

## 2 LITERATURÜBERSICHT

### 2.1 linguale Orthodontie

Der erwachsene Patient, anders als ein Kind, ist selbst der Initiator seiner kieferorthopädischen Behandlung. Er entschließt sich aus ästhetischen, funktionellen oder Zahnerhaltungsgründen zu einer kieferorthopädischen Therapie [17, 21, 28, 174]. Das Aussehen beziehungsweise die dentale und die Gesichtsästhetik spielen aber bei Erwachsenen eine bedeutendere Rolle als die Funktion (67%-96%) [21, 25, 38, 39, 45, 129, 170]. Eine kieferorthopädische Behandlung kann mehrere Jahre dauern und besonders bei erwachsenen Patienten bestehen diese ästhetischen Anforderungen auch während der kieferorthopädischen Behandlung [101, 129, 169, 174, 200].

So interessant viel Kinder und junge Erwachsene die „sichtbaren“ Zahnspangen finden, für eine große Zahl Erwachsener sind die ästhetischen Beeinträchtigungen durch labiale Brackets aus beruflichen oder privaten Gründen nicht akzeptabel [41, 67, 98, 101]. Sichtbare Zahnspangen gelten für sie als Karrierekiller; auch zahnfarbene Brackets haben wenig daran ändern können [67, 121]. Deshalb entscheiden sich immer mehr Erwachsene für „unsichtbare“ Zahnspangen.

Mit der Lingualtechnik steht eine „unsichtbare“ Behandlungsapparatur zur Verfügung, die diese ästhetischen Ansprüche erfüllt [9, 11, 37, 42, 52, 56, 67, 72, 73, 83, 96, 97, 101, 133, 136, 145, 160, 194].

#### 2.1.1 Anfänge der Lingualtechnik

Die Lingualtechnik ist keineswegs neu; bereits in den frühen 70er Jahren wurde erstmals versucht, Brackets auf der oralen Seite der Zähne zu befestigen [7, 72, 118, 119, 121]. Dabei spielte das Einführen der Schmelzätzttechnik in der Zahnmedizin eine sehr wichtige Rolle [174]. Dr. *Craven Kurz* behandelte Mitte der 70er Jahre die ersten Patienten mit derartigen "unsichtbaren" Apparaturen [7, 119, 121]. Zuerst wurden labiale Brackets verwendet, die auf die orale Seite geklebt wurden. *Kurz* erzielte so bei leichten Behandlungen bereits gute Ergebnisse. 1976 kamen dann die ersten speziellen Lingualbrackets auf den Markt [118]. 1978 formierte sich an der University of California um *Craven Kurz* eine Gruppe von sieben Kieferorthopäden, die ihre klinischen Erfahrungen mit der Lingualtechnik austauschten und an ihrer Weiterentwicklung arbeiteten [174]. Unabhängig hiervon entwickelte etwa zur selben Zeit in Japan *Fujita*

eine eigene Edgewise-Lingualtechnik [69-72, 112, 126, 174], während *Paige* die Entwicklung einer lingualen Begg-Technik vorantrieb [142, 174].

Zunächst wurde die Lingualtechnik besonders in den USA enthusiastisch aufgenommen, ein breites Medienecho führte in den 80er Jahren zu einem regelrechten Boom. Aufgrund damaliger technischer Probleme sowie ungenügender Ausbildung der Behandler und falscher Anwendung kehrte sich dieser Trend jedoch zunächst ins Gegenteil um [134, 165]. So waren die genaue Positionierung vorjustierter Brackets auf der Zahninnenseite und das exakte Biegen des Drahtes aufgrund der großen Variabilität der lingualen Kronenflächen mit den damals vorhandenen Mitteln äußerst kompliziert [134]. Seither hat es ständig Verbesserungen gegeben.

### 2.1.2 Lingualtechnik heute

Heute ist die Lingualtechnik eine erprobte und etablierte Behandlungsmethode, deren Verbreitung, besonders in Europa und Japan, kontinuierlich zunimmt [149, 165, 174]. *Gorman* stellte im Jahre 1988 fest, dass etwa 1% der erwachsenen Patienten sich lingual behandeln lassen. Inzwischen bieten etwa zehn Prozent der Kieferorthopäden in Deutschland ihren Patienten diese Technik an. Hierzulande ist Zunahme der Anzahl lingual behandelter Patienten in den letzten Jahren weltweit am größten [199]. Die Weiterentwicklung insbesondere der Laborabläufe, aber auch Verbesserungen des Bracketdesigns sowie die Einführung neuer Adhäsiv- und Bogenmaterialien haben eine Ausdehnung der Lingualtechnik auf ein breites Behandlungsspektrum ermöglicht [53, 72, 92, 117, 163, 186]. Das Indikationsspektrum entspricht dem labialer Straight-Wire-Apparaturen und die Ergebnisse sollen vergleichbar sein [56, 82, 83, 85, 121].

Gegenüber labial geklebten Brackets sind die Laborarbeiten und die klinische Handhabung bei der Lingualtechnik aber immer noch aufwändiger [78, 134]. Der Bracketschlitz liegt aufgrund der Zahnmorphologie weit von der bukkalen Höckerspitze bzw. Schneidekante entfernt, so dass bereits geringe Fehler bei der Bracketpositionierung zu vergleichsweise großen vertikalen Zahnbewegungen führen.

## 2.2 Positionierung der Brackets in der Lingualtechnik

Lingual ist das direkte Kleben von Brackets nicht ohne Weiteres möglich, da bereits geringe Abweichungen der Bracketposition zu großen unerwünschten Zahnbewegungen führen können [168]. Diese Zahnbewegungen führen dazu, dass im

Laufe der Behandlung bei suboptimaler Bracketpositionierung immer wieder kompensatorische Torque- oder Angulationsbiegungen eingebogen werden müssen. Daher ist eine optimale Bracketpositionierung ein wichtiger Erfolgsschlüssel der Lingualtechnik [120, 178, 179]. In dem Bestreben optimale Behandlungsergebnisse zu erreichen und möglichst ohne extra Torque- oder Angulationsbiegungen die Behandlung erfolgreich zu beenden, wurden viele Labortechniken zur Bracketpositionierung entwickelt [37, 121, 134, 168, 174, 55, 78, 89, 100, 120, 134, 168, 174, 175, 182, 195-198].

Einige wesentliche Methoden sind:

- die TARG-Methode: Torque/Angulation Reference Guide [55, 168],
- die CLASS-Methode: Custom Lingual Appliance Set-up Service [100, 168],
- die *Hiro*-Technik und ihre Modifikationen [89, 166, 92, 183],
- das TOP-System: Transfer Optimized Positioning System [195, 196, 198] und
- das indirekte mit dem Bending Art System verbundene Berliner Klebverfahren [134].

All diese Techniken verfolgen bei der Bracketpositionierung eines von zwei Konzepten:

1. Die Labialfläche dient als Referenzfläche zum genauen Positionieren der Lingualbrackets. Nach diesem Prinzip werden die Brackets z. B. bei der TARG- und der KIS-Methode geklebt.
2. Die ideale Position der Brackets wird direkt auf der lingualen Seite bestimmt. Hierzu sind die CLASS-Methode und die *Hiro*-Technik bzw. deren Modifikation zu zählen.

