie liefern weitere wertvolle Informationen für eine ästhetische Frontzahngestaltung. Zudem können Zahnform- und Farbe zusammen mit dem Patienten ausgesucht werden. Ein digitales Foto der extraoralen Situation ist in diesem Zusammenhang sehr hilfreich und aufgrund der guten und sehr einfachen Weiterleitung zur Zahntechnik per e-mail nicht zeitaufwendig.

Zahntechnische Leistungen nach der 1. Sitzung

Herstellung der Konuskronen

Die *Abformung* dient zur Herstellung eines Fräsmodells mit herausnehmbaren Gipsstümpfen. Das Registrat der provisorischen Kieferrelationsbestimmung wird für die Zuordnung des Gegenkiefers auf die Zahnstümpfe aufgesetzt. Die eingezeichnete Mittellinie bzw. Lippenlinie hilft beim diagnostischen Set-up mit konfektionierten Zähnen.

Die Gesamteinschubrichtung aller Primärkronen wird auf einem Modelltisch mit Konusuhr festgelegt. Die Patrizen werden je nach Material (hochgoldhaltige Legierung; Titan; Keramik, NEM) mit einem Konuswinkel zwischen 2 und 6 Grad gefertigt. Bei Implantaten ist ein Übertragungsschlüssel für die korrekte Einschraubposition der Abutments im Mund essentiell. Ein Vertauschen der Abutments bzw. eine Verwechslung der präfabrizierten Indexpositionen des Abutments (Replace Select[®]; BoneLevel[®]; SynOcta[®]; Xive[®]; Astra[®]; 3i[®], Camlog[®], etc.) durch den Zahnarzt werden damit ausgeschlossen.

Die Fügeflächen der Konuskronen werden mit einem Fräsgerät gestaltet. Hierbei ist vor allem auf das Erzeugen einer glatten Fläche zu achten, da jede kleine „Delle“ in dieser Fläche auch beim Galvanisierungsprozess der Matrize mitgeformt wird. Beim Abziehen der Galvanomatrize von der Konuskrone muss sich die Galvanomatrize um den Betrag der „Delle“ aufweiten. Die hohe initiale Passungspräzision wird damit verwirkt. Vor allem **ein Polieren der Konuskrone** nach der Bearbeitung im Fräsgerät erzeugt solche zum Teil nicht sichtbare „Dellen“ auf der glatten Oberfläche einer Konuskrone und **ist daher stets zu unterlassen!**

Die Herstellung von **Primärkronen aus Vollkeramik** unterscheidet sich vor allem durch den **obligaten Einsatz einer wassergekühlten Turbine** (Abb. 6), die in einem Fräsgerät eingespannt ist. Der diamantierte Schleifkörper bearbeitet die Fügefläche der Konuskrone. Durch eine geringe Korngröße des Schleifkörpers (< 4µm) und durch Keramikpartikel, die beim Nassschleifen im Aerosol zusätzlich als abtragende Schleifpartikel wirken, entstehen extrem glatte Oberflächen. **Auch hier zerstört eine anschließende manuelle Politur der Konuskrone die exakt glatte Oberfläche.** Moderne Keramikwerkstoffe (Zirkoniumdioxid) ermöglichen eine Wandstärke der Konuskronen bis zu 0,3 mm. Keramische Primärkronen benötigen zum Erzeugen einer klinisch ausreichenden Kippmeiderwirkung mindestens eine vertikale Höhe der Fügefläche von ca. 7 mm.



Abb. 6: Vollkeramische Konuskronen werden mit diamantierten Schleifkörpern und Wasserkühlung bearbeitet

Herstellung der Galvano-Matrizen

Die *Feingold-Matrizen* entstehen direkt auf den Oberflächen der Konuskronen durch ein vollautomatisches galvanisches Abscheidungsverfahren. Die Formgebung der Matrizen erfolgt also ohne Replikaverfahren, d.h. die Außenoberfläche der originalen Konuskrone definiert die Innenfläche der Feingoldkappe. Ein Silberlack wird mit einer Spritzpistole hauchdünn auf die Konuskrone aufgesprüht (Abb. 7a), um die Oberfläche für den Galvanisierungsprozess leitend zu machen und zudem eine Trennschicht zu erzeugen, die ein späteres Abnehmen der Galvanomatrize (Abb. 7b) ermöglicht. **Die Schichtstärke – vor allem die gleichmäßige Dicke – des Silberleitlacks ist entscheidend für die Passgenauigkeit der Galvanomatrize.** Wird der Silberleitlack zu dick und/oder unkontrolliert – z.B. mit dem Pinsel – aufgetragen, dann berührt die Galvanokrone nur noch einige kleinflächigen Stellen die Patrize. Ein Haftungsverlust der Matrizen nach kurzer klinischer Funktionszeit wäre die unausweichliche Folge.

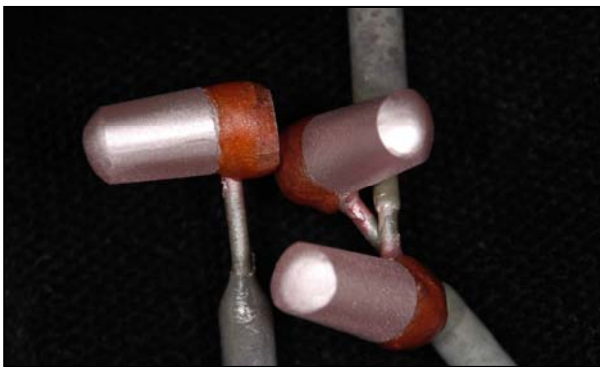


Abb. 7a: Ein mit einer Spritzpistole hauchdünn auf Matrizen aufgesprühter Silberleitlack.

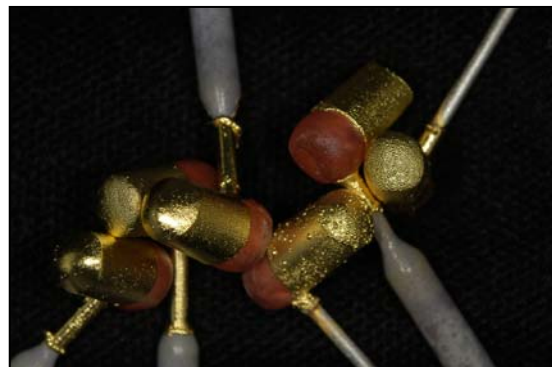


Abb. 7b: Auf dem Silberleitlack aufgalvanisiertes Feingold lässt eine passgenaue Matrize entstehen.

Da korrekt beschliffene Patrizen perfekt plane und glatte Oberflächen aufweisen, werden die galvanogeformten Feingold-Matrizen beim Einsetzen und Herausnehmen der Konusprothese auf einer exakt passenden Fügefläche bewegt (siehe Abb. 1a) – denn nur diese absolut planen Flächen der Matrizen schützen vor plastischen Verformungen des Feingoldes und garantieren damit eine konstant geringen Fügspalt.

Nach Abschluss der Galvanisierung wird die Matrize bis zur Funktionsgrenze gekürzt (Abb. 1c) und von der Konuskrone gelöst. Ein diffiziles Einstellen der Haftkraft entfällt. Die Matrizen werden vom Zahntechniker auf die Konuskrone exakt platziert und im zusammengefügt Zustand dem Zahnarzt geliefert. Der Zahnarzt trennt die Galvanomatrize nicht vom Primärteil, um ein erneutes Platzieren und damit eventuelle Fehler zu vermeiden.

