

Implantatgestützte orthodontische Verankerung

Ulrike Fritz, Peter Diedrich, Andreas Ehmer



Priv.-Doz. Dr. Ulrike Fritz

1977 bis 1982 Studium der Zahnmedizin an der Universität Gießen, 1983 bis 2000 Wissenschaftliche Mitarbeiterin, Assistentin in der Abteilung für Zahnerhaltung und Parodontologie, Universität zu Köln, Promotion 1988, 2000 Habilitation im Fach Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, 2000 bis 2003: Kieferorthopädische Fachausbildung, Klinik für Kieferorthopädie, Universitätsklinik Aachen
Hauptarbeitsgebiete: Adhäsivtechnik, Implantate zur kieferorthopädischen Verankerung, Lingualtechnik.

Abstract

Jede orthodontische Zahnbewegung setzt eine detaillierte Analyse der individuellen Verankerungssituation voraus, das heißt erst die Kenntnis der aktiven und reaktiven Kräfte und Momente ermöglicht eine befundbezogene Verankerungskontrolle.

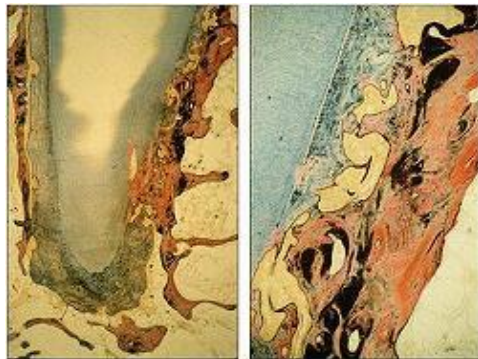
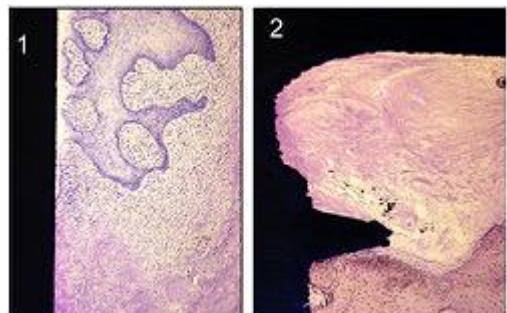


Abb. 1a, b: Histologische Übersicht und Ausschnittvergrößerung (Rechteckmarkierung) einer Wurzel mit breitflächiger Ankylose. Ankylose = "natürliches" Äquivalent zum alloplastischen Implantat (Azan-Färbung).

Historisch gesehen wurde der Begriff der Verankerung von Edward H. Angle in die Kieferorthopädie eingeführt. In dem vor fast einem Jahrhundert publizierten Buch "Treatment of malocclusion of teeth" beginnt Angle seine Ausführungen zum Kapitel Verankerung: "Die Bewegung eines oder mehrerer Zähne in eine der verschiedenen Richtungen ist nur durch Anwendung einer Kraft möglich, die in Übereinstimmung mit den Gesetzen der Mechanik und Dynamik erfolgt. Nach den wohlbekannten Gesetzen der Physik halten sich Wirkung und Gegenwirkung das Gleichgewicht und sind einander entgegengesetzt; daraus folgt, dass der Widerstand der Verankerung größer als der des zu bewegenden Zahnes sein muss." An anderer Stelle fährt Angle fort: "Die ideale Verankerung wäre natürlich eine unbewegliche Basis."



Abb. 2a: Vertikal belastete Fixtur mit nahezu vollständiger Osseointegration: Der reife periimplantäre Knochen reicht links bis unter den Halsteil, rechts bis zur obersten Schraubenwindung. In der Mitte des rechten Halsteils (Ausschnittvergrößerung 1) imponiert eine periimplantäre Gingivitis mit Rundzellinfiltraten und mäßiger Proliferation des Saumepithels. Supraalveolär unterhalb des Implantathalses sind straffe kollagene Faserbündel ohne Entzündungszeichen erkennbar, die als Barriere dem desmodontalen Bindegewebsattachment ähneln. Die Kollagenfasern orientieren sich parallel zum Implantat-Interface (Ausschnittvergrößerung 2).



Heute ist dieses Verankerungsideal in Form der positionsstabilen osseointegrierten Implantate gefunden.