### 2.2.1 Die TARG-Methode

Bei diesem Verfahren werden die Brackets direkt am Dysgnathiemodell geklebt [168]. Das Herstellen eines idealen Set-ups ist nicht notwendig [55], was Zeit und Kosten spart [168]. Die Slotebene jedes einzelnen Zahnes wird mit Hilfe einer so genannten Torqueplatte festgelegt. Das Modell wird so lange bewegt, bis die Torqueplatte spaltfrei der vestibulär angezeichneten Kronenlängsachse anliegt und okklusal auf Höhe der Höckerspitze oder der Schneidekante endet. Das Modell wird in dieser Position fixiert und das Bracket wird mit dem Bracketpositionierer möglichst dicht an die linguale Zahnoberfläche geführt und dort in der Regel mit Komposit befestigt [55, 168]. Bei der ursprünglichen TARG-Methode wird die labiolinguale Dicke der Zähne nicht berücksichtigt, um den Zungenraum möglichst wenig einzuengen, indem die Brackets

so nah wie möglich auf die Zahnoberfläche geklebt werden [55]. Dann werden jedoch während der gesamten Behandlung Biegungen erster Ordnung notwendig [168]. Diesen Nachteil versuchte Fillion durch die Kombination der TARG-Methode mit einem Zahndickenmesssystem zu vermeiden [55, 168]. Dabei werden Differenzen in den labiolingualen Zahndicken durch die individuellen Bracketkompositbasen ausgeglichen, so dass der Abstand zwischen Slot und Labialfläche ähnlicher Zähne einheitlich ist [55, 168]. Damit wird die Hoffnung verbunden, dass auf Biegungen erster Ordnung weitgehend verzichtet werden kann. Mit Hilfe eines Silikonübertragungstrays werden alle Brackets in den Patientenmund transferiert [55]. Für weitere Informationen wird auf weiterführende Literatur verwiesen [55, 168].

### 2.2.2 Die CLASS-Methode

Hierbei wird ein ideales Set-up angefertigt, um die Bracketposition zu ermitteln, die mit einem „Straight-Wire“ die Zahnstellung des Set-ups ergibt [100, 168]. Nach der Herstellung des Set-ups und der Festlegung der horizontalen Slotebene im Parallelometer werden die Brackets der Frontzähne mit Hilfe spezieller Schablonen in ihre ideale Position geklebt. In der gleichen horizontalen Ebene werden die Brackets der Prämolaren und Molaren mit Hilfe einer geraden Schablone in eine Linie geklebt [100] oder ähnlich wie bei der TARG- Methode einzeln positioniert [168]. Mit Hilfe einzelner Übertragungsschlüssel werden die Brackets auf das Dysgnathiemodell umgesetzt [100], was mit einem Genauigkeitsverlust der Bracketposition verbunden ist [107]. Danach werden die Brackets mit Hilfe eines Übertragungstrays aus Silikon oder einer elastischen Druckformfolie in den Patientenmund transferiert [100].

### 2.2.3 Indirektes Kleben nach der Berliner Methode unter Verwendung des Bending Art Systems

Bei der Berliner Methode werden die Brackets ähnlich der CLASS-Technik nicht auf das Dysgnathiemodell, sondern auf ein ideales Set-up-Modell geklebt. Um das Biegen vertikaler Stufen zu vermeiden, werden alle Brackets möglichst in einer vorher bestimmten horizontalen Referenzebene geklebt. Beim Kleben der einzelnen Brackets werden diese mit dem TARG-System in derselben Ebene, d. h. mit dem gleichen Torque, mit minimaler Kleberschichtstärke geklebt. Dadurch werden horizontale Ausgleichsbiegungen nötig, die das Bending Art System übernimmt [104, 199].

### 2.2.3.1 Der Laborprozess bei der Berliner Methode unter Verwendung des Bending Art Systems [106]

Von beiden Kiefern werden hochpräzise Abformungen mit additionsvernetzendem Silikon genommen. Die Zahnkränze werden aus vakuumgemischtem Superhartgips hergestellt. Bei der älteren Methode zur Herstellung des Set-Up-Modells wurden anschließend in dem Bereich, wo später die Lingualbrackets kleben, kleine - nicht rotationssymmetrische - Rillen in die Gipszähne geschliffen. Anschließend werden von den Modellen Duplierformen hergestellt. Die Zahnkränze werden dupliert, wofür wiederum vakuumgemischter Gips verwendet wird. Ein Zahnkranz wird unter Schonung der approximalen Kontaktpunkte in Einzelzahnstümpfe zersägt (bzw. im Bereich der Kontaktpunkte gebrochen). Nach konischem Zuschleifen der Stümpfe werden diese in die Duplierform zurückgesetzt. Nun wird die Form mit flüssigem Wachs aufgefüllt. Vervollständigt wird das Duplikatmodell mit einem Gipssockel, der über Retentionsringe mit dem Wachs verbunden wird. Jetzt werden die Dysgnathiemodelle mittelwertig in einen Artikulator montiert. Nach Erwärmen des Wachses können die Einzelzähne nach den Vorgaben des Behandlers in die angestrebte ideale Zahnstellung umgestellt werden. Abschließend werden die zu beklebenden lingualen Zahnoberflächen einmal dünn mit einem Isoliermittel für Kunststofftechnik behandelt. Das so entstandene Set-up-Modell wird auf dem Modellhalter eines TARG-Gerätes oder eines Parallelometers befestigt. Anschließend wird eine horizontale Referenzebene gesucht, in der die Slots aller Brackets liegen sollen, und in der die Brackets weder die Gingiva berühren noch die Okklusion mehr als unvermeidbar stören.

Die Brackets werden mit einem hochgefüllten Komposit auf das ideale Set-up-Modell geklebt. Das Positionieren geschieht mit einem TARG-Gerät oder einem Parallelometer mit einem horizontalen Blech in der Stärke des Bracketschlitzes. Die Brackets werden nacheinander mit Komposit beschichtet auf das Blech aufgesetzt, und bis zum ersten Kontakt gegen die Zähne geschoben.

Nachdem alle Brackets geklebt sind, werden die für die 3-D-Vermessung notwendigen Messelemente in die Bracketschlitzes eingesetzt. Jetzt werden die Informationen aller Zähne mit dem Orthomate bestimmt. Daraufhin werden die Brackets vorsichtig von der Zahnoberfläche gelöst und mit einem wasserlöslichen Kleber auf dem

Dysgnathiemodell mit der Zahnfehlstellung befestigt. Die im Gips eingefrästen Rillen sollen eine eindeutige Positionierung gewährleisten. Nachdem alle Brackets samt ihrer Messelemente auf das Dysgnathiemodell übertragen wurden, wird die dreidimensionale Position aller Zähne mit dem Orthomate erneut bestimmt, und so die Anfangsposition (Zahnfehlstellung) gemessen. Sollten einzelne Messelemente in der Fehlstellung kollidieren, so müssen mehrere Aufnahmen gemacht werden. Dabei wird jeweils eines der störenden Messelemente weggelassen. Durch rechnerische Überlagerung sämtlicher Aufnahmen lässt sich so die dreidimensionale Position aller Brackets berechnen.