Herstellung des Tertiärgerüsts

Für die Herstellung der *Tertiärstruktur* im Einstückguß-Verfahren oder durch CAD/CAM-basierte Frästechnik (CrCoMo oder Titan) wird durch wiederholtes Auftragen von Distanzlack auf der Außenfläche der Galvanokappen oder durch ein Einfügen eines „Zementspaltes“ in der CAD-Software ein Spalt zwischen Tertiärgerüst und Galvanomatrizen von ca. 100 - 150 µm erzeugt. Dieser gleichmäßig dimensionierter Spalt garantiert einen lockeren, spannungsfreien Sitz des Gerüsts und nimmt das Komposit für die intraorale Verklebung der Matrizen mit dem Tertiärgerüst auf. Durch den Spalt bestehen zudem relativ niedrige Präzisionsanforderungen an das weitspannige Gerüst. **Das Gerüst muss sehr massiv gestaltet werden – vor allem die Übergänge zu Friensätteln - da eine Galvanoprothese ein rein zahn- oder implantat getragener Zahnersatz ist (Abb. 3b). Die**

auftretenden Kräfte verteilen sich im Vergleich zu einer festsitzenden Brücke identisch!

Aufstellung der Frontzähne in Wachs

Die auf dem Registrat oder der Registrierschablone eingezeichnete Mittel- und Lippenlinie dient dem Zahntechniker zur Aufstellung der Frontzähne. Die z.B. von Eckzahn zu Eckzahn reichende Wachsaufstellung wird mit einer Steckverbindung zum Tertiärgerüst versehen, die eine einfache und schnelle Montage dieser Front auf das Tertiärgerüst nach dem intraoralen Einkleben der Galvanomatrizen ermöglicht. Damit wird eine Wachsprobe für die Beurteilung von Farbe, Form und Stellung der Prothesenzähne bereits in der zweiten Sitzung durchführbar.

Herstellung eines Provisoriums

Da die Konuskronen vor der intraoralen Gerüstfügung definitiv zementiert werden, sollte vor allem im Oberkiefer ein laborgefertigtes Provisorium angefertigt werden. Es basiert auf dem diagnostischen Set-up und wird in der folgenden Sitzung einfach mit weich bleibendem Material unterfüttert.

2. Sitzung

Der Zahnarzt erhält zur zweiten Sitzung folgende zahntechnische Arbeiten: Konuskronen, Feingold-Matrizen, gegebenenfalls Übertragungsschlüssel für Implantatabutments, Tertiärgerüst, Wachsaufstellung der Frontzähne und (nach Bedarf) ein Provisorium.

Erste Einprobe des Tertiärgerüsts

Der Zahnarzt passt die Konuskrone auf den Pfeilerzahn auf. Die Feingoldmatrize wird hierbei nicht von der Konuskrone getrennt. Implantatabutments sind vom Zahntechniker markiert und definieren dadurch eindeutig die Implantatregion und die Orientierung der symmetrischen Rotationssicherung, d.h. vom präfabrizierten Index des Abutments (z.B. Hexagon). Die Positionierung der Abutments wird mit dem mitgelieferten Indexschlüssel überprüft. Nach der Montage der Abutments werden die Primärkronen samt Feingoldmatrizen auf den Zähnen und/oder den Abutments provisorisch befestigt. Anschließend erfolgt die Einprobe des Tertiärgerüsts. Kleine Passungenauigkeiten des Gerüsts gestatten relativ großzügig ausfallende Korrekturmaßnahmen, weil sich nur der Klebespalt an einigen Stellen vergrößert. Fehlpositionierungen von Implantatabutments oder von provisorisch befestigten Primärkronen verursachen relativ große Inkongruenzen und können deshalb leicht von anderen Ursachen für Passungenauigkeiten differenziert werden.

Definitive Befestigung der Konuskronen

Eine perfekte Passung der Suprastruktur setzt zusätzlich voraus, dass der Zahnarzt vor der intraoralen Gerüstfügung die Konuskronen auf den Pfeilerzähnen definitiv befestigt und die Abutments definitiv mit dem empfohlenen Drehmoment des Herstellers montiert. Eine ungewohnte Situation tritt auf: Der Zahnersatz ist nicht fertiggestellt, obwohl die Konuskronen bzw. Abutments bereits definitiv eingegliedert sind! Dieses Vorgehen erspart aber eine zeitintensive und risikoreiche Zementierung der Primärkronen nach der Fertigstellung der Prothese und sichert zudem am Eingliederungstermin immer eine optimale Passung. **Die Konuskronen werden mit aufgesetzten Galvano-Matrizen zementiert (Abb. 5b; Abb. 8) – vornehmlich mit Phosphat-Zement.** Der Spalt zwischen Konuskrone und Galvano-Matrize ($< 5 \mu\text{m}$) benötigt hierbei keine Abdichtung gegenüber eventuell darüber fließende Zementreste: Der Fügspalt zwischen Konuskrone und Galvanomatrize ist für ein Volllaufen des Spaltes mit Phosphat-Zement zu gering.



Abb.8: Die Primärkrone mit aufgesetzte Galvano-Matrize definitiv zementiert (Phosphat-Zement)

Dass die hochpräzise Matrize aus Feingold während des Zementierungsvorgangs auf der Konuskrone platziert bleibt hat folgenden Grund: es wird dadurch sicher verhindert, dass Zementüberschüsse auf der Oberfläche der Primärkronen gelangen und nach dem Aushärten des Zementes eventuell nicht restlos entfernt werden. Eine auf Zementüberschüsse platzierte Galvanomatrize könnte nicht die exakte Passung mit der Primärkrone erzielen und würde in dieser Fehlposition in das Tertiärgerüst eingeklebt! Ein Schaukeln und eine fehlende Haftkraft der Konusprothese wäre die fatale Folge!

Zweite Einprobe des Tertiärgerüsts

Eine weitere, zweite Einprobe des Tertiärgerüsts (Abb. 5c) stellt sicher, ob kleine befestigungsbedingte Positionsveränderungen der Matrizen durch ein Ausschleifen des Tertiärgerüsts korrigiert werden müssen. Berührt das Gerüst spannungsfrei nur noch okklusal die Feingoldmatrizen, bestehen alle Voraussetzungen für die intraorale Gerüstfügung.

Intraorale Gerüstfügung

Die Feingoldmatrizen werden vor der Verklebung mit dem Tertiärgerüst durch Watterollen und Gaze vor Speichel geschützt und mit Alkohol entfettet (Abb. 5b). Die Klebeflächen des Tertiärgerüsts werden mit einem autopolymerisierenden Komposit zum Fügen von Metallgerüsten (Nimetic Cem[®], 3M Espe) beschickt. Das Gerüst wird wie eine zu zementierende Brücke auf die Pfeiler gesetzt. Die Finger des Behandlers erzeugen in der Region der Pfeiler eine gleichmäßige axiale Kraft, die das Tertiärgerüst während der Abbindephase des Komposits sicher fixiert (Abb. 5d). Nach ca. zwei Minuten Aushärungszeit können eventuelle Kompositüberschüsse, die zervikale Unterschnitte der Pfeiler erreichen, leicht abgesprengt werden. Das Gerüst wird nun zusammen mit den definitiv eingeklebten Feingoldmatrizen herausgenommen (Abb. 5e). Die gleichzeitig eingeklebten Feingoldmatrizen passen im Verbund ebenso präzise auf den Matrizen wie unverblockt - dadurch besitzt das absolut passiv sitzende Prothesengerüst außer der Einschubrichtung keinerlei Freiheitsgrade mehr.

Wachsenprobe

Die Wachsenprobe kann bereits an diesem Behandlungstermin erfolgen, wenn die vom Zahntechniker vorbereitete Wachsmodellation mit Frontzähnen einfach am Gerüst aufgesteckt wird. Für eine Wachsenprobe zum späteren Zeitpunkt muss der Patient zu einem zusätzlichen Behandlungstermin einbestellt werden.