In analoger Weise wurden in der

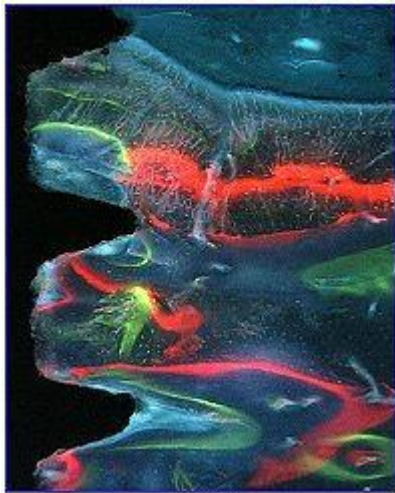


Abb. 2b: Die polychrome Sequenzmarkierung zeigt die Charakteristika vollständiger Osseointegration: Dichte Anlagerung und lamellärreife Ausdifferenzierung des Knochens. Die Farbanalyse dokumentiert retrospektiv die ausgeprägte Osteodynamik. Es finden sich mehrere Appositionslinien am Limbus alveolaris und längs sowie quer angeschnittene Osteone im periimplantären Knochen (Ausschnittvergrößerung 3).

präimplantologischen Ära ankylosierte Zähne (Abb. 1) gezielt als Verankerungselemente herangezogen: Nach Extraktion erfolgte eine Kürettage der Wurzeloberfläche mit anschließender Reimplantation. Der ankylosierte Zahn konnte nach etwa sechs Wochen als "natürliches Implantat" zur positionsstabilen Übertragung orthodontischer oder orthopädischer Kräfte genutzt werden [Shapiro und Kokich, 1988].

Heute ist die Wertigkeit osseointegrierter Titanimplantate zur stationären orthodontischen Verankerung durch zahlreiche histologische und klinische Studien belegt [Roberts et al., 1984; Wehrbein und Diedrich, 1993]. Selbst eine längere Applikation orthodontischer Kräfte in allen drei Raumebenen führt zu keiner Implantatdislokation. Auch bei non-axialen Kräften von 500 g, die im Rahmen der kieferorthopädischen Behandlung deutlich unterschritten werden, konnte perfekte Osseointegration nachgewiesen werden [De Pauw et al., 1999]. In experimentellen Untersuchungen konnte sogar gezeigt werden, dass die orthodontische Beanspruchung die periimplantäre Knochensituation hinsichtlich Knochenumbaurate und -dichte positiv beeinflusst (Abb. 2). Kontinuierliche orthodontische Kraftapplikation bewirkte ossäre Adaptationsmechanismen beziehungsweise zusätzliche periimplantäre Knochenapposition und führte zu vermehrter Stabilisierung [Wehrbein und Diedrich, 1993; Melsen und Lang, 2001; Fritz et al., 2003]. Bei Implantaten im Bereich zahnloser Kieferkammabschnitte, die später prophetisch genutzt werden sollen, kann dies von Vorteil sein.

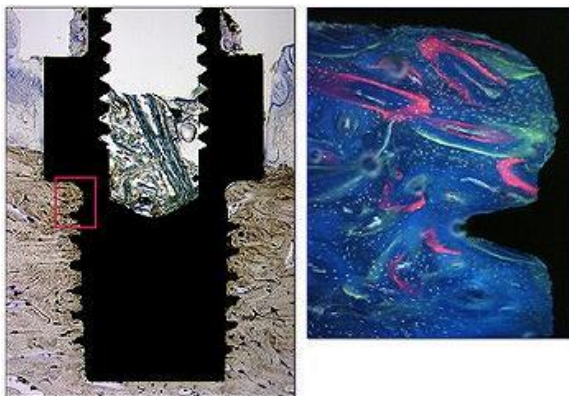
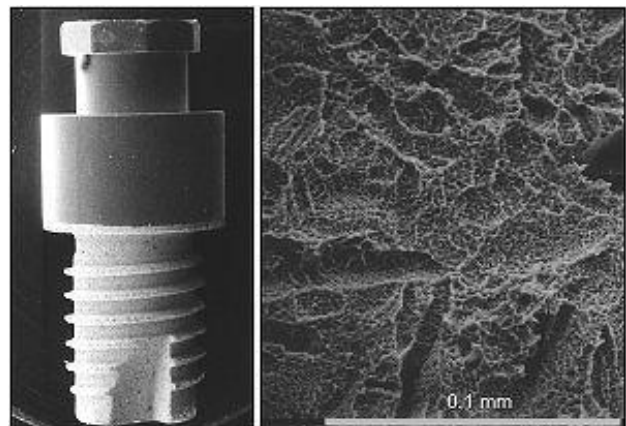


