

A New Bracket System for Lingual Orthodontic Treatment

Part 2: First Clinical Experiences and Further Development

Ein neues Bracketsystem für die Lingualtechnik

Teil 2: Erste klinische Erfahrungen und Weiterentwicklung

Dirk Wiechmann¹

Abstract

Background and Method: Almost 20 months of practical application of a new lingual bracket system have revealed some clinically relevant advantages and disadvantages deriving from the original design. Numerous modifications in the design of the bracket bodies and bases have contributed towards further optimization of the appliance. The efficiency of the appliance is discussed, taking five treated cases as examples.

Results and Conclusions: The initial demands for low bracket loss rates and simplified rebonding, controlled finishing and enhanced patient comfort have been largely met by the customized design and the flexibility in the manufacture of the new appliance. However, in the triad of orthodontist, patient and appliance that is of such great importance to any orthodontic therapy, any future ideal appliance will still offer no guarantee of a successful treatment outcome.

Key Words: Lingual orthodontics · Customized bracket system · Vertical slot · Bracket manufacture · Customized archwires · Patient comfort

Introduction

1 year after presentation of the new bracket system for lingual orthodontic treatment, brief interim conclusions are drawn. In addition to detailed consideration of the existing potential on the basis of clinical examples, further developments implemented technically and clinically since the publication of Part 1 [13] are discussed.

¹Private practice, Bad Essen, Germany; Department of Orthodontics, University of Münster, Germany; Department of Orthodontics, University of Paris VII, France.

Received: June 9, 2003; accepted: July 1, 2003

Zusammenfassung

Hintergrund und Methode: Nach fast 20-monatigem Einsatz eines neuen lingualen Bracketsystems haben sich klinisch einige Vor- und Nachteile des anfänglichen Designs herauskristallisiert. Zahlreiche Modifikationen bei der Gestaltung der Bracketkörper und der Basen haben bis heute zur weiteren Optimierung der Apparatur beigetragen. Die Leistungsfähigkeit der Apparatur wird anhand von fünf Behandlungsfällen exemplarisch diskutiert.

Ergebnisse und Schlussfolgerungen: Die anfänglichen Forderungen nach geringeren Bracketverlusten und einfacherem Nachkleben, kontrollierterem Finishing und besserem Patientenkomfort konnten durch das individuelle Design und die Flexibilität bei der Herstellung der neuen Apparatur weitgehend erfüllt werden. In der für jede kieferorthopädische Behandlung wichtigen Trias aus Behandler, Patient und Behandlungsgerät wird aber auch eine zukünftig verfügbare ideale Apparatur kein Garant für einen Behandlungserfolg sein können.

Schlüsselwörter: Lingualtechnik · Individuelles Bracket-system · Vertikaler Slot · Bracketherstellung · Individuelle Bögen · Patientenkomfort

Einleitung

Nach der Vorstellung des neuen Bracketsystems für die Lingualtechnik vor 1 Jahr soll jetzt ein kurzes Zwischenresümee gezogen werden. Neben der ausführlichen Betrachtung des aktuellen Potentials anhand von klinischen Beispielen werden auch die seit Erscheinen des ersten Teils [13] technisch und klinisch umgesetzten Weiterentwicklungen diskutiert.

J Orofac Orthop 2003;64:372–88

DOI 10.1007/s00056-003-0325-4

To date, more than 600 dental arches have been bonded with the new lingual appliance at its various stages of development. 40 patients have already had the appliance removed following successful correction of their malocclusion. The treatments have been or are being carried out at seven orthodontic practices in Germany and France by orthodontists experienced in the lingual technique (postgraduate qualification in lingual orthodontics [Paris V] and/or Board Member of the European Society of Lingual Orthodontics). In addition, the bracket system described here is also covered in the postgraduate course in lingual orthodontics at the University of Paris VII (Diplôme Universitaire en Orthodontie Linguale Garancière, DUOLG).

Clinical Examples

Case 1 (Figures 1a to 1v)

1a to 1f) Woman with relapsed crowding in both arches after previous multibracket therapy and extraction of all first premolars and of tooth 31. Tooth 41 is tipped distinctly to lingual and is elongated. Adjustment requires primarily that the root be moved to lingual and downward. This patient opted for lingual orthodontic treatment for esthetic reasons [3].

1g and 1h) The conventional bracket system is used initially in both arches. The first archwire in each arch is a 0.016×0.022 inch Copper NiTi® (Ormco, Glendora, CA, USA).

1i) Following almost complete resolution of the anterior crowding through approximal enamel reduction, perfect torque correction at tooth 41 is not achieved. Despite minimal positioning thickness (TOP system), the archwire is seen to be at some distance from the teeth [12]. Nor is torque control successful with an actually overdimensioned archwire, in this case a 0.0185×0.0185 inch TMA.

1j) The labial view shows the effect of an incorrect torque on the vertical tooth position. The fact that the forces tend to be proclining rather than torquing has also contributed to the gingival recession at tooth 41. In agreement with the dental practitioner, it was decided to postpone a free mucosal transplant until the appliance had been removed.

1k) To achieve better torque control, the conventional bracket system is replaced with customized lingual brackets. The photo shows the finishing archwire (0.018×0.025 inch TiNb®; Ormco, Glendora, CA, USA) inserted subsequent to a 0.016×0.022 inch Copper NiTi®. The finishing archwire is noticeably closer to the teeth.

1l) Correction of the torque has improved the vertical tooth position too. The controlled root movement to lingual and downward has prevented further deterioration of the recession.

1m and 1n) Situation immediately before debonding.

1o to 1t) Outcome after a 16-month treatment period.

1u and 1v) Occlusion control from lingual.

Bis heute wurden mehr als 600 Kiefer mit den verschiedenen Entwicklungsstufen der neuen lingualen Apparatur beklebt. Bei 40 Patienten wurde nach erfolgter Korrektur der Zahnstellungsanomalie die Apparatur bereits wieder entfernt. Die Behandlungen wurden und werden in insgesamt sieben kieferorthopädischen Praxen in Deutschland und Frankreich von in der Lingualtechnik erfahrenen Kollegen (postgraduiert in Lingualer Orthodontie, Universität Paris V, und/oder Board Member der European Society of Lingual Orthodontics) durchgeführt. Zudem wird das System auch im postgraduierten Studiengang für Linguale Orthodontie der Universität Paris VII (Diplôme Universitaire en Orthodontie Linguale Garancière, DUOLG) eingesetzt.

Klinische Beispiele

Fall 1 (Abbildungen 1a bis 1v)

1a bis 1f) Erwachsene Patientin mit Engstandrezidiv in beiden Kiefern nach vorheriger Multibandtherapie und Extraktion der oberen ersten Prämolaren sowie des Zahnes 31. Der Zahn 41 ist deutlich nach lingual gekippt und verlängert. Die Einstellung erfordert in erster Linie eine Bewegung der Wurzel nach linguokaudal. Die Patientin hat sich aus ästhetischen Gründen für die Lingualtechnik entschieden [3].