Definitive Kieferrelationsbestimmung

Das völlig immobile, passiv sitzende Gerüst dient als Basis für die definitive Kieferrelationsbestimmung - das Vorgehen erzielt eine exaktere Übertragung der Kieferrelation als mit schleimhautgetragenen Registrierbehelfen. Die vertikale Dimension wird bei der Registrierung mittels eines frontalen Plateaus ermittelt von der Wachsaufstellung

oder vom Artikulator übernommen. Ein auf das Gerüst aufgetragenes Registriermaterial verschlüsselt die Kieferrelation. Der autopolymerisierende Kunststoff (Pro Temp[®], 3M Espe) wird hierbei mit der Applikationskanüle der Anmischpistole auf das bereits eingesetzte Gerüst aufgetragen (Abb. 9). Nach der Aushärtung werden die Impressionen der antagonistischen Höcker auf ca. 0,1 mm zurückgenommen, um die verschlüsselte Kieferrelation führungsfrei überprüfen zu können. Das Vorgehen erzielt eine exakte Übertragung der registrierten Kieferrelation auf den zu fertigenden Zahnersatz. Okklusale Inkongruenzen treten beim Einsetzen daher selten auf. Eine Überprüfung des Gegenkiefermodells schließt die definitive Kieferrelationsbestimmung ab.



Abb. 9: Kieferrelationsbestimmung auf exakt passendem Tertiärgerüst

Schleimhautabformung

Für die Schleimhautabformung wird das Gerüst als Träger für das Abformmaterial benutzt.

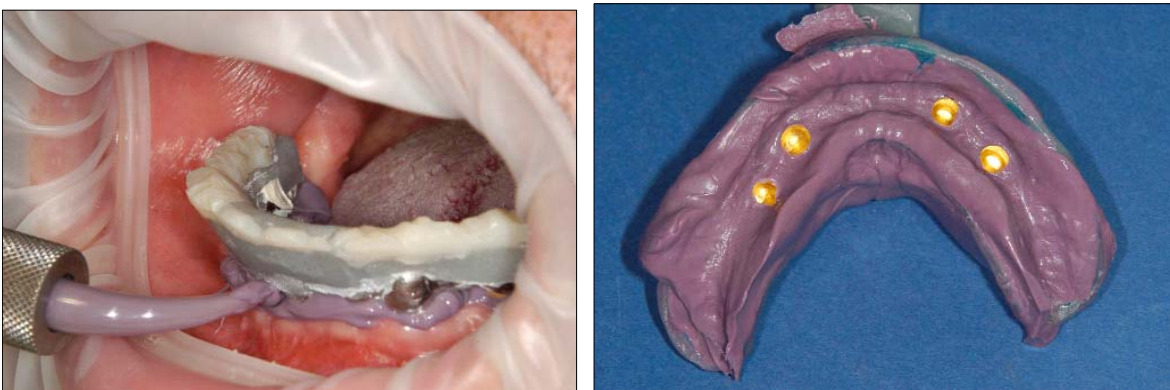


Abb. 10: Drucklose Abformung der Schleimhaut realisiert eine erste indirekte Unterfütterung des fertigen Prothesengerüsts auf definitiv zementierten Konuskronen

Die Schalt- und Freiendsättel werden bei eingesetztem Prothesengerüst mit Polyether (Impregum[®], 3M Espe) unterspritzt (Abb. 10), und ein mit dem gleichen Abformmaterial gefüllter Einweg-Kunststoff-Löffel über das Gerüst platziert. **Mit diesem Verfahren wird eine drucklose Abformung der Schleimhaut im Bereich der Schalt- und Freiendsättel realisiert.** Der Einweglöffel ermöglicht nach der Herstellung des Gipsmodells ein schonendes Herauslösen des Gerüsts ohne das starre Registriermaterial der Kieferrelationsbestimmung abzulösen.

Das Verfahren führt zu einem Remontagemodell, das eine exakte Relation des Gerüsts zu prothesenbedeckten Schleimhautarealen wiedergibt. Das Remontagemodell wird mit Hilfe des platzierten Tertiärgerüsts und der vorangegangenen Kieferrelationsbestimmung reokkludiert.

Provisorium

Die neu angefertigte provisorische Versorgung ist an den Stellen der Konuskronen ausgeschliffen und wird dort mit einem weich bleibenden Unterfütterungsmaterial unterfüttert. Während der Aushärtung des Materials fixiert der Patient das Provisorium mit dem Gegenkiefer in zentrischer Position. Die gemeinsame Einschubrichtung der Primärkoni gewährleistet ein leichtes Wiederherausnehmen des Provisoriums.

Zahntechnische Leistungen nach der 2. Sitzung

Auf- und Fertigstellung

Da das Gerüst bereits spannungsfrei im Mund sitzt, kann sich der Zahntechniker in den nun folgenden Arbeitsschritten auf die Wiederherstellung von Kaufunktion und Ästhetik konzentrieren. Mit der Aufstellung konfektionierter Keramikzähne wird das gewünschte Ziel grob skizziert und durch gezielte Schleifkorrekturen verfeinert.

Die Prothesenbasis wird sehr grazil gestaltet (Abb. 11; Abb. 13b), da die Basen der Schalt- und Freiendsättel keinerlei mechanische Funktion wie Lasteinleitung in die darunter liegende Schleimhaut oder eine Kippmeiderfunktion aufweisen. Das präzis passende metallische Prothesengerüst wirkt biomechanisch wie eine festsitzende Brücke. Die Prothesenbasis erfüllt demnach nur noch folgende verbleibenden Funktionen:

- Ersatz des durch Knochenatropie verloren gegangenen Alveolarkamms
- Abstützung von Wangen- und Lippenpartien
- Vermeidung von Speiseimpaktion zwischen Prothese und Alveolarkamm
- Erzielung von Bedingungen für eine exzellente Phonetik

Eine Ausdehnung der Prothesenbasis bis zur Umschlagfalte, eine Integration des tuber maxillae oder des trigonum retromolare ist nicht notwendig.



Abb. 11: Grazile Gestaltung einer Prothesenbasis. Nur durch die Knochenatropie verloren gegangene Volumina des Alveolarkamms werden durch Kunststoff prothetisch ersetzt.

3. Sitzung

Einsetzen

Das Einsetzen der fertiggestellten Konusprothese nimmt kaum Zeit in Anspruch, da aufgrund der vorangegangenen definitiven Befestigung der Konuskronen und der intraoralen Gerüstfügung die Suprastruktur immer perfekt passt und jegliche Einstellung der Friktion entfällt. Bei korrekter Kieferrelationsbestimmung ist keine oder nur eine geringe okklusale Adjustierung nötig, weil das passiv sitzende Prothesengerüst als Basis zur Registrierung genutzt wurde.

Die Patienten sollten zudem darüber aufgeklärt werden, die Sekundärkronen nicht mit Zahnpasta zu reinigen, da gegebenenfalls verbliebene Reste der Zahnpaste Scheuermittel enthalten, die in dem sehr engen Fügespalt die Galvanomatrize beschädigen. Eine Reinigung mit Wasser, eventuell unterstützt mit einem Wattestäbchen, ist die Reinigungsmethode der Wahl.

Die Prothesen sollen wenn möglich 24 Stunden getragen werden und nur zur Oralhygiene und Prothesenreinigung entfernt werden.

Nachsorge

Aufgrund der exakten dreidimensionalen Relation des Prothesengerüsts zur angrenzenden Schleimhaut des Kieferkammes treten Druckstellen sehr selten auf. Insbesondere die drucklose Schleimhautabformung (Abb. 10) ermöglicht dieses nachsorgearme Verhalten. Zudem übertragen die Basen der Schalt- und Freiendsättel keine Kaukräfte auf die Schleimhaut. Die Basen dienen nur zum Ersatz von atrophierten Kieferkammabschnitten. Daher tritt in der Nachsorge keine Resorption der Kieferkämme im Bereich der schalt- oder Freiendsättel auf, da die Konusprothese aufgrund der völligen Immobilität wie eine festsitzende Brücke wirkt. Unterfütterungen der Schalt- und Freiendsättel sind daher nicht erforderlich.

