



**University of
Zurich** ^{UZH}

**Zurich Open Repository and
Archive**

University of Zurich
University Library
Strickhofstrasse 39
CH-8057 Zurich
www.zora.uzh.ch

Year: 2009

Herstellung einer kieferorthopädischen Apparatur : die Aktivator-Headgear-Kombination

Stawarczyk, B ; Pedroli, G ; Deleurant, Y ; Peltomäki, T ; Hämmerle, C H F

Posted at the Zurich Open Repository and Archive, University of Zurich
ZORA URL: <https://doi.org/10.5167/uzh-23705>
Journal Article

Originally published at:

Stawarczyk, B; Pedroli, G; Deleurant, Y; Peltomäki, T; Hämmerle, C H F (2009). Herstellung einer kieferorthopädischen Apparatur : die Aktivator-Headgear-Kombination. *Quintessenz Zahntechnik*, 35(10):1268-1282.



Zusammenfassung

Zahnfehlstellungen können kieferorthopädisch korrigiert werden. Dazu werden festsitzende und herausnehmbare Apparaturen benötigt. Die Aufgabe des Zahn-technikers ist oft die Herstellung der herausnehmbaren Apparatur. Diese Falldokumentation stellt, neben der ausführlichen Befunddokumentation, step by step die Herstellungsschritte einer Aktivator-Headgear-Kombination dar. Zusätzlich gehen die Autoren auf die werkstoffkundlichen Aspekte der verwendeten Materialien ein.

Indizes

Kieferorthopädie, Aktivator, Headgear, Befunddokumentation

Herstellung einer kieferorthopädischen Apparatur

Die Aktivator-Headgear-Kombination

Bogna Stawarczyk, Guido Pedroli, Yann Deleurant, Timo Peltomäki, Christoph Hans Franz Hämmerle

Bei der vorgestellten Aktivator-Headgear-Kombination handelt es sich um einen kleinen Teil einer umfassenden kieferorthopädischen Therapie. Der Schwerpunkt dieses Beitrages wurde auf die zahntechnische Herstellung des Aktivators gerichtet.

Dieser Aktivator ist eine bimaxilläre Apparatur zur Behandlung skelettaler Klasse II-Fälle in Kombination mit einer passiven Multibandapparatur. Seine besonderen Merkmale sind die skelettierte Form des Kunststoffes, der Transpalatinalbügel sowie der Headgear, um extraorale Kräfte wirken zu lassen. Die Apparatur ist eine Modifikation des Zürcher Aktivators (Teuscher- oder Stöckli/Teuscher-Aktivators) und wird in diesem Fall als Monoblock Headgear Splint (MB-HG Splint) bezeichnet.

Um ein sichtbares Ergebnis der Zahnstellungskorrektur zu erzielen, muss das Gerät vom Patienten mindestens ca. 12 Stunden pro Tag mit einer Headgear-Kopfkappe-Kombination getragen werden. Beim Tragen der Apparatur wird der Patient gezwungen, mit dem Unterkiefer eine anteriore Lage einzunehmen. Die durch den Headgear jeweils

Einleitung

auf die Zähne wirkende Kraft wird auf den gesamten Oberkiefer und die Mittelgesichtsstrukturen weitergeleitet.¹³ Daraus resultieren eine dentoalveoläre und gleichzeitig eine skelettale Wirkung.

Anamnese

Mit 10 Jahren wurde der Patient aufgrund seines Tiefbisses und der dentalen Klasse II/2 an die Universität Zürich überwiesen. Bereits in seinem jungen Alter hat er eine sehr gute Mundhygiene und putzt sich regelmäßig die Zähne. Der Wunsch nach geraden Zähne kam von ihm selbst und nicht nur von den Eltern. Bei seinen restlichen Familienmitgliedern sind bis jetzt keine kieferorthopädischen Probleme bekannt.

Für sein Alter ist der Patient groß und gehört zu den größeren Jungen seiner Klasse.

Morphologische Analysen

Profil/Enface-Analyse (Abb. 1a bis 1d).

- Enface: die Oberkiefer-Mittellinie ist zum Gesicht zentriert. Die Nase zeigt einen leichten Schwung nach rechts. Das Kinn ist zentriert. Beim Lachen wird ca. ein Dreiviertel der Kronenhöhe der Oberkieferfront exponiert und das Diastema ist leicht sichtbar.
- Profil: leicht nach hinten verlaufendes schräges Profil, keine ausgeprägte Lippenstufe, akzentuierte Mentolabialfalte mit leicht ausgerollter Unterlippe, vergrößerter Nasolabialwinkel und verstärkte Kinnprominenz.