1g und 1h) In beiden Kiefern wird zunächst das herkömmliche Bracketsystem eingesetzt. Der erste Bogen ist jeweils ein 0.016×0.022 inch Copper NiTi® (Ormco, Glendora, CA, USA).

1i) Nach weitestgehender Auflösung des frontalen Engstandes und approximaler Schmelzreduktion gelingt die perfekte Torquekorrektur an Zahn 41 nicht. Es wird deutlich, wie weit der Bogen trotz minimaler Positionierungsdicke (TOP-System) von den Zähnen entfernt ist [12]. Auch mit einem eigentlich überdimensionierten Bogen, in diesem Fall ein 0.0185×0.0185 inch TMA, gelingt die Torquekontrolle nicht.

1j) Von labial erkennt man die Auswirkung eines falschen Torques auf die vertikale Zahnstellung. Wohl auch durch die eher proklinierenden Kräfte ist es zu einer Gingivarezeption an Zahn 41 gekommen. In Abstimmung mit dem Hauszahnarzt wurde entschieden, mit einem freien Schleimhauttransplantat bis nach der Entfernung der Apparatur zu warten.

1k) Um eine bessere Torquekontrolle zu erzielen, wird das herkömmliche Bracketsystem durch individuelle Lingualbrackets ersetzt. Das Bild zeigt den Finishingbogen (0.018×0.025 inch TiNb®; Ormco, Glendora, CA, USA), der im Anschluss an einen 0.016×0.022 inch Copper NiTi® eingesetzt wurde. Der Bogen liegt erkennbar dichter an den Zähnen.

1l) Durch die Korrektur des Torques ist ebenfalls die vertikale Zahnposition verbessert worden. Die kontrollierte Wurzelbewegung nach linguokaudal hat einer weiteren Verschlechterung der Rezeption entgegengewirkt.



Figure 1a – Abbildung 1a



Figure 1b – Abbildung 1b



Figure 1c – Abbildung 1c



Figure 1d – Abbildung 1d



Figure 1e – Abbildung 1e



Figure 1f – Abbildung 1f



Figure 1g – Abbildung 1g



Figure 1h – Abbildung 1h

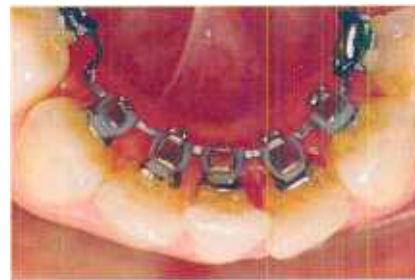


Figure 1i – Abbildung 1i



Figure 1j – Abbildung 1j



Figure 1k – Abbildung 1k



Figure 1l – Abbildung 1l



Figure 1m – Abbildung 1m



Figure 1n – Abbildung 1n



Figure 1o – Abbildung 1o



Figure 1p – Abbildung 1p



Figure 1q – Abbildung 1q



Figure 1r – Abbildung 1r



Figure 1s – Abbildung 1s



Figure 1t – Abbildung 1t



Figure 1u – Abbildung 1u



Figure 1v – Abbildung 1v

Figures 1a to 1v – Abbildungen 1a bis 1v

Case 2 (Figures 2a to 2p)

2a to 2d) Adolescent boy with crowding in both dental arches and distal bite relation in the canine region. The patient opted for lingual orthodontic treatment for esthetic reasons.

2e and 2f) The first archwire inserted in each of the arches is a 0.016 × 0.022 inch Copper NiTi®.

2g and 2h) Following resolution of the anterior crowding, the distal bite is corrected with intermaxillary elastics at the 0.016 × 0.022 CoCr (Azurloy™; Ormco, Glendora, CA, USA). Because of the unfavorably designed canine brackets, neither the patient nor the orthodontist succeeded in fitting the elastics onto the hooks. Kobayashi ligatures have to be used in addition. Slot-filling finishing archwires can be dispensed with in this case.

2i to 2n) Outcome after a 9-month treatment period.

2o and 2p) Occlusion control from lingual.

Case 3 (Figures 3a to 3r)

3a to 3f) 30-year-old woman with anterior crowding and bilateral Class I malocclusion. The patient opted for a lingual appliance for esthetic reasons.

1m und 1n) Situation direkt vor der Entfernung der Brackets.

1o bis 1t) Behandlungsergebnis nach 16-monatiger Behandlung.

1u und 1v) Okklusionskontrolle von lingual.

Fall 2 (Abbildungen 2a bis 2p)

2a bis 2d) Jugendlicher Patient mit Engständen in beiden Kiefern und distaler Bissbeziehung im Eckzahnbereich. Der Patient hat sich aus ästhetischen Gründen für die Lingualtechnik entschieden.

2e und 2f) Als erster Bogen wird in beiden Kiefern ein 0.016 × 0.022 inch Copper NiTi® eingesetzt.

2g und 2h) Nach Auflösung der Engstände erfolgt die Korrektur der Distalbisslage mit intermaxillären Gummizügen am 0.016 × 0.022 CoCr (Azurloy™; Ormco, Glendora, CA, USA). Aufgrund des unvorteilhaften Designs der Eckzahnbrackets sind weder Patient noch Behandler in der Lage, die Gummis an den Hooks einzuhängen. Es müssen zusätzlich Kobayashi-Ligaturen angebracht werden. Auf slotfüllende Bögen zum Finishing kann in diesem Fall verzichtet werden.



Figure 2a – Abbildung 2a



Figure 2b – Abbildung 2b



Figure 2c – Abbildung 2c



Figure 2d – Abbildung 2d

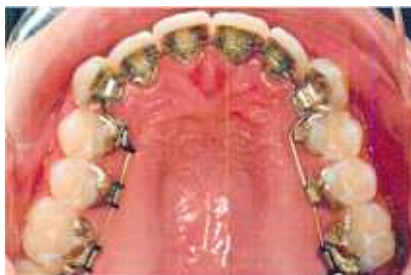


Figure 2e – Abbildung 2e



Figure 2f – Abbildung 2f



Figure 2g – Abbildung 2g



Figure 2h – Abbildung 2h

3g) In the first version the buccal brackets still had a horizontal insertion direction. The first archwire is a 0.016×0.022 inch Copper NiTi® which is substantially deflected in the anterior section. For more pronounced malocclusions a round 0.016 inch Copper NiTi® is also available. The bite plateau at the canines is an optional feature. Especially in the anterior region, the archwire runs extremely close to the tooth surface.

3h) Three months later: the situation already shows a distinct improvement over the initial findings.