Abb. 2c: Implantat nach translatorisch-sagittaler Belastung mit vollständiger Osseointegration des gesamten Implantatkörpers und Knochenapposition bis oberhalb der Unterkante des Halsteils. Die Sequenz der kalziumaffinen Farbstoffe (Ausschnittvergrößerung) belegt die vollständige Mineralisation und den kontinuierlichen Reifungsprozess des periimplantären Lamellenknochens. Dies gilt sowohl für die Zugseite links als auch für die Druckseite rechts.

Abb. 3: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme des Mini-Titanimplantates (Orthosystem®, Fa. Straumann). Links in der Übersicht, rechts eine Ausschnittvergrößerung der sandgestrahlten und geätzten Oberfläche.



Indikationsbereiche

Insbesondere bei Erwachsenen ist die Nutzung der verbliebenen natürlichen Dentition zur Verankerung häufig eingeschränkt und extraorale Apparaturen werden aus ästhetischen Gründen abgelehnt. Die implantatgestützte orthodontische Verankerung umfasst daher mehrere Einsatzgebiete:

1. Unzureichende desmodontale Verankerungsqualität

- Reduzierte Zahnzahl
- Fortgeschrittener Attachmentverlust der Ankerzähne

Ein typisches Behandlungsbeispiel ist die Retraktion und Intrusion aufgefächerter Frontzähne bei fehlender Seitenbezahnung.

2. Nichtakzeptanz extraoraler Verankerungshilfen

- Ablehnung eines Headgear zur Molarenstabilisierung in Extraktionsfällen
- Ablehnung einer Delairemaske zur Molarenmesialisierung

3. Übertragung orthopädischer Kräfte bei kraniofazialen Dysgnathien

- Vorverlagerung der Maxilla durch extraoral abgestützten Zug bei LKG-Patienten.

Neben verbesserter Ästhetik bietet die Implantatverankerung zudem weitere Vorteile. Zum einen können Nebenwirkungen konventioneller intra- und extraoraler Verankerungshilfen vermieden werden und Behandlungszeit beziehungsweise Tragezeit der Apparatur wird meist verkürzt.



Abb. 4: Implantatgestützte Mesialisierung von 26, 27

Abb. 4a, b: Ausgangsbefund bei einer 33-jährigen Patientin: Vor einer restaurativen Therapie soll die Frontzahnstellung im Oberkiefer harmonisiert und die Lücke distal von 23 durch simultane Mesialisierung beider Molaren geschlossen werden.



Abb. 4c-e: Zur Verankerung von 23 wird ein Gaumenimplantat und ein Palatinalbügel appliziert (Ortho-System, Fa. Straumann, CH). Die orthodontische Apparatur zur Molarenmesialisierung besteht aus einem passiven .017" x .022" Stahlteilbogen und einer superelastischen Zugfeder.



Abb. 4f, g: Nach sechs Monaten sind beide Molaren um 6 mm körperlich mesialisiert. Bei 14 und 23 ist ein geringfügiger Verankerungsverlust von 1mm aufgetreten. Grund: Geringes Spiel zwischen Verschlusskappe und Palatinalbügel. Für die Ausformung der Front mittels straight-wire Apparatur wird in einem zweiten Schritt der Zahn 12 über das Gaumenimplantat verankert. Dies ermöglicht den Restlückenschluss von distal.





Abb. 4h: Nach neun Monaten ist die prärestaurative orthodontische Behandlungsaufgabe beendet.

Implantatsysteme

Bei der implantologisch-orthodontischen Kombinationstherapie ist von Bedeutung, ob Implantate ausschließlich orthodontische Verankerungsaufgaben übernehmen sollen oder nur temporär zur orthodontischen Verankerung herangezogen und zu einem späteren Zeitpunkt in prothetische Restaurationen integriert werden sollen. Diese Aspekte hinsichtlich der Nutzungsdauer des Implantates nehmen entscheidenden Einfluss auf Implantationsort, Implantattyp und -größe. An Implantate, die ausschließlich für orthodontische Verankerungsaufgaben genutzt werden sollen, sind spezifische Anforderungen hinsichtlich ihres Designs und des Insertionsortes zu stellen

- Positionsstabilität
- Geringe Patientenbelastung bei der Insertion und Explantation
- Einfache Fixierung orthodontischer Zugfedern oder Stabilisationsbügel.