Abschließend müssen alle Messelemente entfernt werden, um das Übertragungstray für den Transfer in den Patientenmund herstellen zu können.

Als Material für die Übertragungstrays wird Memosil, eine transparente additionsvernetzende Bissregistrierungsmasse aus Silikon, verwendet. Bei der Herstellung ist die Schichtdicke klein zu halten. Vertikale Entlastungsschnitte um die stark unter sich gehenden Haken sollen die Abnahme des Trays im Mund erleichtern.

Die Komposit-„Zapfen“, die die Rillen ausfüllen, die am Modell eingeschliffen wurden, müssen abgetragen werden.

Mit Hilfe einer neuen Methode zur Herstellung des Set-up-Modells, der so genannten Pintechnik, vermeidet man die Fehler, die beim Umsetzen der Brackets vom Set-up-Modell auf das Dysgnathiemodell entstehen können [107]. Der Vorteil der Pintechnik ist, dass die Gipsstümpfe einschließlich der aufgeklebten Brackets problemlos vom Set-up-Modell in die Ausgangsposition (Dysgnathiemodell) umgesetzt werden können [107].

Bevor die Zahnkränze in einzelne Zahnstümpfe zersägt werden, wird jeder Zahn mit einem Pin versehen. Um diese Pins achsenparallel zu setzen, erfolgen die Bohrungen mit einem Laser-Pinsetzgerät. Nach der Säuberung der vorgenommenen Bohrungen werden die Pins mit Sekundenkleber im Gips befestigt. Im Anschluss werden die Hülsen auf die Pins aufgesteckt. Nach der Isolierung des Zahnkranzes mit einem Trennmittel -Gips gegen Gips - wird dieser in die Silikonform zurückgesetzt, eine Dupliermanschette angelegt und Gips eingefüllt. Nach dem Aushärten des Gipssockels wird dieser vom Zahnkranz vorsichtig abgelöst.

Vor dem Herstellen des Set-up-Modells werden die Pins soweit wie möglich gekürzt, um ein Kollidieren der Pins während der Herstellung zu vermeiden. Jetzt erst wird der

Zahnkranz in die Einzelzahnstümpfe getrennt und der Wurzelbereich konisch zugeschliffen.

Das weitere Vorgehen bis zur Bestimmung der Informationen aller Zähne im Set-up-Modell mit dem Orthomate ähnelt dem Vorgehen bei der älteren Herstellungsmethode. Anstelle des Umsetzens der Brackets vom Set-up-Modell auf das Dysgnathiemodell werden bei der Pintechnik die Zahnstümpfe inklusive der geklebten Brackets in die Duplierform umgesetzt.

Anschließend wird am Patienten nach professioneller Zahnreinigung zunächst das Klebtray einprobiert, und die mit Komposit individualisierten Bracketbasen werden mit einem in Azeton getauchten Wattebausch gereinigt. Unter Trockenlegung erfolgt das Kleben nach Phosphorsäurekonditionierung mit Excel (Reliance Orthodontic Products Inc., Itasca, USA), einem dünnfließenden Komposit. Nach dem Aushärten des Komposits wird das Silikontray abgezogen und die Kleberüberschüsse werden entfernt.

#### 2.2.3.2 Das Bending Art System

Das Bending Art System, jetzt Orthomate genannt, wurde von der Berliner Firma Syrinx Medical Technologies GmbH entwickelt. Es handelt sich um ein CAD/CAM-System. Das Orthomate besteht aus drei Komponenten: einer stereoskopischen Kamera zum Vermessen der Bracketpositionen, einer Software zum Designen der Bögen und einer Biegeeinheit zum Formen der Behandlungsbögen [33, 43, 60-63, 106, 107].

Mit Hilfe der stereoskopischen Kamera werden die Positionen der Brackets und somit die Zahnstellung dreidimensional bestimmt. Um die Bracketpositionen vermessen zu können, müssen vorübergehend Messelemente in die Bracketschlitze beziehungsweise -röhrchen eingesetzt werden. Vier halbkugelige Erhebungen auf dem Messelement werden von der stereoskopischen Kamera erkannt. Da die Kameraaufnahmen unter zwei verschiedenen Betrachtungswinkeln (stereoskopisch) erfolgen, kann eine dreidimensionale Vermessung erfolgen, die durch Kenntnis der Geometrie der Messelemente schlussendlich zur dreidimensionalen Erfassung der Bracketpositionen führt [33, 60, 62, 106, 107]. Der Zeitaufwand für das Vermessen aller labial geklebten Brackets in einem vollständig bezahnten Kiefer liegt bei zirka 22 Minuten, bei lingual geklebten Brackets dauert es bis zu 70 Minuten [43]. Das Orthomate biegt die Behandlungsbögen und verlagert so die Informationen über die geplante Zahnstellung durch den Einsatz von CAD/CAM in den Bogen [104, 199]. Zum

Festlegen der Bogenformen gestattet die Orthomate-Software mehrere Vorgehensweisen [104]: das Idealbogenkonzept und das Set-up-basierte Vorgehen. Anfänglich wurde das Orthomate vornehmlich zum Biegen passiver Drähte und Segmentbögen in der *Burstone*-Technik benutzt [33, 106]. Darüber hinaus hat es sich zum Anfertigen von exakten und jederzeit reproduzierbaren Finishingbögen bewährt [33, 106]. Das Biegen eines Drahtes dauert etwa vier Minuten. Ein Vorteil dieses Systems liegt in der Reproduzierbarkeit stark individualisierter Drahtbögen [106].

#### 2.2.3.2.1 Vorteile des Bending Art Systems in Kombination mit der Berliner Methode

Durch die exakte Zielvorgabe mittels Set-up und das präzise Biegen der Drähte mit dem Orthomate, entfällt das mühselige Biegen und intraorale Anpassen von Drahtbögen. Mit Hilfe der Berliner Methode werden sämtliche Mess- und Planungsaufgaben ins Labor verlagert. Daher ist das Vorgehen für den Patienten angenehmer als wenn intraoral Messelemente eingesetzt und auch Kameraaufnahmen am Patienten gemacht werden müssen [106]. Die Bögen sind reproduzierbar und können, z. B. im Falle des Bruchs eines Bogens, immer wieder neu gebogen werden. Bei einem Bracketverlust ist es nach dem erneuten Kleben des Brackets nicht notwendig, mit der Bogenstärke zurückzugehen, da die Behandlung nach einer partiellen Identifizierung der neuen Bracketposition und dem Herstellen eines neuen gleich dimensionierten Bogens weitergeführt werden kann [33]. Das Biegen passiver Bögen, z. B. kurz vor Dysgnathie-Chirurgie, aber auch von passiven Teilbögen bei der Segmentbogen Technik ist immer möglich [33]. All diese Faktoren verkürzen die Arbeitszeit am Patienten und so die Gesamtkosten der Behandlung [33].