Biomechanik von Galvano-Konusprothesen

Bei einer korrekt gefertigten Galvanoprothese resultiert ein Prothesensitz ohne jegliche Mikrobewegung zwischen Pfeiler und Gerüst. Dadurch tritt sowohl in der Leermastikation als auch beim Kauen ein identischer Kraftfluss wie bei zementierten oder verschraubten Brücken auf.

Eine Galvano-Konusprothese nutzt sowohl Zähne als auch Implantate als Pfeiler. Die Auswirkungen der Pfeilerart auf die Biomechanik werden im folgendem beschrieben.

Zahngetragene Galvanoprothese

Bilden feste Pfeilerzähne ein großes Abstützungspolygon tritt bei Belastung keine Prothesenmobilität auf.

Lange Freiendsättel im Seitenzahnbereich wirken allerdings wie ein weit extendierter Anhänger einer festsitzenden Brücke. Bei Belastung kippt dieser lange Hebel anteriore Pfeilerzähne wegen deren parodontalen Lagerung nach oral und sinkt im Tegument ein. Diesem Effekt sollte durch ausgedehnte Prothesenbasen im Bereich des Freiendsattels begegnet werden.

Ein von Eckzahn/Prämolar zum kontralateralen Eckzahn/Prämolar reichender Schaltsattel im Oberkiefer kann ebenfalls beim Abbeißvorgang oder bei Protrusionsbewegungen in die Schleimhaut einsinken, weil in diesem Fall die Pfeilerzähne nach vestibulär kippen. Dieses Abkippen verstärkt sich, falls bei insgesamt 4 Pfeilerzähnen die jeweils distalen Pfeilerzähne auch noch eine zu geringe vertikale Konushöhe haben, und dadurch der Kippmeidereffekt verloren geht. Durch eine weit extendierte Basis des Schaltsattels und durch eine

mindestens 7 mm betragende Konushöhe aller 4 Pfeiler kann diese Prothesenmobilität nachhaltig beseitigt werden.

Implantat verankerte Galvanoprothese

Implantat retinierte Konusprothesen mit langen Freiendsätteln verhalten sich biomechanisch grundsätzlich anders als Zahn getragene Konusprothesen.

Implantate sind im Vergleich zu Zähnen 10 bis 15-fach steifer im Alveolarknochen verankert und richtungsunabhängig belastbar. Vor allem das Knochen-Implantat-Interface kann sich im maturierten Zustand hervorragend an erhöhte Kräfte und/oder an bevorzugt einwirkende Krafrichtungen anpassen und damit die Implantatverankerung optimieren. Unmittelbar nach der Implantatinserterion besteht lediglich eine mechanische Retention zwischen Implantat und Knochen. Die Knochenstruktur, insbesondere das Verhältnis zwischen kortikalem und spongiosem Anteil, beeinflusst diese Primärstabilität. Die in den Alveolarknochen eingeleiteten Kräfte führen zu reaktiven, lastinduzierten und –abhängigen Umbauvorgängen der Knochen trabekel. Eine hohe Belastung verursacht eine Verdichtung, eine geringe Belastung eine Ausdünnung der Trabekelstruktur. Das Ergebnis ist eine optimierte Aufhängung des Implantats in einem dreidimensionalen Netzwerk aus Knochenbälkchen. Da ein sich fortwährend anpassendes Trabekelnetzwerk eine stets optimale Krafteinleitung im Alveolarknochen garantiert (Abb. 12), verlieren Implantateigenschaften für die rein mechanische Verankerung im Knochen stark an Bedeutung. Unterschiedliche Implantatdurchmesser, -längen, -gewinde und –oberflächen werden in einer sich anpassenden netzartigen Aufhängung innerhalb der Spongiosa kompensiert.

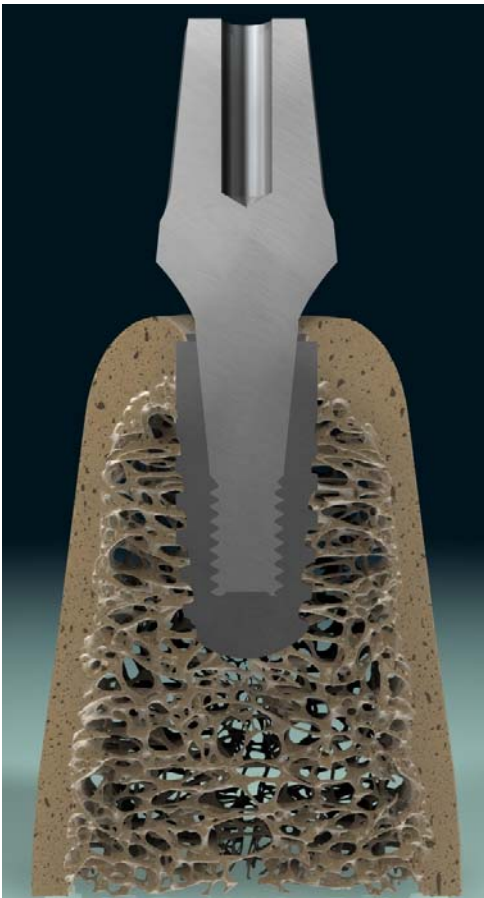


Abb. 12: Ein sich fortwährend anpassendes Trabekelnetzwerk ermöglicht eine stets optimale Krafteinleitung in den Alveolarknochen

Die permanent lastabhängigen Umbauvorgänge des Knochengewebes ermöglichen auch eine richtungsunabhängige Belastbarkeit des Implantats. Im Gegensatz zum Zahn und dessen Parodontalapparat kann die Knochenverankerung auch laterale oder extrusive Kräfte auf Dauer standhalten. Hieraus ergeben sich bei Implantat getragener Zahnersatz erheblich erweiterte Möglichkeiten der Statik. Zudem weist der „biologische Werkstoff“ Knochen aufgrund seiner Vitalität weder eine wechsellastinduzierte Materialermüdung noch einen mechanischen Verschleiß aufweist. Letzteres trifft hingegen für die Implantatwerkstoffe und -komponenten zu.

Die einzelnen Implantatpfeiler werden jedoch kaum belastet, weil das feste, steife und exakt passende Prothesengerüst für die Implantate identisch wie eine primäre Verblockung wirkt. Damit können mit jedem renommierten Implantatsystem – selbst mit mechanisch schwach ausgelegten Implantat-Abutment-Verbindungen – Galvano-Konusprothesen risikofrei verankert werden.

Eine Ausnahme bilden Patienten mit Galvano-Prothesen, die auf nur zwei Implantate im Unterkiefer verankert sind. Selbst die strikte Indikationsbeschränkung auf einen zahnlosen Oberkiefer erzeugt noch beträchtliche Belastungen auf die beiden Implantate, weil sie biomechanisch eigentlich ein 12- bis 14-gliedrige Brücke tragen. Die mechanische Festigkeit der beiden Implantate muss in diesem Fall so ausgelegt sein, dass sie den hohen Kräften durch die Hebelwirkung des Anhängers nachhaltig Stand halten können. Die Bauteilfestigkeit hängt vom Implantatwerkstoff, vom Implantatdurchmesser und bei mehrteiligen Implantaten von der Art der Implantat-Abutmentverbindung ab. Die durch den Hebel generierten Drehmomente erhöhen insbesondere bei mechanisch schwachen Implantat-Abutment-Verbindungen das Risiko eines technischen Versagens, wie z.B. die Lockerungen oder Fraktur des Abutments.