3i) The first archwire inserted in the lower arch is also a 0.016×0.022 inch Copper NiTi®. Space is to be created by inserting advancement stops in front of the first molars (arrows). Despite the pronounced crowding, all brackets could be bonded in one bonding process. Note the customized size of the bases and the distal bracket placement especially at the canines.

3j) 3 months later, the anterior crowding is almost resolved. Note how close the archwire runs to the teeth in

2i bis 2n) Behandlungsergebnis nach 9-monatiger Behandlungsdauer.

2o und 2p) Okklusionskontrolle von lingual.

Fall 3 (Abbildungen 3a bis 3r)

3a bis 3f) 30-jährige Patientin mit frontalem Engstand und beidseitiger Klasse-I-Verzahnung. Die Patientin hat sich aus ästhetischen Gründen für eine linguale Apparatur entschieden.

3g) In der ersten Version hatten die Seitenzahnbrackets noch eine horizontale Einschubrichtung. Der erste Bogen ist ein 0.016×0.022 inch Copper NiTi®, der im vorderen Anteil erheblich deflektiert ist. Bei ausgeprägteren Fehlständen steht auch ein runder 0.016 inch Copper NiTi® zur Auswahl. Das Aufbissplateau an den Eckzähnen kann optional entfallen. Besonders im Frontzahnbereich verläuft der Bogen extrem dicht an der Zahnoberfläche.

3h) Der Ausgangsbefund hat sich 3 Monate später bereits deutlich verbessert.

3i) Im Unterkiefer ist als erster Bogen ebenfalls ein 0.016×0.022 inch Copper NiTi® eingesetzt. Zur Platzbe-



Figure 2i – Abbildung 2i



Figure 2j – Abbildung 2j



Figure 2k – Abbildung 2k



Figure 1l – Abbildung 1l



Figure 2m – Abbildung 2m



Figure 2n – Abbildung 2n



Figure 2o – Abbildung 2o

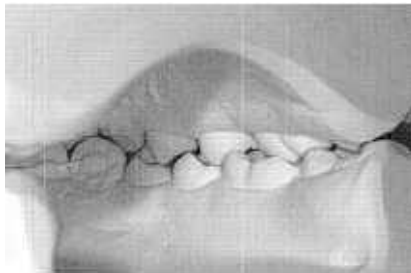


Figure 2p – Abbildung 2p

Figures 2a to 2p – Abbildungen 2a bis 2p

this arch too. The bases of the two canine brackets are clearly recessed at the mesial aspect.

3k to 3p) Situation after debonding. Total treatment time: 11 months.

3q and 3r) Occlusion control from lingual.

Case 4 (Figures 4a to 4q)

4a to 4f) Adult male with crowding in both arches and anterior edge-to-edge bite. Note the pronounced abrasions. Following analysis in a diagnostic set-up, the maxillary crowding is to be resolved by expansion and proclination, and tooth 31 is to be extracted. The patient opted for a lingual appliance for esthetic reasons.

4g) The first archwire to be inserted in the upper arch is a round 0.016 inch Copper NiTi®. In the buccal region the slots are already adapted to the vertical insertion direction.

4h) Following the extraction of tooth 31, the first archwire inserted is a 0.016 × 0.022 inch Copper NiTi®. The slots of 1st generation buccal brackets still have a horizontal insertion direction. In comparison, these bracket bod-

schaffung werden Advancement-Stops vor den ersten Molaren eingesetzt (Pfeile). Trotz des ausgeprägten Engstands konnten alle Brackets in einem Klebevorgang geklebt werden. Besonders bei den Eckzähnen ist die individuelle Ausdehnung der Basen und die distale Bracketplatzierung zu erkennen.

3j) Der frontale Engstand ist 3 Monate später annähernd aufgelöst. Auch hier ist der eng anliegende Verlauf des Bogens an den Zähnen zu erkennen. Die Basen der beiden Eckzahnbrackets sind mesial deutlich ausgespart.

3k bis 3p) Situation nach Entbänderung. Die Behandlungsdauer betrug insgesamt 11 Monate.

3q und 3r) Okklusionskontrolle von lingual.

Fall 4 (Abbildungen 4a bis 4q)

4a bis 4f) Erwachsener Patient mit Engständen in beiden Kiefern und frontalem Kopfbiss. Es sind ausgeprägte Abrasionen zu erkennen. Nach Abklärung durch ein diagnostisches Set-up soll der Engstand im Oberkiefer durch transversale Nachentwicklung und Proklinierung aufgelöst wer-



Figure 3a – Abbildung 3a



Figure 3b – Abbildung 3b



Figure 3c – Abbildung 3c



Figure 3d – Abbildung 3d



Figure 3e – Abbildung 3e



Figure 3f – Abbildung 3f



Figure 3g – Abbildung 3g



Figure 3h – Abbildung 3h

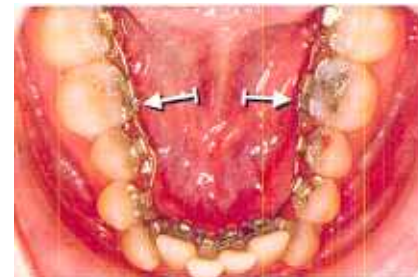


Figure 3i – Abbildung 3i



Figure 3j – Abbildung 3j

ies have not such a low profile as those in the upper arch. For esthetic reasons teeth 32 and 41 were built up with composite towards the space.

4i) The second archwire inserted in the upper arch is a 0.016 × 0.022 inch Copper NiTi®. The power chain supports the derotation of tooth 21, which is otherwise dependent on the archwire. Because of the initial crowding, the bracket base at this tooth is recessed at the mesial aspect. The bracket body itself is clearly displaced to distal on the base.

den, im Unterkiefer wird der Zahn 31 extrahiert. Der Patient hat sich aus ästhetischen Gründen für eine linguale Apparatur entschieden.

4g) Als erster Bogen wird im Oberkiefer ein runder 0.016 inch Copper NiTi® eingesetzt. Im Seitenzahngebiet sind die Slots schon auf die vertikale Einschubrichtung umgestellt.

4h) Nach der Extraktion von Zahn 31 wird als erster Bogen ein 0.016 × 0.022 inch Copper NiTi® eingesetzt. Bei der ersten Generation von Seitenzahnbrackets haben die Slots noch eine horizontale Einschubrichtung. Im Vergleich tragen diese Bracketkörper stärker auf als die im Oberkiefer. Zur Verbesserung der Ästhetik wurden die Zähne 32 und 41 zur Lücke hin mit Komposit verbreitert.