#### 2.2.3.2.2 Nachteile des Bending Art Systems in Kombination mit der Berliner Methode

Ein wesentlicher Nachteil dieser Technik sind die Kosten für die Beschaffung eines solchen Gerätes. Dem erhöhten Laboraufwand und den damit verbundenen Kosten steht die verkürzte und angenehmere Behandlung am Patienten als Vorteil gegenüber [62]. Das Planen eines Bogens für die Lingualtechnik hat in der Untersuchung von Drost et al. bis zu 70 Minuten gedauert, wobei wegen Interferenzen zwischen benachbarten Messelementen häufig ein partielles Identifizieren mit der stereoskopische Kamera



notwendig war [43]. Falls das Identifizieren der Bracketpositionen in vivo stattfindet, kann ein unruhiger Patient verwackelte Aufnahmen verursachen und so den Zeitaufwand für diesen Schritt stark verlängern [43].

Am Anfang konnte die Biegemaschine des Orthomate ausschließlich Vierkant-Stahl- oder -TMA-Drähte biegen, die auch mit kleineren Querschnitten über ein hohes Spannungsdehnungsverhältnis verfügen. Bei Patienten mit starken Engständen war es dann notwendig, mehr Bögen mit kleineren Behandlungsschritten zu benutzen, um diese „starren“ Bögen eingliedern zu können, ohne unphysiologische Kräfte zu erzeugen [33, 61]. Eine Alternative ist eine Vorbehandlung solcher Engstände mit hochelastischen konfektionierten Drähten. Dies macht jedoch zwangsläufig eine erneute Identifizierung der Bracketpositionen mit der stereoskopischen Kamera nach der Vorbehandlung erforderlich, was die Behandlungszeit und -kosten erhöht [33].

Der Einsatz des Orthotherm-Gerätes führte zu einer großen Bereicherung in der Behandlung von starken Engständen mit hochelastischen Drähten. Mit dem Orthotherm kann man superelastische Drahtmaterialien nach dem Biegen thermisch so programmieren, dass diese Drähte ihre superelastischen Eigenschaften nicht verlieren [196].

Da die Biegemaschine nur Einzelaktionen durchführen kann, z. B. Biegung oder Torsion, müssen je Zahnzwischenraum bis zu vier Einzelaktionen, nämlich zwei Biegungen und zwei Torsionen, durchgeführt werden, um einen Vierkantdraht passiv von einem Bracketschlitz in den nächsten zu führen [63]. *Fischer-Brandies* et al. fanden, dass beim Biegen eines 0,016“ x 0,022“-Drahtes bei jeder Aktion zwischen zwei Brackets, ob Biegung, Torsion oder beide kombiniert, ein durchschnittlicher Fehler von unter 1° vorkommt, was durch konstantere Drahtmaterialien und genauere Kalibrierung der Biegemaschine weiter reduziert werden könnte [63]. Die von *Fischer-Brandies* et al. ermittelte Präzision ist nur dann gewährleistet, wenn der Mindestabstand zwischen den Brackets von 0,5 bis 0,7 mm zwischen den Einzelaktionen eingehalten wird [63]. Das ist aber bei Patienten mit starken Engständen oder in der Unterkieferfront in der Lingualtechnik nicht möglich, was eine Vorbehandlung mit hochelastischen Drähten nötig macht [63].

## 2.2.4 Modifizierte *Hiro*-Technik

Die *Hiro*-Technik wurde von *Hiro* vorgestellt und von *Takemoto* und *Scuzzo* modifiziert. Sie gilt als eine Modifikation der CLASS-Methode [174, 183]. Der Hauptunterschied besteht in zwei Aspekten [168, 174]:

- Die Referenzebene für die Bracketpositionierung ist ein den Bracket Schlitz füllender Vierkantstahldraht. Dieser -auf Basis des idealen Set-ups gebogene- Straight-Wire-Idealbogen wird vor dem Kleben vom Techniker gebogen. Das heißt, der Idealbogen dient an Stelle z. B. des TARG-Gerätes zum Positionieren der Brackets. Dieser Bogen erleichtert das Gleiten der Zähne bei einer gewünschten Straight-Wire-Technik.
- Der Transfer der Brackets erfolgt Zahn für Zahn mit einzelnen Übertragungskäppchen aus Kunststoff direkt vom Set-up-Modell in den Patientenmund.

### 2.2.4.1 Der Laborprozess bei den Modifikationen der *Hiro*-Methode

Von beiden Kiefern werden hoch präzise Abformungen mit additionsvernetztem Silikon genommen. Die Modelle werden aus vakuumgemischtem Superhartgips hergestellt. Anschließend werden von den Modellen Duplierformen hergestellt und erneut ausgegossen. Ein Zahnkranz wird unter Schonung der approximalen Kontaktpunkte in Einzelzahnstümpfe zersägt und diese nach deutlicher Gipsreduktion im Wurzelbereich in die Duplierform zurückgesetzt. Nun wird die Duplierform mit flüssigem Wachs aufgefüllt und ein Sockel aus Gips angefertigt. Anschließend werden die Dysgnathiemodelle (bestehend aus Einzelzahnstümpfen in Wachs) mittelwertig in einen Artikulator einartikuliert [89, 134].

Nach Erwärmen des Wachses können die Einzelzähne nach den Vorgaben des Behandlers in die angestrebte ideale Zahnstellung umgestellt werden. Nachdem die Zähne ideal aufgestellt worden sind, wird über das Set-up-Modell erneut eine Silikonabformung genommen, in den die Stümpfe zurückgesteckt werden, sobald das Wachs des Set-up-Modells ausgebrüht bzw. vollständig entfernt wurde. Sodann werden die separierten Zahnstümpfe durch Herstellen eines starren Kunststoff-/Gips-Sockels fixiert [89, 134].

*Scuzzo* et al. legen mit Hilfe eines Parallelometers die Ebene fest, auf der alle Bracket Schlitze liegen sollen. Der Mittelpunkt der lingualen Fläche der 1. Molaren dient

als Referenz. Jetzt wird eine Linie auf der lingualen Fläche aller Zähne angezeichnet. Im Oberkiefer verläuft diese Linie im zervikalen Drittel der Kronen der Frontzähne. Die Bracketbasen sollen später einen Abstand von 1,5 mm zum Gingivarand haben. Die Aufbissplateaus sollen mindestens 2 mm von den Schneidekanten entfernt sein. Im Unterkiefer ist die Mitte der lingualen Fläche des 1. Prämolaren der Referenzpunkt. Da die Höhe des lingualen Höckers des 1. Prämolaren meistens klein ist, was eine vertikale Ausgleichsbiegung, „step-down“, erfordert, bauen *Scuzzo et al.* den betroffenen Zahn temporär mit Kunststoff auf, so dass das Bracket ohne Gingivakontakt geklebt werden kann [84, 166]. Bei Extraktionen der 1. Prämolaren dient die Mitte der lingualen Fläche des 2. Prämolaren als Referenzpunkt [92, 166, 183].