Die rigide Implantatverankerung im Knochen verhindert selbst bei einer ausgeprägten posterioren Freiendsituation ein Abkippen der anterior platzierten Implantate. Sämtliche auf eine Galvano-Prothese einwirkende Kräfte werden vollständig auf die Implantate übertragen. Eine Belastung der zahnlosen Areale bleibt aus. Mit anderen Worten werden die zahnlosen Areale durch die Prothesensättel weder vertikal noch horizontal belastet. Ein Prothesensattel verliert damit die ihm zugeschriebene Funktion einer großflächigen Kraftübertragung auf den Alveolarkamm (Abb. 11; Abb. 13a). Lediglich die verbleibenden Funktionen – Ersatz des vertikalen und horizontalen Gewebeverlustes des Alveolarkamms, Vermeidung einer Speiseimpaktion, Phonetik, Ästhetik – beeinflussen die Dimensionierung des Prothesensattels. Im Seitenzahnbereich fällt der Prothesensattel entsprechend klein aus (Abb. 13a).

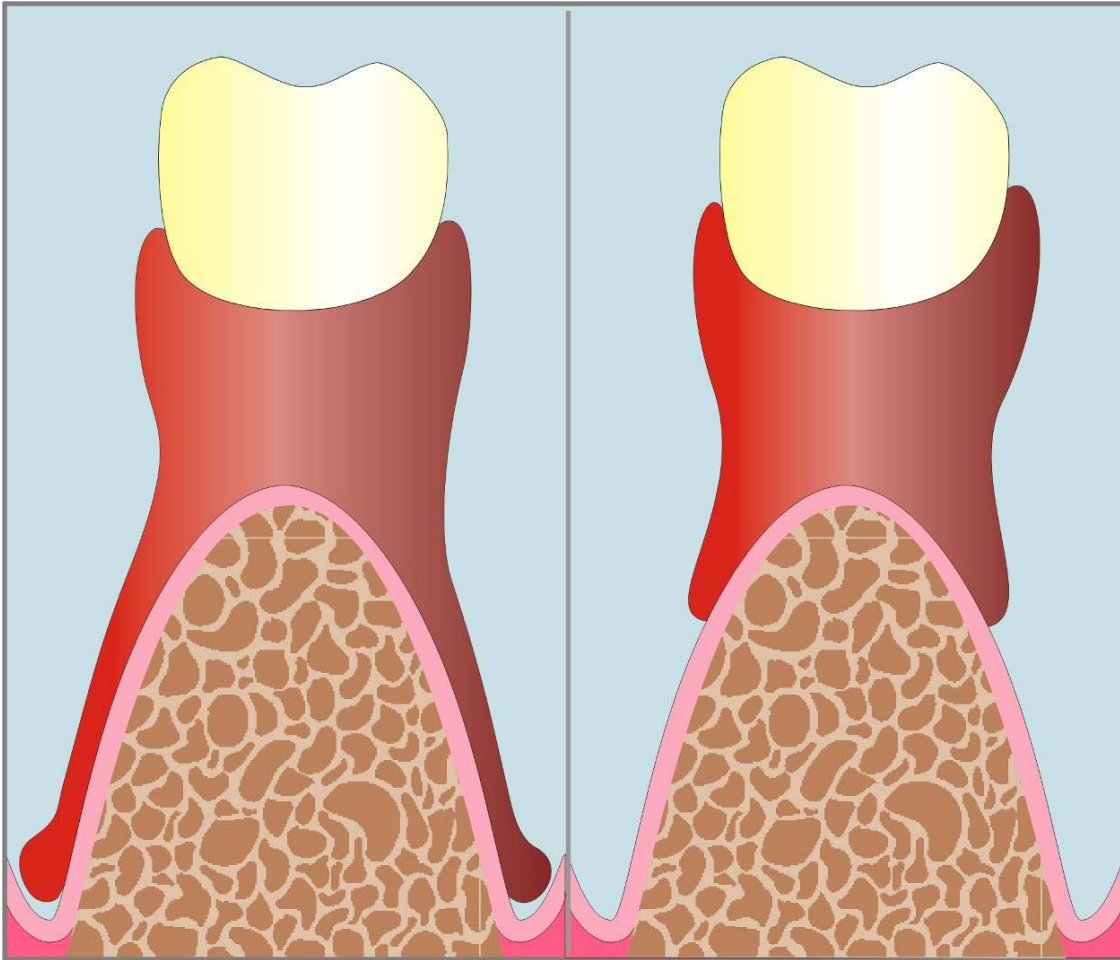


Abb. 13a: Der Freiidprothesensattel eines beweglich gelagerten Zahnersatzes weist für eine großflächige Kraftübertragung auf den Alveolarkamm eine weite Extendierung auf.

Abb. 13b: Der Freiidprothesensattel einer Galvano-Konusprothese überträgt keine vertikale oder horizontale Kraft auf den Alveolarkamm und kann damit entsprechend klein dimensioniert werden.

Insbesondere die Fassung des Tuber maxillare oder des retromalaren Bereichs im Sinne der klassischen, von einer Totalprothese abgeleiteten Gestaltung einer Cover-Denture hat keinen Sinn, da auch in diesen Bereichen keine Kräfte von der Galvano-Prothese übertragen werden und der Prothesenhalt nicht beeinflusst wird.

Zahn-Implantat verankerte Galvanoprothese

Bei einer gemischt verankerten Galvanoprothese zwingt die Biomechanik der Implantate die der Pfeilerzähne auf, d.h. die steife Knochenverankerung der Implantate verhindert die biomechanische Wirkung der parodontalen Beweglichkeit der Zähne (Abb. 14a). Dieser Effekt tritt bereits bei zwei kontralateral platzierten Implantatpfeilern auf. Wird allerdings nur ein Implantat zur Pfeilervermehrung genutzt, muss entweder schon ein großes Abstützungspolygon mit mindestens vier festen Pfeilerzähnen vorhanden sein, oder die Kaukräfte werden durch das Tragen einer Totalprothese im Gegenkiefer limitiert (Abb. 14b). Im anderen Falle wird ein alleiniger Implantatpfeiler überbelastet.