4i) Als zweiter Bogen wird im Oberkiefer ein 0.016 × 0.022 inch Copper NiTi® eingesetzt. Die Gummikette unterstützt die sonst nur bogengeführte Derotation von Zahn 21. Die Bracketbasis ist an diesem Zahn wegen des anfänglichen Engstandes mesial ausgespart. Der



Figure 3k – Abbildung 3k



Figure 3l – Abbildung 3l



Figure 3m – Abbildung 3m



Figure 3n – Abbildung 3n



Figure 3o – Abbildung 3o



Figure 3p – Abbildung 3p



Figure 3q – Abbildung 3q



Figure 3r – Abbildung 3r

Figures 3a to 3r – Abbildungen 3a bis 3r

4j) Residual space closure in the lower arch, using a stable 0.016 × 0.022 archwire (Azurloy™; Ormco, Glendora, CA, USA).

4k to 4o) Outcome after an 11-month treatment period.

4p and 4q) Occlusion control from lingual.

Case 5 (Figures 5a to 5t)

5a to 5f) Adult female with pronounced crowding in both arches with neutroclusion on the left and distocclusion on the right. A lingual appliance was used because of the marked decalcifications of the buccal surfaces [10]. Teeth 14, 24, 35 and 45 were extracted.

5g) The first premolars are first distalized at the 0.016 × 0.022 inch Copper NiTi® archwire, using power chains. Due to the extreme crowding, only the canines can be ligated initially.

5h) Following complete resolution of the anterior crowding, residual space closure is performed with a 0.016 × 0.022 inch steel archwire.

Bracketkörper selbst ist auf der Basis deutlich nach distal versetzt.

4j) Restlückenschluss im Unterkiefer am stabilen 0.016 × 0.022 Azurloy™ (Ormco, Glendora, CA, USA).

4k bis 4o) Behandlungsergebnis nach 11-monatiger Behandlungsdauer.

4p und 4q) Okklusionskontrolle von lingual.

Fall 5 (Abbildungen 5a bis 5t)

5a bis 5f) Erwachsene Patientin mit ausgeprägten Engständen in beiden Kiefern bei neutraler Bisslage links und Distalokklusion rechts. Aufgrund der deutlichen Entkalkungen der vestibulären Zahnoberflächen wird eine linguale Apparatur eingesetzt [10]. Die Zähne 14, 24, 35 und 45 werden extrahiert.

5g) Am 0.016 × 0.022 inch Copper NiTi® werden zunächst mittels Gummiketten die ersten Prämolaren distalisiert. Aufgrund des extremen Engstandes können zunächst nur die Eckzähne einligiert werden.



Figure 4a – Abbildung 4a



Figure 4b – Abbildung 4b



Figure 4c – Abbildung 4c



Figure 4d – Abbildung 4d



Figure 4e – Abbildung 4e



Figure 4f – Abbildung 4f



Figure 4g – Abbildung 4g



Figure 4h – Abbildung 4h

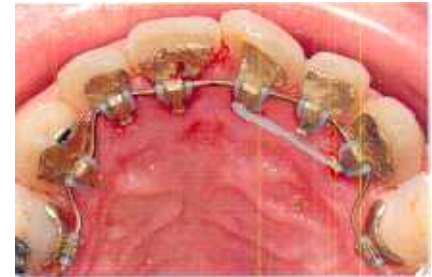


Figure 4i – Abbildung 4i

5i) Finishing on completion of space closure is done with a slot-filling 0.018 × 0.025 inch Copper NiTi® archwire. This dispenses with additional correction bends in the finishing process.

5j) To resolve the anterior crowding, the canines are first distalized at the 0.016 × 0.022 inch Copper NiTi® archwire by means of power chains. To prevent proclination, the incisors are initially not ligated in the upper arch either.

5k) Complete alignment of the anterior segment is followed by residual space closure at the 0.016 × 0.022 inch steel archwire. Intermaxillary elastics are used to correct the distal bite on the right. Note that the bracket bodies of the upper left incisors have been distally displaced on the bases.

5l) Finishing is done with a 0.017 × 0.025 inch TiNb® archwire. There is no need for additional correction bends.

5m to 5r) Situation immediately after debonding. Total treatment time: 18 months.

5s and 5t) Occlusion control from lingual.

5h) Nach der kompletten Auflösung der frontalen Engstände erfolgt der Restlückenschluss am 0.016 × 0.022-inch-Stahlbogen.

5i) Zur Feineinstellung nach erfolgtem Lückenschluss wird ein slotfüllender 0.018 × 0.025 inch Copper NiTi® eingesetzt. Auf zusätzliche Korrekturbiegungen im Finishing kann verzichtet werden.

5j) Zur Auflösung der frontalen Engstände werden zunächst die Eckzähne am 0.016 × 0.022 inch Copper NiTi® mittels Gummiketten distalisiert. Um ein Proklinieren der Frontzähne zu vermeiden sind diese auch im Oberkiefer zunächst nicht einligiert.

5k) Nach der kompletten Ausformung der Front erfolgt der Restlückenschluss am 0.016 × 0.022-inch-Stahlbogen. Zur Korrektur der rechtsseitigen Distalbisslage werden intermaxilläre Gummizüge eingesetzt. Es ist zu erkennen, dass die Brackets der oberen linken Schneidezähne auf den Basen nach distal versetzt positioniert wurden.

5l) Zur Feineinstellung wird schließlich ein 0.017 ×



Figure 4j – Abbildung 4j



Figure 4k – Abbildung 4k



Figure 4l – Abbildung 4l



Figure 4m – Abbildung 4m



Figure 4n – Abbildung 4n



Figure 4o – Abbildung 4o



Figure 4p – Abbildung 4p



Figure 4q – Abbildung 4q

Figures 4a to 4q – Abbildungen 4a bis 4q

Discussion

One essential precondition for effective further development and improvement is that any weak points are recognized and subjected to critical consideration. A more precise analysis of the advantages of the new lingual appliance set out in Part 1 against the background of numerous ongoing and completed lingual cases would thus appear to be the logical next step.

Low-profile Design

The enhanced patient comfort to be expected from the markedly lower profile of the lingual appliance has been confirmed at a significant level in prospectively designed studies [5, 6]. Subjective assessments by patients indicate that speech is considerably less impaired with the new bracket system [5]. Overall, this results in a shorter adaptation period.

0.025 inch TiNb® eingesetzt. Auf zusätzliche Korrekturbiegungen kann verzichtet werden.

5m bis 5r) Situation direkt nach Entfernung der Apparatur. Die Behandlungsdauer betrug insgesamt 18 Monate.

5s und 5t) Okklusionskontrolle von lingual.

Diskussion

Eine wesentliche Voraussetzung für eine effektive Weiterentwicklung und Verbesserung ist das Erkennen von noch bestehenden Schwächen und die kritische Auseinandersetzung damit. Eine genauere Analyse der im ersten Teil propagierten Vorteile der neuen lingualen Apparatur vor dem Hintergrund zahlreicher laufender und fertig behandelter Patientenfälle erscheint somit der sinnvolle nächste Schritt zu sein.