Zurzeit gebräuchliche orthodontische Verankerungsimplantate sind:

- Subperiostales Onplant [Block und Hoffmann, 1995]
- Orthosystem-Implantat [Wehrbein et al., 1996]
- Mikro-Titanschrauben [Kanomi, 1997; Park et al., 2001; Ehmer et al., 2003]

Onplant

Dieses subperiostal platzierte scheibenförmige (Dicke: drei Millimeter, Durchmesser: zehn Millimeter) Verankerungsimplantat besitzt auf der knochenzugewandten Unterseite eine Hydroxylapatitbeschichtung, die einen engen Verbund zur Knochenkortikalis gewährleistet. Als Insertionsort eignen sich für das Onplant der posteriore harte Gaumen und der vestibuläre Alveolarfortsatz: Nach Präparation eines epiperiostalen Tunnels wird die Implantatscheibe submukös platziert. Nach gedeckter zehnwöchiger Einheilung erfordert die Eröffnung des Onplants einen Zweiteingriff. Über ein kugelförmiges Abutment wird die Verbindung zu den Molaren hergestellt, die mit einem Transpalatinalbügel verbunden sind.



Abb. 5: Ausgangsbefund bei einer 41-jährigen Patientin: Ausgeprägter frontaler Engstand im Oberkiefer. Behandlungsmotiv: gestörte dento-faziale Ästhetik.

Abb. 5a-d: Frontaler Engstand mit Protrusion von 12 und 21, 1/2 PB Distalokklusion. Im Wechselgebiss wurden bereits die ersten Prämolaren extrahiert.



Abb. 5e: Die primär anspruchsvolle Behandlungsaufgabe war die gleichzeitige Distalisation der ersten und zweiten Molaren in beiden Oberkieferquadranten. Über eine Implantatverankerung der Prämolaren werden die Molaren mit superelastischen Druckfedern an den Stahlteilbögen distalisiert. Die Ausformung des oberen Zahnbogens erfolgte in Lingualtechnik.



Abb. 5f, g: Nach zwölf Monaten ist die obere Frontzahnstellung korrigiert und ein attraktives Lächeln erreicht.

Obwohl das Onplant verglichen mit konventionellen enossalen Implantaten ein relativ geringes Knochenangebot benötigt, so ist der chirurgische Aufwand komplex. Insertion und Entfernung dieser

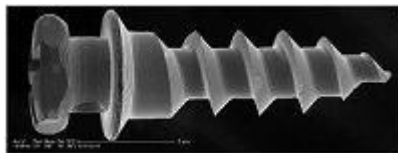


Abb. 6: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme der Minititanschraube (Fa. Jeil Medical Corp., Südkorea)

Fixtoren erfordern umfangreichere chirurgische Maßnahmen als bei einteiligen orthodontischen Verankerungsimplantaten, die transmukosal einheilen. Auch bei der Freilegung des Implantates wird eine großflächige, für den Patienten traumatische Weichgewebswunde erzeugt.

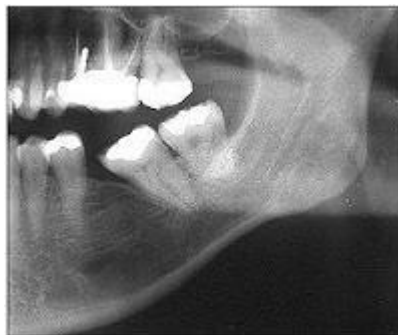


Abb. 7: Präprothetische Molarenaufrichtung mit Miniimplantat

Abb. 7a: Ausschnitt aus einer Panoramaschichtaufnahme: Der Zahn 37 ist um zirka 45° in die unversorgte Extraktionslücke gekippt.

Abb. 7b: Miniimplantat regio 036 (Länge: 8 mm, Durchmesser: 1,6 mm)



Abb. 7e: Nach sechs Monaten ist der zweite Molar trotz der limitierten Verankerungsmechanik komplikationslos aufgerichtet und kann in einen Brückenverband integriert werden .