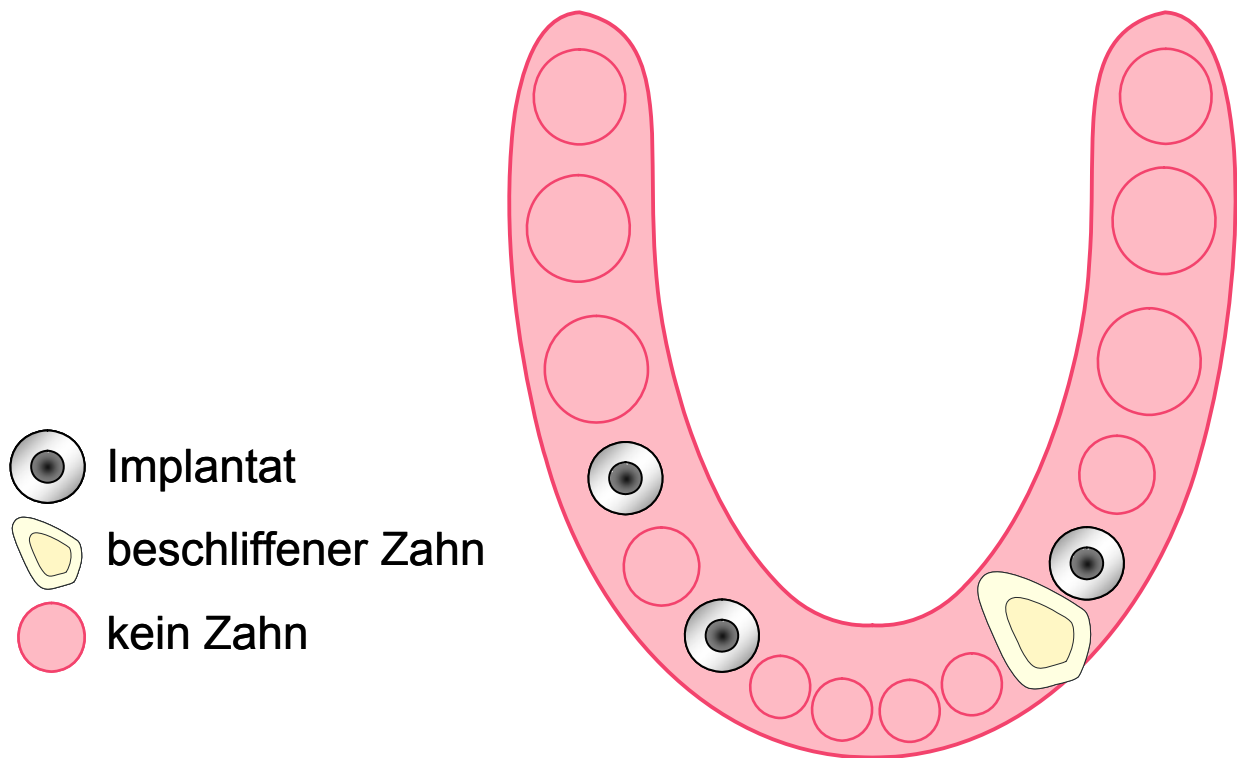


Abb. 14a: Bei einer Zahn-Implantat verankerten Galvanoprothese dominiert die steife Knochenverankerung der Implantate gegenüber der parodontalen Beweglichkeit der Zähne



Abb. 14b: Eine Unterkieferprothese mit einer Konusverankerung nur auf Pfeilerzahn 43 und Implantat regio 34 ist ausschließlich bei zahnlosem Oberkiefer indiziert. Bei Bezahnung oder Implantat retinierten Suprastrukturen im Gegenkiefer wird der Implantatpfeiler überbelastet.

Pfeileranzahl und -topographie

Die ideale Pfeilertopographie für eine Implantat verankerte Galvanoprothese ist identisch zu der idealen Pfeilertopographie für einen festsitzenden 12- bis 14-gliedrigen Brückenzahnersatz. Ein großes, symmetrisches Abstützungspolygon ist anzustreben (Abb. 15a). Allerdings besteht häufig bei alten und sehr alten Patienten keine Möglichkeit, distal vom Foramen Mentale oder im Bereich des sinus maxillaris im ortständigen Knochen ein

Implantat zu inserieren. Das zu geringe Knochenangebot bedarf adjuvanter chirurgischer Maßnahmen, die jedoch das Gebot einer Minimalinvasivität bei geroprothetischen Therapiekonzepten verletzen. Vier interforaminal inserierte Implantate oder vier entsprechend anterior platzierte Implantate im Oberkiefer ist daher eine häufig auftretende Pfeilertopographie in der Geroprothetik (Abb. 15b). Sie reicht aufgrund der hohen und richtungsunabhängigen Belastungskapazität eines Implantat-Knochen-Interfaces für die Verankerung eines Steges, einer weitspannigen festsitzenden Brücke und somit auch für eine Galvano-Prothese aus.

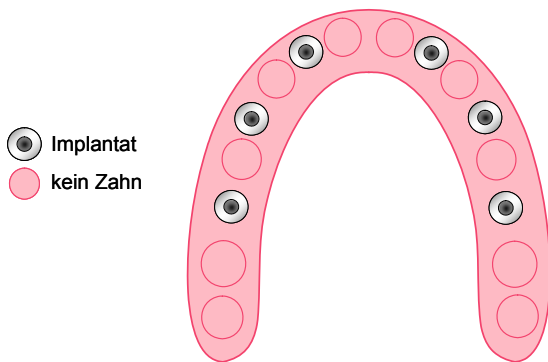


Abb. 15a: Ein großes, symmetrisches Abstützungspolygon ist zur Verankerung von Galvano-Prothesen anzustreben.

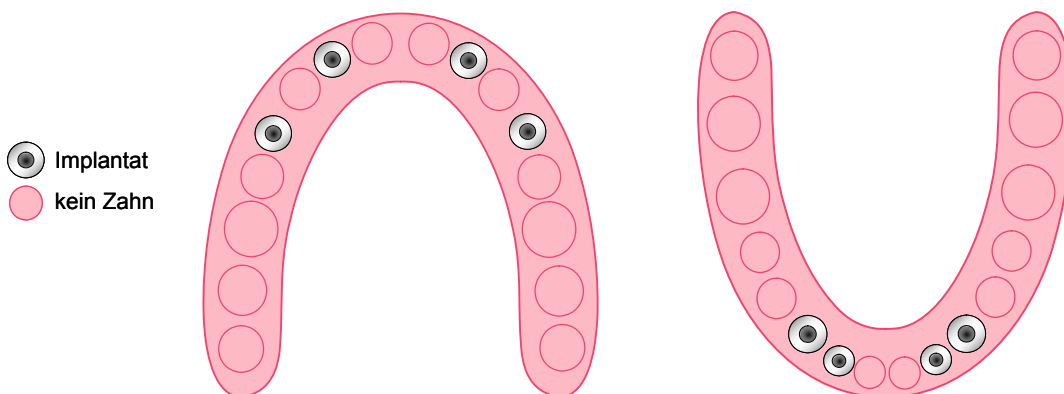


Abb. 15b: Vier interforaminale Implantate oder vier entsprechend anterior platzierte Implantate im Oberkiefer können häufig im ortständigem Knochen minimalinvasiv inseriert werden und reichen aufgrund der hohen und richtungsunabhängigen Belastungskapazität eines Implantat-Knochen-Interfaces für die Verankerung einer Galvano-Prothese aus.

Indikation von Galvano-Konusprothesen

Die Indikation einer herausnehmbaren, Zahn und/oder Implantat verankerten Galvano-Konusprothese umfasst folgende Ausgangssituationen:

- vertikal atrophierte Alveolarkamm im Frontzahnbereich des Oberkiefers
- alte Patienten
- geringe Restbezahnung

Die Hauptindikation für Galvano-Konusprothesen besteht bei Patienten mit stark reduziertem Restzahnbestand, die alle als Prothesenpfeiler genutzt werden können. Zusätzlich inserierte Implantate sollen eine Pfeilertopographie erzeugen, die für einen festsitzenden Brückenzahnersatz ideal wäre (Abb. 16).

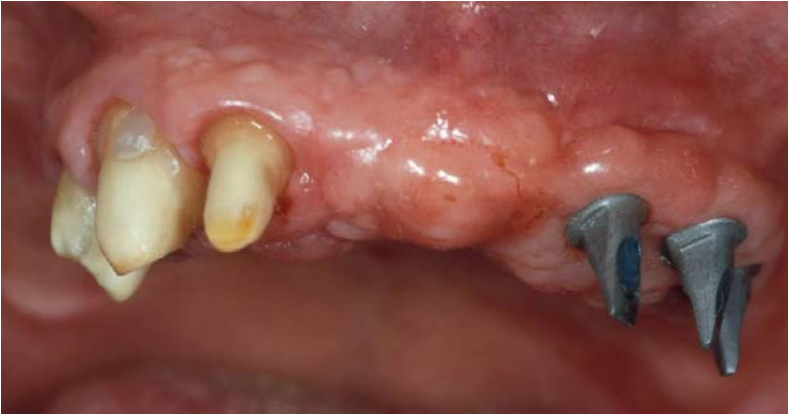


Abb. 16: Durch drei im II. Quadranten gesetzte Implantate optimal erzeugte Topographie von sechs Pfeilern zur Abstützung einer Konusprothese im Oberkiefer

Da eine Galvano-Konusprothese eine identische Biomechanik wie eine 12- oder 14-gliedrige festsitzende Suprastruktur aufweist, ist bei geringer Restbezahnung häufig die Insertion von zusätzlichen Implantatpfeilern indiziert.