Flaches Design

Die aufgrund der deutlichen Reduzierung des Profils der lingualen Apparatur zu erwartende Verbesserung des Pati-



Figure 5a – Abbildung 5a



Figure 5b – Abbildung 5b



Figure 5c – Abbildung 5c



Figure 5d – Abbildung 5d



Figure 5e – Abbildung 5e



Figure 5f – Abbildung 5f



Figure 5g – Abbildung 5g



Figure 5h – Abbildung 5h



Figure 5i – Abbildung 5i



Figure 5j – Abbildung 5j



Figure 5k – Abbildung 5k



Figure 5l – Abbildung 5l

Further modifications to the bracket body design have made the profile even lower in the buccal region (Figure 6). As the bite plateaus in the upper canine region are not always necessary, they are optional in the latest version, as are the hooks at the second molars. The relatively short hooks at the incisor brackets have proved to have poor clinical handling properties. Ligating by means of a German Overtie was found to be difficult in some cases, and the additional attachment of a power chain, for example,

entenkommforts konnte in mehreren prospektiv angelegten Untersuchungen als signifikant nachgewiesen werden [5, 6]. Nach Einschätzung durch die Patienten ist die Beeinträchtigung der Sprache mit dem neuen Bracketsystem erheblich geringer [5]. Insgesamt resultiert daraus auch eine kürzere Eingewöhnungszeit.

Durch weitere Modifikationen am Design der Bracketkörper konnte eine zusätzliche Reduzierung des Profils im Seitenzahnbereich erzielt werden (Abbildung 6). Die Auf-



Figure 5m – Abbildung 5m



Figure 5n – Abbildung 5n



Figure 5o – Abbildung 5o

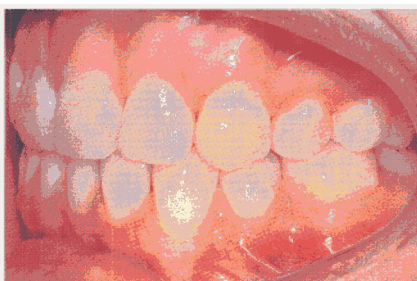


Figure 5p – Abbildung 5p



Figure 5q – Abbildung 5q



Figure 5r – Abbildung 5r



Figure 5s – Abbildung 5s



Figure 5t – Abbildung 5t

Figures 5a to 5t – Abbildungen 5a bis 5t

often impossible. Further developments in the positioning software now permit the use of distinctly longer hooks that nevertheless do not increase the profile, as they can be aligned at different angles to the bracket body (Figure 7).

Rebonding

„A larger base provides for greater bond strength“ [13]. The fact that this was not invariably so was reflected in the very first cases, where the bracket loss rate during the overall treatment time was well above that of the system previously used. In the meantime a proven reversal of this trend has resulted from the changes outlined below.

Despite the above-average Vickers hardness of the alloy used, the bracket bases were initially clearly too soft. This meant that the bases of lost brackets were often bent, making bracket rebonding more difficult. Adding 0.1 mm to the bracket base to provide the present thickness of 0.4 mm and using an even harder alloy with a high gold content (Vickers hardness originally: 235 kp/mm², now: 310 kp/mm²) has provided a clinically relevant improvement.

bissplateaus im Bereich der Oberkiefer Eckzähne sind nicht in jedem Fall notwendig und können in der aktuellen Version ebenso wie die Hooks an den zweiten Molaren optional entfallen. Als im klinischen Handling unzureichend haben sich die relativ kurzen Hooks an den Frontzahnbrackets erwiesen. Das Einligieren mittels German-Overtie gestaltete sich in einigen Fällen als schwierig, das zusätzliche Anbringen zum Beispiel einer Gummikette war vielfach unmöglich. Durch Weiterentwicklungen in der Positionierungssoftware ist es heute möglich, deutlich längere Hooks zu verwenden, die aber trotzdem nicht mehr aufragen, da sie in unterschiedlichen Winkeln zum Bracketkörper ausgerichtet werden können (Abbildung 7).

Nachkleben

„Eine größere Basis bietet auch eine größere Verbundfestigkeit“ [13]. Dass dies nur zum Teil der Realität entspricht, zeigte sich an den allerersten Fällen, bei denen die Bracketverlustrate über die gesamte Behandlungszeit betrachtet, deutlich über der des vorher eingesetzten Systems



Figure 6. State-of-the-art version (June 2003) of a set of maxillary brackets directly after bonding. The round 0.016 inch Copper NiTi® archwire is inserted from occlusal into the vertical slots. The archwire still runs ribbonwise. Although the hooks are longer, they no longer increase the profile thickness.

Abbildung 6. Aktuelle Version (Stand Juni 2003) eines Oberkieferbracketsatzes direkt nach dem Kleben. Der runde 0.016 inch Copper NiTi® wird von okklusal in die vertikalen Slots eingesetzt. Die Bogenausrichtung ist nach wie vor „ribbonwise“. Die Hooks sind länger, tragen aber nicht mehr auf.

A further change from the original procedure is the preliminary coating of the bracket bases with a microscopically thin plastic film; this is done in the laboratory. As the bracket bases are without a reticular structure, they first have to be treated in all events with silane to increase the metal/plastic bond strength, as is done with Maryland bridges. In the Rocotec™ system (3M ESPE, Seefeld, Germany) this involves three steps: The base is first sandblasted, then silica-coated, and then activated with silane. Performing this procedure in the orthodontic practice has, however, proved to be impractical and adds substantially to chairside time. With the bases now being coated from the very outset in the laboratory, the clinical indirect bonding procedure no longer differs from bonding procedures with prefabricated brackets and can be performed with an unfilled acrylic or with fiberglass-reinforced glass ionomer cement [2, 4, 11].