Der Techniker biegt beim 18er System den Idealbogen aus „0,018 x 0,025“ Stahldraht passend zum Set-up-Modell auf Höhe der vorgezeichneten Referenzebene vor [92, 166, 183].

Die Brackets werden auf den Idealbogen aufgesteckt und mit elastischen Ligaturen fixiert. Durch den Idealbogen, der als Klebeschablone funktioniert, wird der Basisausgleich bestimmt. Jetzt werden nach der Isolierung des Gipses gegen Kunststoff individuelle Übertragungskäppchen aus Kunststoff hergestellt. Anschließend werden die Spalten zwischen Zahnoberfläche und Bracketbasis mit Komposit aufgefüllt, wodurch individualisierte Bracketbasen entstehen. Die Übertragungskäppchen werden jetzt gesäubert und beschriftet. Die Brackets werden mit diesen Einzelzahnübertragungskäppchen Zahn für Zahn in den Mund transferiert [166]. Nach dem Kleben der Brackets im Mund werden die Übertragungskäppchen entfernt, wobei sie zerstört werden.

Die Herstellung der individualisierten Kompositbracketbasen sowie der Einzelkäppchen läuft im Institut für Kieferorthopädie, Orthodontie und Kinderzahnheilkunde ähnlich wie bei *Scuzzo et al.* ab. Die Bracketposition wird aber so bestimmt, dass die auf den vorbereiteten Idealbogen aufgesteckten Brackets so nahe an die Zähne bewegt werden, bis ein minimaler Spalt zwischen Bracketbasis und Zahnoberfläche bleibt. Der Bogen liegt parallel zur Okklusionsebene.

Für die Nachherstellung verlorener Übertragungskäppchen benutzt *Scuzzo* den so genannten „3-D-Bogen“. Er wird hergestellt, indem der Idealbogen mit lichthärtendem Glasionomerezement an den ersten und zweiten Molaren nach Entfernung der jeweiligen Brackets beidseits befestigt wird [92, 166, 183]. Bei den Patienten der vorliegenden Arbeit wurde kein 3-D-Bogen hergestellt und war nie nötig.

Zum Nivellieren werden überwiegend vorgeformte Cu-Ni-Ti-Bögen eingesetzt, deren Größe passend zum Zielbogen (der 0,018 x 0,025 Stahldraht, mit dem die Brackets auf das Modell geklebt wurden) ausgesucht wird. TMA- und Stahldrähte werden entsprechend diesem Idealbogen individualisiert. Als letzter Bogen kommt der so genannte Zielbogen (Idealbogen) zum Einsatz.

## 2.3 Lingualtechnik versus Labialtechnik

### 2.3.1 Indikationen und Kontraindikationen

Laut *Müller-Hartwich* et al. [134] und *Scuzzo* [165] sind die Indikationen, aber auch die Kontraindikationen für die Lingualtechnik die gleichen wie für konventionelle Multibracketapparaturen [174].

Behandlungen stark parodontal geschädigter Gebisse, ob labial oder lingual durchgeführt, erfordern angepasste orthodontische Mechaniken, wie sie nur mit Segmentbogentechniken zu erreichen sind. Einfache Straight-Wire-Mechaniken mit unkontrollierten Kräftesystemen sind hier kontraindiziert [76, 134]. Kombiniert kieferorthopädisch-kieferchirurgische Behandlungen können mit der Lingualtechnik genauso gut wie mit labialen Multibracketapparaturen durchgeführt werden [134].

Bei bestimmten Indikationen erweist sich die Lingualtechnik als besonders vorteilhaft. So erleichtern die Aufbissplateaus der Lingualbrackets bei tiefen Bissen die Bisshebung, sodass sich Patienten mit einem Deckbiss sehr gut mittels Lingualtechnik behandeln lassen [8, 85, 134, 165, 179]. Die sofortige Disklusion der Seitenzähne infolge der Bissperrung durch die Aufbissplateaus sowie die palatinale Lage des Kraftangriffes erleichtern die Behandlung von Kreuzbissen [134]. Bei einer großen sagittalen Stufe, wie bei einer massiven *Angle*-Klasse-II/1, ist diese Bissperre nicht möglich, da die unteren Frontzähne hinter die Oberkieferbrackets beißen, was zu Verankerungsverlust und Problemen bei der Behandlung von sagittalen Fehlstellungen führen kann [7, 16, 20, 72, 74, 84, 85, 174].

Frühe Arbeiten zur Lingualtechnik sahen in offenen Bissen eine Kontraindikation [84]. Die Praxis hat aber gezeigt, dass die Korrektur offener Bisse mit der Lingualtechnik möglich ist [48, 77, 182]. Besonders bei jugendlichen Patienten mit myofunktionellen Störungen ist der Einsatz von Lingualtechnik zur kieferorthopädischen Behandlung vorteilhaft [49]. Der schlechtere Komfort linguale Brackets kann bei Patienten mit Zungenpressen, viszeralem Schluckmuster oder Sigmatismus zu längeren Eingewöhnungszeiten führen, ist aber ein Vorteil, da eine Umstellung der Dyskinesie erzwungen wird [48], sodass die Behandlung erleichtert wird. Diese Wirkung wird als „Fence-Effect“ bezeichnet [101, 182]. Eine Überkorrektur des vertikalen Überbisses (Overbites) wird aber durch die Aufbissplateaus verhindert [75].

Im Extraktionsfall erleichtert eine linguale Multibracketapparatur den Lückenschluss, weil die Einlagerung der Zunge in die Extraktionslücken beim Schlucken verhindert wird [134] und die Bissperre Bewegungen der Seitenzähne erleichtert.

Eine besondere Stellung nimmt die Lingualtechnik bei der kieferorthopädischen Behandlung von Musikern ein, die ein Blasinstrument spielen. Zahnfehlstellungen können bei Bläsern zu einer Verschlechterung des Ansatzes bis hin zur Arbeitsunfähigkeit führen. Eine Zahnstellungskorrektur mit labialen Multibracketapparaturen ist hier sehr problematisch, da der Ansatz des Mundstückes in der Regel zu Druckstellen führt. Die Lingualtechnik kann hier Abhilfe schaffen, wenn der Patient sich mit der Zunge an die Apparatur gewöhnt hat. Hilfreich ist dabei eine Übungsphase vor dem definitiven Einsatz der Lingualbrackets. Der Patient erhält eine Druckformfolie, auf der die Lingualbrackets angebracht sind. Diese Folie kann der Musiker beim Üben einsetzen, bis der Einsatz des Mundstückes und das Musizieren damit akzeptabel sind [105, 134].

Allgemein gilt, dass die Behandlung von „low angle“-Patienten mit tiefem Biss, leichte Engstände und Diastemata die einfachsten Fehlstellungen sind, die man mit der Lingualtechnik behandeln kann. Die Behandlung von Extraktionsfällen, Kreuzbissen, frontal offenen Bissen ist viel schwieriger [84, 167, 174].