Eine Verankerung auf nur **zwei** Pfeilern (Zähne und/oder Implantate), d.h. eine Verankerung einer 14-gliedrigen Brücke auf zwei Pfeilern, unterliegt extremen Indikationseinschränkungen. Die Notwendigkeit einer hohen mechanischen Festigkeit der beiden Pfeiler zwingt zur Beschränkung auf die unteren Eckzähne oder zur Verwendung eines hochfesten Implantatsystems. Zudem ist die Limitation der Kaukräfte durch das Tragen einer Totalprothese im Gegenkiefer obligat. Letztere Bedingung führt dann zur Unbrauchbarkeit des Zahnersatzes, falls sich der Patient zu einem späteren Zeitpunkt für einen Implantat retinierten Zahnersatz im zahnlosen Oberkiefer entscheidet.

Kontraindikation von Galvano-Konusprothesen

Im Falle eines **gering vertikal atrophierten Alveolarkamms im Oberkiefer** ist bei Patienten mit uneingeschränkter Fähigkeit für eine effiziente Oralhygiene eine festsitzende, Implantat verankerte Restauration zu bevorzugen.

Ein **parodontal suffizienter, (fast) kompletter Restzahnbestand im anterioren Bereich** sollte implantatprothetisch durch festsitzende, Implantat verankerte Suprastrukturen im Seitenzahnbereich therapiert werden. Weder eine alleinige Verankerung der Galvano-Konusprothese auf den Implantaten im Seitenzahnbereich noch eine zusätzliche Einbeziehung aller Frontzähne als Pfeiler ist indiziert.

Lehnt der Patient eine Implantatinsertion ab, oder sprechen medizinische Gründe dagegen, kann dem Patienten in einer solchen Situation eine Anhängerbrücke – falls eine Indikation hierzu vorliegt - als alternatives Therapiemittel empfohlen werden. Eine weitere Alternative ist bei Gegenbezahnung eine auf mindestens 4 Pfeiler abgestützte Galvano-Konusprothese (entweder die vier Prämolaren oder eine Kombination von Prämolaren und Molaren). Da in dieser Situation zum Verbinden der beiden Prothesensättel ein Sublingualbügel oder ein Transversalbügel erforderlich ist, muss eine weitere Behandlungssitzung für eine präzise Schleimhautabformung zur Gerüsterstellung terminiert werden. Der Zeitpunkt der Abformung soll nach dem definitiven Zementieren der Konuskronen erfolgen und die Situation mit auf den Konuskronen platzierten Galvanomatrizen erfassen.

Bei zwei interforaminalen Implantaten müssen alternative Halteelemente (Rundsteg, Kugelkopf; Magnet) verwendet werden, falls der Gegenkiefer Eigenbezahnung oder Implantatpfeiler aufweist.

Fehler bei der zahntechnischen und klinischen Herstellung einer Galvano-Konusprothese

Falls eine Entscheidung für eine herausnehmbare Suprastruktur gefallen ist, deren Halteelement vollkeramische Primärkronen mit Feingold-Matrizen sind, wird von der Zahntechnik eine hohe Fertigungsqualität zur *conditio sine qua non*. Die hochpräzise Passung zwischen der vollkeramischen Primärkrone ist zudem durch den klinischen Arbeitsschritt eines intraoralen Einklebens der Feingold-Matrizen in ein hochfestes und steifes Prothesengerüst zu erhalten. Obwohl zahntechnisch als auch klinisch eine reproduzierbare Ergebnisqualität durch einfache und reproduzierbare Einzelarbeitsschritte sichergestellt ist, verursachen Fehler und Abweichungen von dem qualitätsorientierten Herstellungsprotokoll fatale Folgen bezüglich des Prothesenhaltes.

Im folgendem werden ausgewählte Herstellungsfehler aufgezeigt, die zu Galvano-Konusprothesen mit klinisch ungünstigen Haftkraftverhalten führen können:

Fehler:	keine planparallele Oberfläche der vollkeramischen Konuskronen.
Unmittelbare Folge:	a.) Das Abziehen der Feingoldmatrize verursacht dessen plastische Deformation. Es resultiert ein vergrößerter Fügespalt. b) Die Innenfläche der deformierten Feingoldmatrize liegt nur noch punktuell an der Keramikoberfläche an
Spätfolge:	Nachlassen des Prothesenhaltes nach wenigen Monaten Tragedauer
Ursache:	fehlerhafte Oberflächenbearbeitung der vollkeramischen Konuskronen
Vermeidung:	Ausbildung Zahntechniker/in; kein händisches Polieren außerhalb des Fräsgerätes



Abb. 17: Fertigungs-FEHLER: wellige anstatt planparallele Keramikoberfläche verursacht plastische Deformationen der Feingoldmatrize

Fehler:	kreisrunde vollkeramische Konuskronen
Unmittelbare Folge:	keine eindeutige Replatzierung der Feingoldmatrize möglich. Eine Fehlpositionierung verursacht dessen plastische Deformation. Es resultiert ein vergrößerter Fügespalt.
Spätfolge:	Nachlassen des Prothesenhaltes nach wenigen Monaten Tragedauer
Ursache:	fehlerhaftes Design der vollkeramischen Konuskronen.
Vermeidung:	Ausbildung Zahntechniker/in; elliptischer Querschnitt der Konuskronen



Abb. 18: Fertigungs-FEHLER: annähernd kreisrunde vollkeramische Konuskrone erhöht Risiko der Fehlpositionierung der Feingoldmatrize

Fehler: zu dick aufgetragene Schicht von Silberleitlack
 Unmittelbare Folge: Es resultiert ein vergrößerter Fügespalt.
 Spätfolge: Nachlassen des Prothesenhaltes nach wenigen Monaten Tragedauer
 Ursache: fehlerhafte Applikation des Silberleitlackes
 Vermeidung: Ausbildung Zahntechniker/in; korrekte Sprüh- oder Pinseltechnik

Fehler: keine gleichmäßig konstante Schichtstärke des Silberleitlacks
 Unmittelbare Folge: Die Innenfläche der Feingoldmatrize liegt nur noch punktuell an der
 Keramikoberfläche an
 Spätfolge: Duktile Verformung bzw. die Einebnung der Erhebungen der Feingold-
 Oberfläche führen zu einem vergrößerten Fügespalt. Der Prothesenhalt lässt
 nach.
 Ursache: fehlerhafte Applikation des Silberleitlackes
 Vermeidung: Ausbildung Zahntechniker/in; korrekte Sprüh- oder Pinseltechnik



Abb. 19: Fertigungs-FEHLER: keine gleichmäßig konstante Schichtstärke des Silberleitlacks führt zu einem vergrößertem Fügespalt

Fehler: Zementierung Konuskrone ohne aufgesteckte Feingoldmatrize
 Unmittelbare Folge: Unvollständiges Entfernen kaum sichtbarer Zementüberschüsse auf der

Spätfolge: Keramikoberfläche. Es resultieren ein vergrößerter Fügespalt und/oder gegebenenfalls ein Schaukeln des Prothesengerüsts
Der Prothesenhalt lässt nach. Frakturgefahr von Implantaten durch Schaukeln der Suprastruktur
Ursache: Zementierung Konuskronen ohne aufgesteckte Feingoldmatrize
Vermeidung: Ausbildung Zahnarzt/ärztin; Zementierung Konuskronen mit exakt platzierter Feingoldmatrize