The bracket loss rate is determined not only by the absolute bond strength but also by the occlusion and articulation and the resulting premature contacts on the brackets [1]. Exceptionally high loss rates were recorded in patients with premature contacts at the occlusal margins of the bracket bases in the buccal region. In order to prevent premature contacts of this kind, a precise analysis of the occlusal contacts during maximum intercuspitation and articulation is now performed prior to the size of the bases being fixed. The bases are then designed in such a way as to prevent deflexive oc-

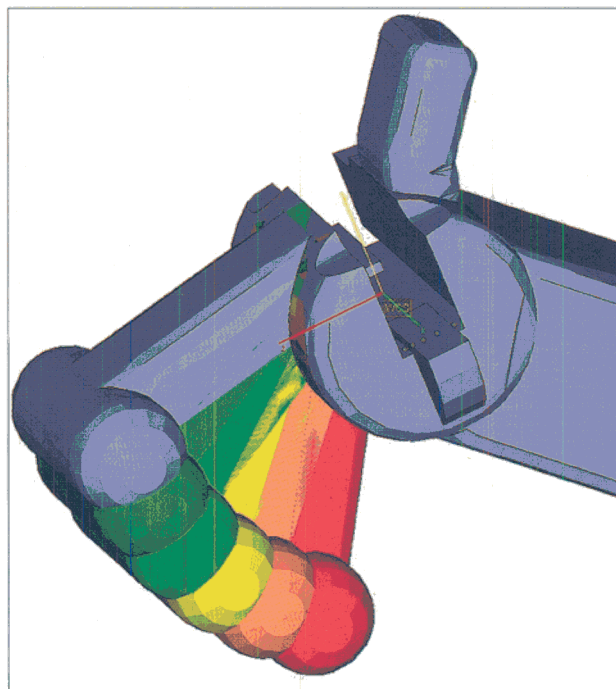
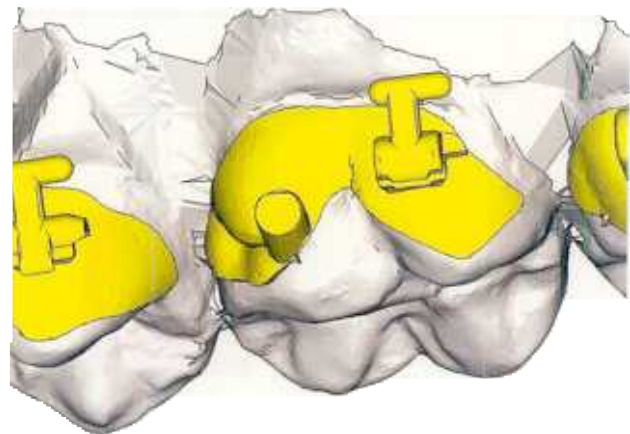


Figure 7. State-of-the-art body of a maxillary incisor bracket. The hook can be set at varying angulations. In this version, ligating can be done with a simple elastic module or with a German Overtie. The slot is no longer aligned with the tooth surface as with the torqued archwire but runs ribbonwise along the entire length of the dental arch.

Abbildung 7. Aktueller Bracketkörper eines Oberkieferfrontzahnbrackets. Der Hook kann in variablen Winkelstellungen angesetzt werden. Bei dieser Version ist das Einligieren mit einem einfachen elastischen Modul sowie mit einem German-Overtie möglich. Die Slotausrichtung folgt nicht mehr der Zahnoberfläche wie beim Tribünenbogen, sondern ist über den gesamten Zahnbogen „ribbonwise“.

lag. Bis heute hat sich dieser Sachverhalt durch die im Folgenden beschriebenen Veränderungen nachweislich in das Gegenteil verkehrt.

Offensichtlich war anfangs die Basis der Brackets trotz der überdurchschnittlich hohen Vickers-Härte der eingesetzten Legierung zu weich. Bei abgelösten Brackets war die Basis häufig verbogen, was das Wiederbefestigen schwieriger machte. Durch die Verstärkung der Bracketbasis um 0,1mm auf nun 0,4 mm und die Verwendung einer noch härteren hochgoldhaltigen Legierung (Vickers-Härte vorher: 235 kp/mm², jetzt: 310 kp/mm²) ist es zu einer im klinischen Gebrauch erkennbaren Verbesserung gekommen. Eine weitere Veränderung gegenüber dem anfänglichen Prozedere ist die im Labor durchgeführte Vorbeschichtung der Bracketbasen mit einem hauchdünnen Kunststofffilm. Da die Bracketbasen keine Netzstruktur aufweisen, ist zur Erhöhung der Verbundfestigkeit zwischen Metall und Kunststoff wie bei Marylandbrücken in



Figures 8a and 8b. a) When specifying the bracket base size, both the malocclusion models and the set-up models are analyzed. Especially at tooth 16 the base must not project too far to occlusal. Control with brackets in situ prior to production of the transfer tray. b) The antagonistic contacts have been taken into account in the design of the base for tooth 16.

Abbildungen 8a und 8b. a) Bei der Festlegung der Ausdehnung der Bracketbasen werden sowohl die Malokklusionsmodelle als auch die Set-up-Modelle analysiert. Besonders an Zahn 16 darf die Basis nicht zu weit nach okklusal ragen. Kontrolle mit aufgesetzten Brackets vor der Herstellung der Übertragungstrays. b) Beim Design der Basis des Zahnes 16 sind die antagonistischen Kontakte berücksichtigt worden.

clusal contact in the buccal region between the bracket bases and an antagonistic cusp, both in the initial situation immediately after bonding and in the target concept of the occlusion defined by the set-up model (Figures 8a and 8b). After the bonding process, the occlusion and articulation should undergo a clinical check and premature contacts in the buccal region should be eliminated.

Finishing

Together with the reduced positioning thickness resulting from the lower-profile design, the enhanced precision of the bracket slot has led to the greater torque control expected in the finishing process. As shown in Figures 1a to 1v, correction of the anterior crowding in the lower arch was not readily achieved with the conventional bracket system despite a nominally more than slot-filling archwire (0.0185 × 0.0185 inch TMA) being used. Achieving adequate lingual root torque would have involved an additional torque bend for tooth 41 [7, 14]. However, this overcorrection would have made the archwire very difficult to ligate at that tooth and at the two teeth adjacent to it (Figure 1i). Replacement of the bracket system resulted in the correct torque within a matter of weeks with no additional overcorrection. A comparison of Figures 1i and 1k reveals how much closer to the tooth the archwire runs in the new bracket system (reduced positioning thickness). The shorter lever arm and the more precise slot dimension give the orthodontist better three-dimensional control [8]. The tolerance in slot dimension guaranteed by the manufacturer for the individual brackets is only 0.0003 inch, meaning a tolerance range of 0.0180

jedem Fall ein Silanisierungsverfahren erforderlich. Beim Rocatec™ System (3M ESPE, Seefeld, Deutschland) besteht dieser aus drei Schritten. Zunächst wird die Basis sandgestrahlt, anschließend mit dem Rocatec-Pulver silikatisiert und schließlich mit einem Silan aktiviert. Die Durchführung dieses Prozederes am Behandlungsstuhl hat sich jedoch als unpraktisch herausgestellt und verlängert die Stuhlzeit erheblich. Durch die sofortige Beschichtung der Basen im Labor unterscheidet sich heute das klinische Vorgehen beim indirekten Kleben nicht mehr vom Klebevorgang konfektionierter Brackets und kann sowohl mit einem ungefüllten Kunststoff als auch mit kunststoffverstärktem Glasionomerzement durchgeführt werden [2, 4, 11].