### 2.3.2 Biomechanik

Bei gleicher Zahnstellung unterscheidet sich die Auswirkung einer Kraft, je nachdem ob diese lingual oder labial auf den Zahn wirkt [78, 108]. *Scuzzo* und *Takemoto* unterscheiden diese Auswirkung je nach der Raumebene; vertikal, sagittal oder horizontal [164]. Durch die palatinale Lage des Kraftansatzes bei lingualen Multibracketapparaturen ist der Abstand zwischen Kraftansatzpunkt und Widerstandszentrum in horizontaler Richtung in der Regel kleiner (Abb. 1.5-1). Dadurch erzeugt eine oral angreifende vertikale Kraft ein anderes Drehmoment als eine labial angreifende Kraft (Abb. 1.5-2). Die Richtung des resultierenden Drehmoments hängt von der Inklination des betroffenen Zahnes ab. Eine solche intrusive Kraft verursacht zum Beispiel bei einem Deckbiss ein Drehmoment in Uhrzeigersinn, während eine labial ansetzende Kraft ein entgegengesetztes Drehmoment bewirkt [78].

Geron et al. vermuten bei lingual geklebten Brackets, dass vertikale Kräfte komplexere und nicht vorhersehbare Zahnbewegungen verursachen, da die Zahnangulation und die Dicke der Klebefuge zwischen den Zähnen sich unterscheiden [78].

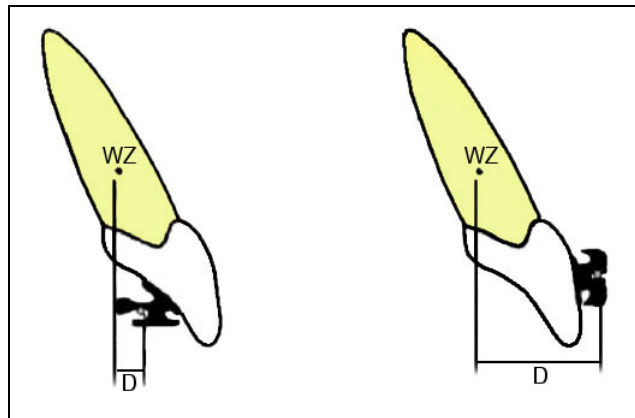


Abbildung 2.3-1: Der Abstand  $D$  zwischen Kraftansatzpunkt (Bracketschlitz) und Widerstandszentrum (WZ) ist bei Lingualbrackets in der Regel kleiner als bei Labialbrackets.  $D$  = horizontaler Abstand zwischen Bracketschlitz und Widerstandszentrum (Dreharm).

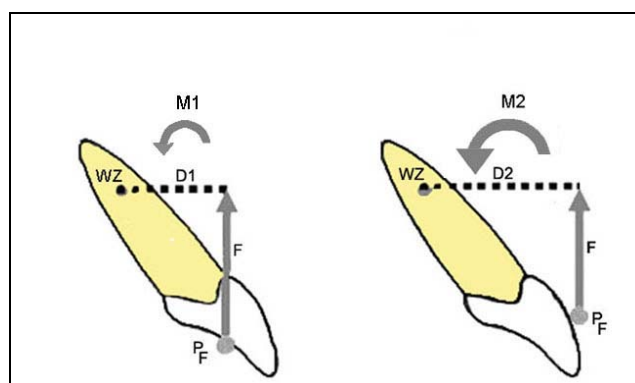


Abbildung 2.3-2: Vergleich der Kräfte und der erzeugten Drehmomente bei einem parodontal geschädigten Zahn beim Einsatz von Labial- und Lingualtechnik. Die erzeugten Drehmomente sind bei gleich großer intrusiver Kräfteinwirkung bei lingualem Kräfteingriff kleiner ( $M1 < M2$ ), was bei der Behandlung parodontal geschädigter lückig extrudierter Zähne positiv ist.  $F$  = Kraft,  $P_F$  = Kraftansatzpunkt,  $D1$  und  $D2$  = Senkrechte Abstände der intrusiven Kräfte vom Widerstandszentrum (Dreharme),  $WZ$  = Widerstandszentrum.

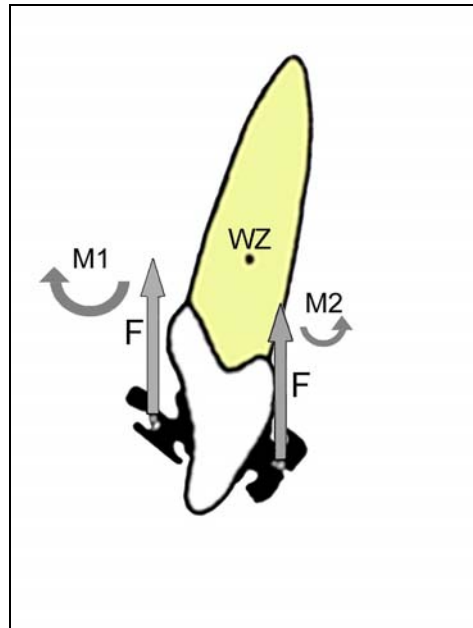


Abbildung 2.3-3: Bei einer Retroinklination verursacht eine intrusive Kraft (F) bei einem lingualen Kraftansatz ein im Uhrzeigersinn gerichtetes Drehmoment (M1), während bei einem labialen Kraftansatz in der Regel ein entgegengesetztes Drehmoment (M2) entsteht. WZ = Widerstandszentrum.

Die Nähe der Lingualbrackets zum Widerstandszentrum der Zähne erhöht ihren Verankerungswert, was die Behandlung von frontalen Engständen erleichtert [79, 174]. Shum vertritt daher die Auffassung, dass in der Lingualtechnik die Wahl der zu extrahierenden Zähne anders ausfällt als in der Labialtechnik [174].

Die von einem Draht abgegebene Kraft ist von mehreren Faktoren abhängig. Neben anderen Faktoren spielen die Drahtbeschaffenheit, die Materialeigenschaften, der Durchmesser und die Länge des Drahtes eine Rolle [149]. Diese Kraft verhält sich umgekehrt proportional zu seiner Länge (L) und direkt proportional zur dritten Potenz seines Radius (r) [149]. Da die linguale Lage der Brackets im Frontzahnbereich zu einer Verkleinerung der Interbracketdistanz führt [78], ist der Einsatz hochelastischer Materialien in der Lingualtechnik unabdingbar, um unphysiologisch hohe Kräfte zu vermeiden [78, 132].

Für den Einsatz linguale Brackets ist eine ausreichende Höhe der klinischen Krone notwendig. Ist das nicht der Fall, z. B. bei Jugendlichen im Unterkieferseitenzahnggebiet [112], ist der Einsatz der so genannten Cross-over-Technik hilfreich [83, 162]. Dabei



werden Lingualbrackets in der Front und Labialbrackets im Seitenzahnbereich kombiniert [134].