Fehler: **zu kurze Konuskronen**
Unmittelbare Folge: unzureichender Prothesenhalt
Spätfolge: unzureichender Prothesenhalt
Ursache: vollkeramische Konuskronen < 7 mm
Vermeidung: Ausbildung Zahntechniker/in; mindestens 2 Konuskronen \geq 7 mm bei mindesten 2 kontralateralen Pfeilern

Fehler: **parallelwandige Konuskronen (Teleskopkronen)**
Unmittelbare Folge: keine intraorale Gerüstfügung möglich, erhöhtes Risiko einer Passungenauigkeit des Prothesengerüsts
Spätfolge: unzureichender Prothesenhalt
Ursache: parallelwandige Primärkronen (Teleskopkronen)
Vermeidung: a) Konuskronen 2° bis 6°
b) Gerüste für parallelwandige Primärkronen auf speziell hergestelltem Modell mit Feingoldmatrizen verkleben (Methodik auf wenige Implantatsysteme beschränkt)

Fehler: **nicht ausreichend festes und steifes Prothesengerüst**
Unmittelbare Folge: Elastische Verformung des Prothesengerüsts;
Spätfolge: Gerüstfraktur
Ursache: fehlerhafte Materialwahl und Gerüstkonstruktion
Vermeidung: Ausbildung Zahntechniker/in; identisches Gerüstdesign wie bei 12- bis 14-gliedriger Brücke auf Implantaten

Fehler: **Gerüstfügung auf dem Meistermodell**
Unmittelbare Folge: Erhöhtes Risiko einer Passungenauigkeit des Prothesengerüsts;
Schaukeln der Prothese; elastische oder plastische Deformation beim Einsetzen des Prothesengerüsts; unkontrollierte Haftkräfte
Spätfolge: Implantatfraktur; unkontrollierte Haftkräfte (zu hoch oder zu niedrig);
Ursache: Gerüstfügung auf dem Meistermodell
Vermeidung: Ausbildung Zahnarzt/ärztin; intraorale Gerüstfügung

Fehler: **Gerüstfügung auf nicht definitiv zementierten Konuskronen bzw. auf nicht definitiv montierten, als Konuskronen dienende Implantatabutments**
Unmittelbare Folge: Erhöhtes Risiko einer Passungenauigkeit des Prothesengerüsts;
Schaukeln der Prothese; Elastische Deformation beim Einsetzen des Prothesengerüsts; unkontrollierte Haftkräfte
Spätfolge: Implantatfraktur; unkontrollierte Haftkräfte (zu hoch oder zu niedrig);
Ursache: Gerüstfügung auf definitiv zementierte/montierte Konuspatrizen
Vermeidung: Ausbildung Zahnarzt/ärztin; korrekt durchgeführte intraorale Gerüstfügung

Ausblick:

Eine CT/DVT-basierte, navigierte Implantatinserterion (Abb. 20a) ermöglicht eine vorab erfolgende Herstellung eines temporären Zahnersatzes, der nach Korrekturen der Passung oder nach einer direkten Unterfütterung sofort eingegliedert werden kann. Aufgrund von kleinen metrischen Abweichungen zwischen den virtuell geplanten Implantatpositionen und deren chirurgischen Umsetzung ist eine bereits in der Planungsphase durchgeführte Anfertigung des definitiven Zahnersatzes nicht

sinnvoll. Eine Ausnahme besteht bei der Indikation einer Galvanoprothese. Durch das intraorale Einkleben der Feingoldmatrizen können kleine 3D-Abweichungen der Implantatpositionen kompensiert werden (Abb. 20b). Ein häufig geäußelter Patientenwunsch wird erfüllbar: den definitiven Zahnersatz unmittelbar nach der Implantatinserterion einzugliedern (Abb. 20c - d).

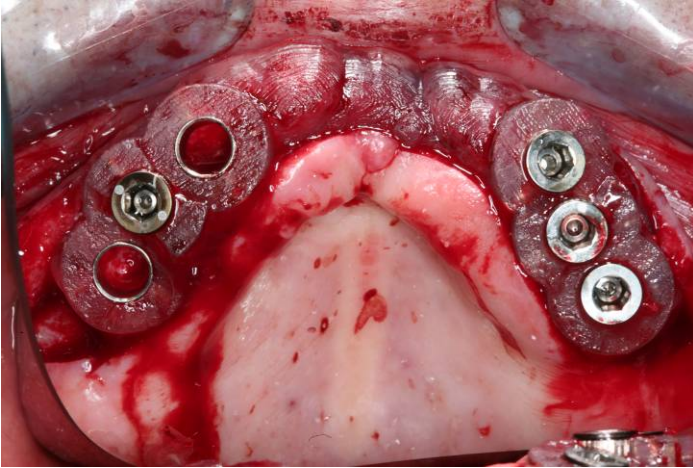


Abb. 20a: DVT-basierte, navigierte Implantatinserterion mit chirurgisches Schablone (System *Facilitate* für Astra-Implantat)

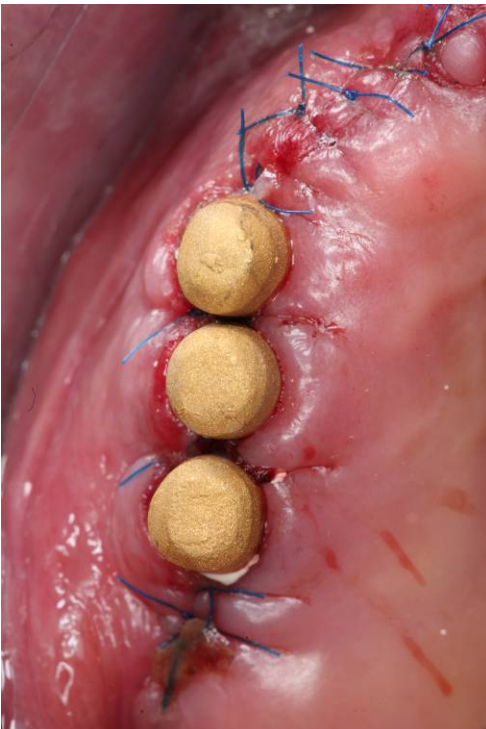


Abb. 20b: Definitiv zementierte Konuskronen aus ZrO_2 -Kearmik mit aufgesetzten Feingoldmatrizen

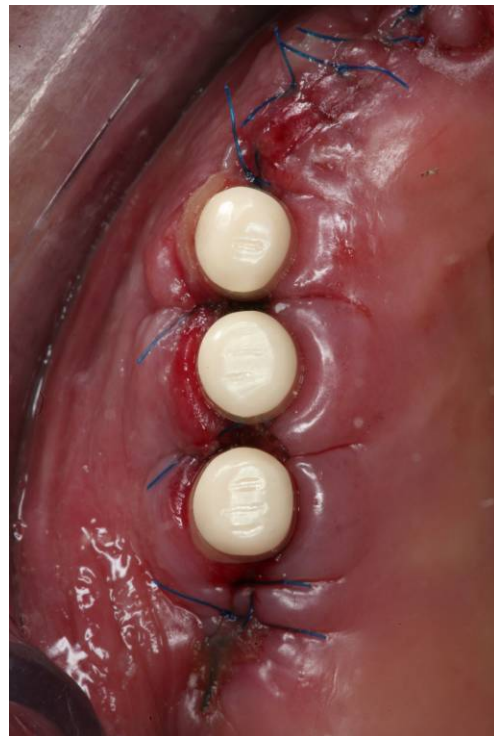


Abb. 20c: leicht elliptisch Konuskronen aus ZrO_2 -Kearmik nach intraoralem Einkleben der Feingoldmatrizen in das Prothesengerüst



Abb. 20d: Die definitive Galvano-Konusprothese unmittelbar nach der Implantatinsertion eingesetzt.