Abb. 7c, d: Klinischer und radiologischer Befund zu Beginn der Molarenaufrichtung. Die Schraubenfixtur ist mit dem Prämolarenbracket passiv verbunden und dient als singuläre Verankerung zum Abfangen eines reaktiven counter-clockwise Momentes. Die Aufrichtefeder besteht aus .010" x .022" TMA-Draht.

Orthosystem®-Implantat

Diese enossal, osseointegrierenden Schraubenimplantate sind ein ausgereiftes System, bestehend aus einem sandgestrahlten und säuregeätzten enossalen Schraubenteil, einem glatten transmukosalen Halsteil und einem konfektionierten Abutment zur Aufnahme eines Palatinalbügels (Fa. Straumann, Waldenburg, CH). Da das Knochenangebot im Gaumenbereich oder in zahnlosen Kieferabschnitten relativ gering ausfallen kann und sich generell ein Trend zu minimalinvasiven Eingriffen abzeichnet, sollte insbesondere ein ausschließlich temporär genutztes Implantat möglichst klein dimensioniert sein. Das operative Trauma wird minimiert und die Integrität benachbarter anatomischer Strukturen geschont. Während in den vergangenen Jahren



Abb. 8a: Bei einer 50-jährigen Patientin soll der unregelmäßige Gingivaverlauf im Bereich der Oberkieferfront aus ästhetischen Gründen vor einer erneuten prothetischen Versorgung orthodontisch korrigiert werden.

Abb. 8b: Ausgangsbefund mit entzündlich hypertrophierter marginaler Gingiva



Abb. 8c: "Kreative" orthodontische Extrusionsapparat mit gekreuzten Teilbögen: Die auf den vertikalen Stahlbogen applizierte superelastische Druckfeder erzielt aufgrund der Miniimplantatabstützung eine kontrollierte Extrusionskraft.

Abb. 8d: Nach fünf Monaten ist bereits eine Extrusion der Brückenversorgung von 3 mm erreicht.



Abb. 8e: Nach sieben Monaten und 6 mm Extrusion ist der Gingivaverlauf an 11/21 nahezu harmonisch. Analog hierzu wurde die Präparationsgrenze von 13 nach koronal verlagert. Die geringe gingivale Rezession soll später parodontalchirurgisch gedeckt werden. Das Miniimplantat erwies sich als statische orthodontische Verankerung.

Implantate mit einem Durchmesser von 3,5 Millimeter und Längen zwischen zehn und sechs Millimetern zum Einsatz kamen, ist neueren Untersuchungen zufolge eine Implantatlänge von vier Millimetern für orthodontische Verankerungszwecke ausreichend [Fritz et al. 2003] (Abb. 3).

Die Insertion und Explantation dieser Schraubenimplantate erfolgt weitgehend atraumatisch: Die Verwendung einer Mukosastanze vor der Schraubeninsertion reduziert weichteilchirurgische Maßnahmen und vermeidet eine Nahtversorgung. Systemkompatible Trepanbohrer dienen einer schonenden Explantation. Nach Setzen der Fixtur wird eine Einheilungsphase von vier bis sechs Wochen empfohlen. Das Orthosystem® gewährleistet zudem eine sichere Fixierung der orthodontischen Drähte am Verankerungsimplantat. Bevorzugter Insertionsort ist der Gaumen: Die jeweiligen Ankerzähne werden durch stabile Bügel mit dem Implantat verbunden, sodass von hier aus Molaren sowohl mesialisiert (Abb. 4) als auch distalisiert werden können (Abb. 5).



Abb. 9: Einzelbeispiele für direkte Verbindungen zum Implantat: Molarenintrusion, En masse Retraktion, Molarenmesialisierung und Prämolarendistalisierung. Die reaktive Verankerungsbelastung wird unmittelbar auf das positionsstabile Implantat übertragen.