### 2.3.3 Ästhetische Aspekte in der Lingualtechnik

Die „Unsichtbarkeit“ der lingual geklebten Brackets ist in der Regel der hauptsächliche Beweggrund für viele erwachsene Patienten zu einer kieferorthopädischen Behandlung. Anders als bei einer Behandlung mit konventionellen Multibracketapparaturen, wo zunächst nur die Apparatur zu sehen ist und alle (positiven) Zahnstellungsänderungen auf den ersten Blick hinter der Apparatur versteckt bleiben, sind die Behandlungsfortschritte bei lingualen Multibracketapparaturen besser zu sehen - gleich vom Beginn der Behandlung [174, 194]. Das ist für die Patienten ein psychologisch sehr bedeutsamer Effekt, was ihre Motivation und Mitarbeit erhöht [37, 174, 194]. Auch für den Behandler bedeutet dies eine bessere Übersicht über die Zahnbewegungen. Ferner sind Veränderungen des Lippenprofils besser zu beurteilen [37, 174, 194].

### 2.3.4 Iatrogene Schäden durch die Lingualtechnik

Bei der Lingualtechnik besteht weder die Gefahr einer Beschädigung der labialen Zahnoberflächen bei der Bracketentfernung [194] noch der Entstehung sichtbarer White Spots, da die vestibulären Zahnoberflächen nicht mit Brackets versehen werden [81, 101, 112, 134, 194].

Linguale Apparaturen sind auch bei bereits bestehenden Schäden der Labialflächen einsetzbar, da die Lingualflächen weniger kariesanfällig sind [81, 101, 112, 134].

Genauso bleibt der gingivale Zahnfleischsaum auf der vestibulären Seite unbelastet, was für die gingivale Ästhetik während und nach der Behandlung von großer Bedeutung ist [194].

Trotz der Tatsache, dass die Speichelfließrate beim Einsatz lingualer Multibracketapparaturen in der Regel erhöht ist, was ein effektiver Schutz gegen Karies ist und eine Stabilisierung des Plaque-pH-Wertes bedeutet, führt die Nähe der Brackets zum Gingivarand unumgänglich zu Plaqueansammlung und der Entstehung einer Schmutzgingivitis [165].

Das von *Smith* et al. beschriebene sehr erfolgreiche Derotationstechnik mit einem so genannten Lasso [167] birgt die Gefahr einer direkten parodontalen Schädigung. Ein

Rutschen der elastischen Kette nach apikal kann durch Anbringen von Kunststoffstopps auf der labialen Fläche der betroffenen Zähne vermieden werden.

### 2.3.5 Nachteile und Einschränkungen

Für die vorgenannten Vorteile, aber auch für die überlegene Ästhetik der Lingualtechnik muss der Patient funktionelle Einschränkungen in Kauf nehmen.

Nachteilig wird vor allem die meist längere Eingewöhnungszeit erlebt, wobei je nach Bracketsystem eher die Brackets in der Oberkieferfront oder die im Seitenzahnbereich des Unterkiefers als hinderlich empfunden werden.

In den ersten Wochen können eine Behinderung der Kau- und Abbeißenfunktion [131], Probleme beim Sprechen [73, 94, 96, 131, 177], sowie Irritationen der Zunge [73, 94, 131] auftreten. Auch objektive Messungen der Lautbildung bestätigten diese Ergebnisse [94]. Die Eingewöhnungszeit variiert stark [54, 94, 131, 176]. Nezhad et al. fanden, dass etwa jeder zweite Patient eine Eingewöhnungszeit von weniger als einem Monat braucht. Im Gegensatz dazu brauchten einige aber auch mehr als drei Monate, um sich an die linguale Apparatur zu gewöhnen [135]. Fritz et al. fanden in einer retrospektiven Untersuchung überwiegend kürzere Gewöhnungsphasen [67].

Die Mundhygiene bleibt während der gesamten Behandlungszeit deutlich eingeschränkt [97, 131].

Wie vorher erwähnt, ist die Lingualtechnik insbesondere zum Behandeln tiefer Bisse besser sehr effizient. Die Aufbissplateaus der oberen Frontzahnbrackets führen in der Regel zu einer sofortigen Disklusion der Seitenzähne, wodurch Zahnbewegungen, insbesondere die Elongation der Seitenzähne, erleichtert werden. Für den betroffenen Patienten bedeutet dies jedoch zu Beginn der Nivellierungsphase Schwierigkeiten bei der Nahrungszerkleinerung [134].

Bei vielen indirekten Klebetechniken ist das Kleben von verlorenen Brackets oder das Nachkleben von Brackets nicht so genau [78]. Die modifizierte *Hiro*-Methode vermeidet diesen Nachteil, indem jedes Bracket einzeln mit einem eigenen starren Übertragungskäppchen geklebt wird.

Die schwierigere und mit größerem Zeitaufwand verbundene Handhabung sowie der stärkere Laboraufwand führen bei der Lingualtechnik zu höheren Behandlungskosten [134].

## 2.4 Qualitätskontrolle in der Kieferorthopädie

Die Qualitätskontrolle ist eine „Überlebens- und Weiterentwicklungschance medizinischer Systeme“ [193]. Sie hilft, die Planung zu verbessern, aufgetretene Behandlungsfehler zu vermeiden und so die Behandlungsqualität zu erhöhen [23, 86, 90].

Eine Behandlung ist qualitativ umso hochwertiger, je weniger das Behandlungsergebnis von der „Norm“ abweicht. Mit Norm ist die morphologisch und funktionell optimale Zahnbeziehungsweise Kieferstellung gemeint. Die Behandlung muss aber auch zeitlich effektiv [193] und wirtschaftlich sein.

### 2.4.1 Aspekte bei der Qualitätskontrolle

Allgemein sind bei der Beurteilung von Behandlungsergebnissen beziehungsweise Behandlungseffektivität folgende Aspekte relevant [22]:

- Erfolgs- oder Misserfolgsraten,
- der Grad der Verbesserung oder Verschlechterung bezüglich
  - Okklusion,
  - Funktion,
  - Ästhetik,
    - aus der Sicht des Patienten,
    - aus der Sicht des Kieferorthopäden,
  - Stabilität und
  - iatrogene Behandlungseffekte,
- das Verhältnis Ergebnis/Behandlungsdauer (zeitliche Effektivität) sowie
- das Verhältnis Ergebnis/Behandlungskosten (finanzielle Effektivität).

Die Faktoren, die diese genannten Aspekte bei einer kieferorthopädischen Behandlung beeinflussen, sind mannigfaltig [24], nämlich [24, 34, 185, 193]:

- Geschlecht,
- Alter,
- Grad der Fehlstellung,
- Mitarbeit des Patienten,
- Geräteauswahl
- Fachkenntnisse des Behandlers u. a. m.

In der Kieferorthopädie haben bislang nicht alle diese Faktoren gleichermaßen Beachtung gefunden [147, 193]. Eine Übersichtsarbeit von *Teh et al.* geht auf einige dieser in anderen Untersuchungen studierten Aspekte ein (Tab. 1) [185].