Die Anzahl der Bracketverluste wird neben der absoluten Verbundfestigkeit aber auch durch die Okklusion und Artikulation und die sich daraus ergebenden Vorkontakte auf den Brackets mitbestimmt [1]. Besonders hohe Verlustraten waren bei Vorkontakten auf den okklusalen Rändern der Bracketbasen im Seitenzahngebiet zu verzeichnen. Um derartige Vorkontakte zu vermeiden, wird heute vor dem Festlegen der Ausdehnung der Basen eine genaue Analyse der Okklusionskontakte in maximaler Interkuspidation und Artikulation durchgeführt. Die Basen werden anschließend so gestaltet, dass sowohl für die initiale Situation direkt nach dem Bekleben als auch für die durch das Set-up-Modell definierte Zielvorstellung der Okklusion, im Seitenzahngebiet Interferenzen zwischen den Bracketbasen und einem antagonistischen Höcker vermieden werden (Abbildungen 8a und 8b). Nach dem Kleben sollten ferner die Okklusion und Artikulation

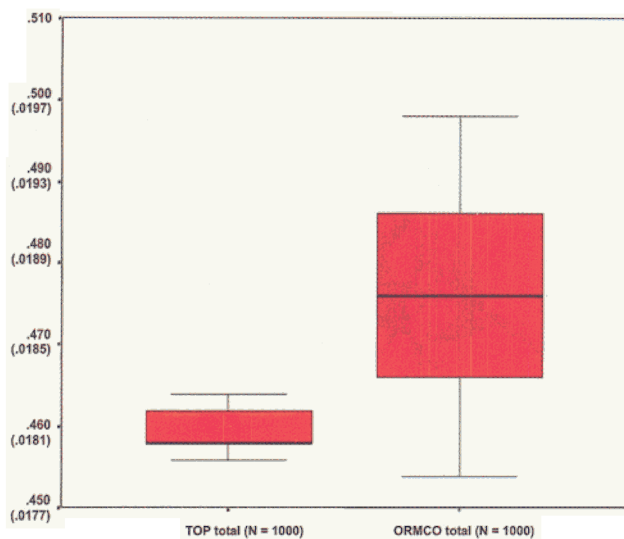


Figure 9. Slot dimension of customized lingual brackets and 7th generation Ormco lingual brackets. 1000 slots of each type were measured. Boxplot representation.

Abbildung 9. Slotdimension der individuellen Lingualbrackets und der Ormco-Lingualbrackets der siebten Generation. Es wurden jeweils 1000 Slots gemessen. Darstellung als Boxplots.

inch to 0.0183 inch for the new bracket system (Figure 9). To ensure that this is adhered to, all slots undergo subsequent manual measurement. If a slot is primarily too small, it undergoes precision enlargement with a broaching tool. If it is too large, the bracket has to be refabricated (Figures 10 and 11). DIN 13971-2 prescribes tolerances of 0.0016 inch (between 0.0181 inch and 0.0197 inch) for bracket slots in Germany. As measurements

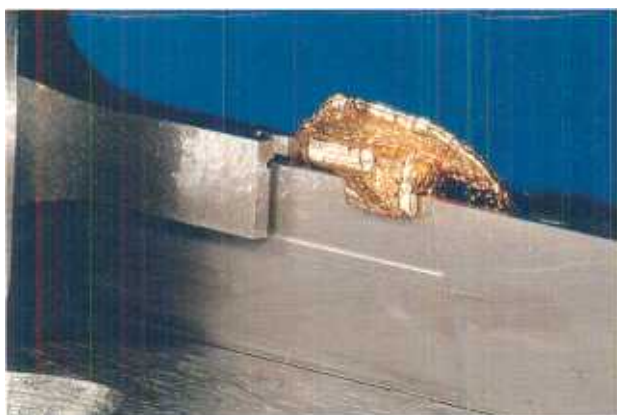


Figure 10. Broaching tool for precision expansion of the bracket slot. The bracket is pushed over the precision cutting blades with a kind of levering device.

Abbildung 10. Räumnadel zur exakten Erweiterung des Bracketslots. Das Bracket wird mit einer Art Hebelvorrichtung über die Präzisionsschneiden geschoben.

überprüft und Vorkontakte im Seitenzahngebiet entfernt werden.

Finishing

Die größere Präzision bei der Herstellung der Bracketslots hat zusammen mit der reduzierten Positionierungsdicke aufgrund des flacheren Designs zu der erwarteten größeren Torquekontrolle im Finishing geführt. Wie die Abbildungen 1a bis 1v zeigen, ist die Korrektur des frontalen Engstands im Unterkiefer mit dem herkömmlichen Bracketssystem trotz des Einsatzes eines nominell schon mehr als slotfüllenden Bogens (0.0185 × 0.0185 inch TMA) nur schwer möglich. Es hätte einer zusätzlichen Torquebiegung für den Zahn 41 bedurft, um einen ausreichenden lingualen Wurzel torque einzustellen [7, 14]. Mit dieser Überkorrektur wäre der Bogen jedoch bei dem betreffenden Zahn und seinen beiden Nachbarzähnen nur sehr schwer einzuligieren gewesen (Abbildung 1i). Nach dem Austausch des Bracketsystems stellte sich der korrekte Torque ohne eine zusätzliche Überkorrektur innerhalb weniger Wochen ein. Bei dem Vergleich der Abbildungen 1i und 1k zeigt sich, um wie vieles dichter der Bogen bei dem neuen Bracketssystem am Zahn verläuft (reduzierte Positionierungsdicke). Durch den kürzeren Hebelarm und die präzisere Slotdimension hat der Behandler eine bessere dreidimensionale Kontrolle [8]. Herstellerseits werden für die individuellen Brackets Dimensionstoleranzen im Slot von nur 0.0003 inch garantiert. Es ergibt sich somit für das neue Bracketssystem eine Toleranzspanne von 0.0180 inch bis 0.0183 inch (Abbildung 9). Um diese einzuhalten werden alle Slots manuell nachgemessen. Primär zu kleine Slots werden mit einer Räumnadel präzise erweitert, ist der Slot zu groß, muss das



Figure 11. Customized lingual bracket with 0.018 × 0.025 inch steel archwire inserted. Note that the archwire has hardly any play.

Abbildung 11. Individuelles Lingualbracket mit eingesetztem 0.018 × 0.025-inch-Stahlbogen. Es ist zu erkennen, dass der Bogen kaum Spiel hat.

registered at 1000 Ormco lingual brackets show, this tolerance range is exploited to the full (Figure 9). Reducing the tolerance range for the slot to less than one-fifth of the previous value has made the finishing process with the new system more predictable (Figures 1 to 5).