Mikro-Schrauben

Die Zukunft orthodontischer Verankerungsimplantate gehört möglicherweise den Minititanschrauben [Freudenthaler et al., 2001; Ohmae et al., 2001; Swennen et al., 2002], die mittlerweile von unterschiedlichen Herstellern angeboten werden (Absoanchor®, Fa. Dentos Inc, Korea; Minischrauben der Fa. Cizeta, Italien; Sankin, Japan; und Jeil Medical Corp., Südkorea). Die Durchmesser variieren zwischen einem und zwei Millimetern, die Längen zwischen vier und 14 Millimetern. Hinsichtlich der Einheilungszeit geben die meisten Autoren an, dass die Implantate unmittelbar nach ihrer Insertion belastbar sind [Costa et al., 1998]. Es finden sich in der Literatur jedoch auch Einheilungszeiten um sechs Wochen [Ohmae et al., 2001]. Im Gegensatz zu konventionellen Implantaten werden Mikroschrauben nicht vollständig osseointegriert. Bei der temporär limitierten Anwendungszeit für orthodontische Zwecke ist die unvollständige Integration klinisch nicht nachteilig, sie erleichtert sogar die spätere Implantatentfernung [Ohmae et al., 2001]. Mögliche Komplikationen sind der Verlust der Mikroschraube, wobei Verlustraten zwischen null und 20 Prozent angegeben werden, und Mukosaproliferation über den Schraubenkopf.

Während größere Implantate ein relativ umfangreiches Knochenangebot benötigen und die Insertionsorte folglich limitiert sind, bieten Mikroschrauben ein breiteres beziehungsweise flexibleres Anwendungsspektrum. In Abhängigkeit von der individuellen therapeutischen Zielsetzung können sie an unterschiedlichen Orten inseriert werden.

■ Variabler Insertionsort

Oberkiefer:

- Alveolarfortsatz:
bukkale Kortikalis, interradikulär, subnasal
- zahnloser Kieferkamm
- Gaumenmitte
- processus zygomatico alveolaris

Unterkiefer:

- Alveolarfortsatz:
bukkale Kortikalis, interradikulär, retromolar
- Symphyse: subapikal

Mikroschrauben bieten zudem weitere entscheidende Vorteile:

- Einfache und minimalinvasive Insertion beziehungsweise Entfernung
- Geringe Belastung für den Patienten
- Unmittelbare Kraftapplikation
- Günstige Kosten-Nutzen-Relation

Die Grazilität und der komplikationslose Einsatz der Minititanschrauben eröffnen ein innovatives klinisches Anwendungsspektrum, das heißt, sie erlauben biomechanisch kreative Lösungen. Komplizierte Verankerungsstrategien werden überflüssig, das Abfangen reaktiver Kräfte und Momente wird überschaubar und der apparative Umfang wird minimiert (Abb. 6, 7, 8). Die direkte Implantatverankerung erlaubt eine unmittelbare Übertragung der Kräfte auf das Implantat. Die zusätzliche Einbeziehung von Zähnen entfällt (Abb.9).



Abb. 10: Vorgehen bei der Insertion einer Minititanschraube. Nach Lokalanästhesie wird mit einem Pilotbohrer eine zirka 3 mm tiefe Ankörnung des Knochens vorgenommen. Die Schraube wird anschließend manuell inseriert.

Minischrauben der Dimension \varnothing 1,6 bis zwei Millimeter und Länge acht bis zehn Millimeter (Fa. Jeil Medical Corp., Südkorea) erwiesen sich für die notwendigen Verankerungsaufgaben als besonders geeignet. Unter Lokalanästhesie werden die Fixtoren ohne Lappenbildung transmukosal per Hand eingeschraubt; zuvor wird lediglich mit einem langsam laufenden Drillbohrer die Mukosa an der Insertionsstelle trepaniert und die Knochenkortikalis gekörnt. Ist die Primärstabilität gesichert, kann die orthodontische Kraftapplikation unmittelbar erfolgen (Abb. 10).

Schlussfolgerungen

Implantate mit rein orthodontischen Verankerungsaufgaben haben das kieferorthopädische Therapiespektrum zukunftsweisend bereichert. Erschwerte Verankerungsbedingungen wie reduzierte Anzahl von Ankerzähnen und Attachmentverlust können kompensiert werden, ohne auf die Kooperationsbereitschaft des Patienten angewiesen zu sein.

Priv.-Doz. Dr. Ulrike Fritz
Prof. Dr. Dr. Peter Diedrich
Dr. Andreas Ehmer
Universitätsklinik Aachen
Klinik für Kieferorthopädie
Pauwelsstr. 30
52074 Aachen

[Literaturhinweis](#)

zm 22/2003, Seite 46