Tabelle 1: Faktoren, die die Qualität einer kieferorthopädischen Behandlung beeinflussen können.

<b>Faktor</b>	<b>Studie</b>
Schwierigkeitsgrad der Fehlstellung	Berg & Fredlund (1981) Kerr et al. (1994, 1996) Taylor et al. (1996)
Geräteauswahl (Multibracketapparatur oder herausnehmbare Apparaturen)	Pickering & Vig (1990) Tang & Wie (1990) O'Brien et al. (1993) Taylor (1994) Turbill et al. (1996a)
Mono- bzw. bimaxilläre Behandlung	O'Brien et al. (1993) Richmond et al. (1993)
Behandlungstechnik (Edgewise- versus/ Begg- Technik)	Buchanan et al. (1996)
Qualifikation des Behandlers	Fox et al. (1997)
Erfahrung des Behandlers	O'Brien et al. (1993)

Über die Lingualtechnik wurde in den letzten Jahren zwar viel publiziert, jedoch ging es dabei eher um den Patientenkomfort und die Akzeptanz der Lingualtechnik. Andere Autoren schrieben ihre eigenen Erfahrungen an Hand einzelner Patientenberichte nieder. Die Literatur enthält nur eine Studie über die Qualität der kieferorthopädischen Behandlung mittels Lingualtechnik [85].

#### 2.4.2 Methoden zur Qualitätsbeurteilung in der Kieferorthopädie

Eine gebräuchliche Methode zur Beurteilung von Behandlungsergebnissen in der Kieferorthopädie ist der Vergleich von Anfangs- und Schlussunterlagen [23, 29, 46, 86, 88, 154, 161, 189]. Zahlreiche Autoren bemühten sich, Methoden zu entwickeln, um

hierbei Qualität quantifizierbar zu machen [23, 29, 36, 46, 58, 86-88, 99, 124, 127, 144, 155, 159, 181, 189]. So entstanden in den letzten 50 Jahren verschiedene Indizes, die so genannten okklusalen Indizes [2, 38, 58, 64, 141].

Ein okklusaler Index beschreibt mit Punktwerten oder alphanumerischen Klassifizierungen dentale und okklusale Merkmale [29, 144], die die Ausprägung einer Dysgnathie und ihre Abweichung von der „Norm“ widerspiegeln sollen [35, 58, 154, 161]. Auf diese Weise können der Kieferorthopäde, der Behandler bzw. der Untersucher die Behandlungsunterlagen nicht nur subjektiv, sondern auch objektiv bewerten [161, 173].

Nicht alle okklusalen Indizes eignen sich jedoch zur Beurteilung von Behandlungserfolgen. Shaw unterscheidet fünf Typen von Indizes [172, 173]:

- diagnostische Indizes, z. B. die *Angle*-Klassifikation [12, 14]
- epidemiologische Indizes, z. B. der „Occlusal Index“ [146, 181],
- Indizes für die Beurteilung der Behandlungsnotwendigkeit, z. B. der „Index of Orthodontic Treatment Need“, IOTN [29] und der „Grainger’s treatment priority index“ [87],
- Indizes für die Beurteilung des Behandlungserfolges, z. B. der „Peer Assessment Rating Index“, PAR-Index [154],
- Indizes für die Beurteilung der Behandlungsschwierigkeit [44, 127], z. B. der „Index of Outcome, Complexity and Need“, IOCN [66].

Bei der Beurteilung von Behandlungserfolg erwiesen sich einige Methoden als zu aufwändig [46, 47, 181], um weite Verbreitung zu erlangen. Zudem machten die ausgewählten Kriterien einen Vergleich zwischen verschiedenen Indizes schwierig [161].

Ein idealer Index soll folgende Kriterien erfüllen [2, 31, 173]:

- Zuverlässigkeit bzw. Reliabilität,
- klinische Plausibilität bzw. Validität,
- Berücksichtigung der Patientenbedürfnisse in Zusammenhang mit den vorhandenen Ressourcen sowie Fachkenntnissen,
- Akzeptanz bei der Öffentlichkeit sowie bei den Spezialisten,
- einfache Durchführung,
- Sensitivität bei kleinen und großen Abweichungen
- Möglichkeit der statistischen Auswertung und

- Einfachheit der Beurteilung.

### 2.4.3 Der PAR-Index

Der gegenwärtig am häufigsten benutzte okklusale Index zur Bewertung von Behandlungsergebnissen ist der Peer Assessment Rating Index (PAR-Index) [44, 143, 154, 157, 161, 201]. Er wurde in den Jahren 1987 bis 1992 von zehn erfahrenen Kieferorthopäden in England erarbeitet (British Orthodontic Standards Working Party), um den kieferorthopädischen Standard des „General Dental Service“ zu überprüfen [2, 27, 31, 154].

Man unterscheidet zwischen einem „UK PAR-Index“, der hauptsächlich in Großbritannien und Westeuropa benutzt wird und dem „US PAR-Index“, der in Amerika gebräuchlich ist. Beide unterscheiden sich in der Gewichtung der verschiedenen Komponenten (Tab. 2). So schließt der „US PAR-Index“ die Stellung der Unterkieferfrontzähne aus [35, 40, 44, 58, 154].

Tabelle 2: Gewichtungsunterschiede zwischen dem „UK PAR-Index“ und dem „US PAR-Index“ [44]

<b>Komponenten des PAR-Indexes</b>	<b>Gewichtung</b>	
	<b>UK</b>	<b>US</b>
1. Kontaktpunktabweichungen des oberen anterioren Segments (inklusive Impaktionen)	1	1
2. Kontaktpunktabweichungen des unteren anterioren Segments (inklusive Impaktionen)	1	0
3. Rechte und linke Seitenzahnokklusion (sagittal, transversal, vertikal)	1	2
4. Sagittale Schneidezahnstufe	6	5
5. Vertikaler frontaler Überbiss	2	3
6. Mittellinienabweichung zwischen Ober- und Unterkiefer	4	3

Der PAR-Index ermöglicht eine einfache, schnelle und reproduzierbare Bewertung von Modellen. Anders als die meisten älteren Indizes wurde der PAR-Index gewissenhaft

auf seine Reliabilität (Zuverlässigkeit der Ergebnisse einer Beurteilung) und Validität (Übereinstimmung der Beurteilungsergebnisse mit dem, was zu messen beabsichtigt ist) getestet [35, 44, 58, 154, 161]. Die Reliabilität des PAR-Indexes gilt als exzellent [115, 172]. Zur Prüfung der Validität wurde ein Gremium von 74 britischen Zahnärzten und Kieferorthopäden berufen. Sie beurteilten bei 272 Modellpaaren die Abweichungen der Okklusion anhand einer Skala von null bis acht. Die Übereinstimmung zwischen der gemittelten Meinung des Gremiums und dem PAR-Index war hoch [127] und konnte durch die Berechnung von Gewichtungsfaktoren für bestimmte Komponenten des PAR-Indexes noch gesteigert werden ( $r = 0,85$ ).