Vertical Slot in the Anterior Region

The archwire which is torqued in its anterior section and has slots running parallel to the tooth surface has failed to assert itself in routine clinical practice. All archwires used today are oriented ribbonwise in all sections. However, modifications in the positioning software rule out any thickening of the appliance profile. Drawbacks of the torqued archwire were the obviously greater friction between bracket and archwire when using a German Overtie and complete dependence on computer-assisted bending technology when using rectangular wires [9].

Modular System and Rapid Prototyping

What was originally regarded as merely a means to an end has meanwhile proved to be one of the most promising differences from conventional procedures: appliance production using machines from the high-end range of Rapid Prototyping in a digital laboratory. Whereas subsequent corrections involve the investment of major resources once the decision has been made for a definitive design in conventional manufacturing processes, the production method presented here permits any clinical shortcomings to be rectified immediately, i.e. to the benefit of the very next patient. In addition, the appliance can be tailored both to the existing malocclusion and to the preference of the respective orthodontist (Figure 6).

Conclusions

With a track record comprising more than 600 bonded arches and more than 18 months of clinical testing, the following points can be made with respect to the objectives set for the lingual bracket system presented here.

1. In comparison with conventional appliances, the patient's adaptation phase is now shorter.
2. Single brackets can be rebonded directly, without a transfer tray having to be used.
3. The number of finishing bends has been reduced.

Despite these results, which are rewarding for both the orthodontist and the patient, treatment with a lingual appliance is set to remain an orthodontic challenge.

References

1. Diedrich P. Die linguale Bracketfixation – Problematik und erste klinische Erfahrungen. *Fortschr Kieferorthop* 1984;45:65–76.
2. Fillion D. Up-to-date lingual indirect bonding procedure. *J Ling Orthod* 1999;1:4–8.

Bracket neu angefertigt werden (Abbildungen 10 und 11). Nach DIN 13971-2 werden in Deutschland Toleranzen für Bracketslots von 0.0016 inch (zwischen 0.0181 inch und 0.0197 inch) gefordert. Wie Messungen an 1000 Lingualbrackets der Fa. Ormco zeigen, schöpfen diese den Toleranzbereich voll aus (Abbildung 9). Durch die Reduzierung des Toleranzbereichs der Slots auf weniger als ein Fünftel des alten Werts ist das Finishing mit dem neuen System berechenbarer geworden (Abbildungen 1 bis 5).

Vertikaler Slot im Frontzahngebiet

Der im vorderen Anteil tribünenartig geformte Bogen, bei dem die Slots parallel zur Zahnoberfläche verlaufen, hat sich im klinischen Alltag nicht durchgesetzt. Heute werden ausschließlich Bögen eingesetzt, die in allen Anteilen „ribbonwise“ orientiert sind. Durch Modifikationen in der Positionierungssoftware kommt es aber zu keiner Profilverdickung der Apparatur. Nachteile des Tribünenbogens waren die offenbar größere Friktion zwischen Bracket und Bogen bei Einsatz eines German Overties und die absolute Abhängigkeit von der computergestützten Biegetechnologie beim Einsatz von Kantenbögen [9].

Modularer Aufbau und Rapid Prototyping

Was anfangs nur als Mittel zum Zweck gesehen wurde, hat sich mittlerweile als einer der zukunftsreichsten Unterschiede zu herkömmlichen Verfahren herausgestellt: Die Herstellung der Apparatur mit Maschinen aus dem „High-end“-Bereich des Rapid Prototyping in einem digitalen Labor. Während bei herkömmlichen Herstellungsprozessen nach der Entscheidung für ein endgültiges Design, nachträgliche Korrekturen nur unter Aufbringung größerer Ressourcen möglich sind, kann bei dem hier vorgestellten Herstellungsverfahren jede klinische Unzulänglichkeit sofort, das heißt schon für den nächsten Patienten verbessert werden. Weiterhin kann die Apparatur sowohl auf die vorliegende Malokklusion als auch auf die Vorlieben des jeweiligen Behandlers maßgeschneidert werden (Abbildung 6).

Schlussfolgerungen

Nach über 600 beklebten Kiefern und mehr als eineinhalb Jahren klinischer Erprobung sind unter Berücksichtigung der Zielvorgaben für das hier vorgestellte linguale Bracketsystem folgende Punkte festzuhalten:

1. Im Vergleich zu herkömmlichen Apparaturen hat sich die Eingewöhnungsphase für den Patienten verkürzt.
2. Einzelne Brackets können direkt und ohne Zuhilfenahme eines Übertragungstrays nachgeklebt werden.
3. Die Zahl der Finishingbiegungen hat abgenommen.

Trotz dieser für den Behandler und den Patienten erfreulichen Ergebnisse ist und bleibt die Behandlung mit einer lingualen Apparatur auch in Zukunft eine kieferorthopädische Herausforderung.

3. Fritz U, Diedrich P, Wiechmann D. Lingual technique – patients' characteristics, motivation and acceptance. Interpretation of a retrospective survey. *J Orofac Orthop* 2002;63:227–33.
4. Hiro T, Takemoto K. Resin core indirect bonding system – improvement of lingual orthodontic treatment. *J Jpn Orthod Soc* 1998;57:83–91.
5. Hohoff A, Stamm T, Goder G, et al. Comparison of three bonded lingual appliances by auditive and subjective assessment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* (in press).
6. Hohoff A, Stamm T, Ehmer U. Comparison of the effect on oral discomfort of two positioning techniques with lingual brackets. *Angle Orthod* 2003;73:25–32.
7. Rummel V, Wiechmann D, Sachdeva R. Precision finishing in lingual orthodontics. *J Clin Orthod* 1999;23:101–13.
8. Stamm T, Wiechmann D, Heinecken A, et al. Relation between second and third order problems in lingual orthodontic treatment. *J Ling Orthod* 2000;3:5–11.
9. Stamm T, Hohoff A, Wiechmann D, et al. Accuracy of third order bends of nickel-titanium wires and the effect of high and low pressure during memorizing heat treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* (in press).
10. Thalheim A, Wiechmann D. Lingual orthodontics as the first choice. *J Ling Orthod* 2002;4:92–9.
11. Wiechmann D. Lingual Orthodontics. Part 3: Intraoral sandblasting and indirect bonding. *J Orofac Orthop* 2000;61:280–91.
12. Wiechmann D. Lingual Orthodontics. Part 1: Laboratory procedure. *J Orofac Orthop* 1999;60:371–9.
13. Wiechmann D. A new bracket system for lingual orthodontic treatment. Part 1: Theoretical background and development. *J Orofac Orthop* 2002;63:234–45.
14. Wiechmann D, Wiechmann L. Les finitions occlusales assistées par ordinateur. *Orthod Fr* 2003;74:15–28.

Correspondence Address

Dr. Dirk Wiechmann
Lindenstr. 44
49152 Bad Essen
Germany
Phone (+49/5472) 50-60, Fax -61
e-mail: top@lingualtechnik.de