Allgemein zahnärztlicher Befund.

Status:

16	55	14	13	12	11	21	22	23	24	65	26
46	85	44	43	42	41	31	32	33	34	75	36

Alle bleibenden Zähne sind CO₂ positiv. Die Mundhygiene ist gut. Sondierungswerte größer als 2 mm sind nicht nachweisbar.



Abb. 1a bis 1d Die Übersichtsaufnahmen der Ausgangssituation: a Frontal locker; b Frontal lachend; c Profil locker; d dreiviertel lachend.



Funktion.

- Weichteile: tendenziell ausgerollte Unterlippe, dünne Oberlippe
- Gewohnheiten: keine
- Primärkontakte/Slide: IK = RK, sagittal: –, vertikal: –, transversal: –
- Artikulation:
 - Protrusion: Frontzahnführung
 - Laterotrusion rechts: Gruppenführung 55, 14/85, 44
 - Laterotrusion links: Gruppenführung 24, 65/34, 75
- Interokklusalraum in Haltelage: 2 mm
- Kiefergelenk und Kaumusculatur: unauffällig
- Sprache: deutlich
- Atmung: vorwiegend Nasenatmung
- ORL: unauffällig; Tonsillen in situ, Tonsillae palatinae in situ

Modellanalyse (Tabellen 1 und 2, Abb. 2a bis 2e); Platzbilanz. Es wurde eine Platzanalyse im Oberkiefer nach Tanaka/Müller gemacht. Die Bukkalsegmente wurden von mesial Zahn 6 bis distal Zahn 2 gemessen. Die Größe der Oberkieferzähne 13 und 23 wurde unter Annahme von 91,6 % der Oberkieferzähne 11 und 21 errechnet. Im Unterkiefer wurde die Größe der Zähne 35 und 45 anhand des apikalen Röntgenbildes und mit den Milchzähnen 75 und 85 via Dreisatz errechnet. Eine Bolton-Analyse war aufgrund der zahlreichen Annahmen nicht realisierbar.

Röntgenanalyse. OPT/Bite-Wings (Abb. 3): Es sind alle permanenten Zähne angelegt, 38 ist noch nicht sichtbar. Die dentale Entwicklung und der Durchbruch sind altersentsprechend. Parodont und Kondylenform sind unauffällig.

FR (Fernröntgenanalyse) (Abb. 4 und 5). Anhand der Fernröntgenaufnahme erfolgte die unten aufgeführte Durchzeichnung. Durchgezeichnet wurden unter anderem das Weichteilprofil, die Schädelbasis, die Maxillae, die Mandibular, die Dentition.

- Sagittal: Orthognath, skelettale Kl. II-Tendenz
- Vertikal: Hypodivergent
- Dental, Oberkiefer: Frontachsen steil zur Frankfurter Horizontalen und zur Basis
Unterkiefer: Frontachsen achsengerecht zur Basis und zur Frankfurter Horizontalen
- Profil/Enface: tendenziell nach hinten verlaufendes, schräges Profil, Mentolabialfalte
- Sagittal: Kl. II-Verzahnung bei skelettaler Kl. II-Tendenz, OJ: 3,5 mm
- Vertikal: dentaler Tiefbiss, hypodivergent, steile Oberkieferfront, OB: 5,5 mm
- Transversal: Mittellinie Oberkiefer/Gesicht zentriert, UK/OK: 1 mm rechts
16: 1 mm anterior; 26: 2 mm palatinal, 12 + 26 in Kl. I 1 mm zu schmal
- Oberkiefer: OK/R zentriert, leichtes Diastema, Platzbilanz: + 2,9 mm
- Unterkiefer: leicht elongierte Front mit Stufe distal 33 + 43, Lücke im Bukkalsegment, Platzbilanz: + 4,3 mm
- Weichteile: leicht ausgerollte Unterlippe
- Diverses: knirscht häufig, seitlicher Zungenbeißer

Zusammenfassung der Problematik

Tabelle 1 Die Modellanalyse der Zahngröße in mm.

16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26
10,2		7,0	7,9	6,9	8,7	8,6	6,9	7,9	7,0		10,2
11,0	7,7	7,1	7,1	6,1	5,2	5,2	6,1	7,2	7,1	7,7	11,0
46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36

Tabelle 2 Modellanalyse nach Tanaka/Müller.

Platz	Vorhandener Platz	Front	Müller	Bilanz	Total			
Oberkiefer	23,8	22,7	31,1	22,1	1,7	0,6	0,6	2,9
Unterkiefer	24,0	24,0	22,6	21,6	2,4	-0,5	2,4	4,3

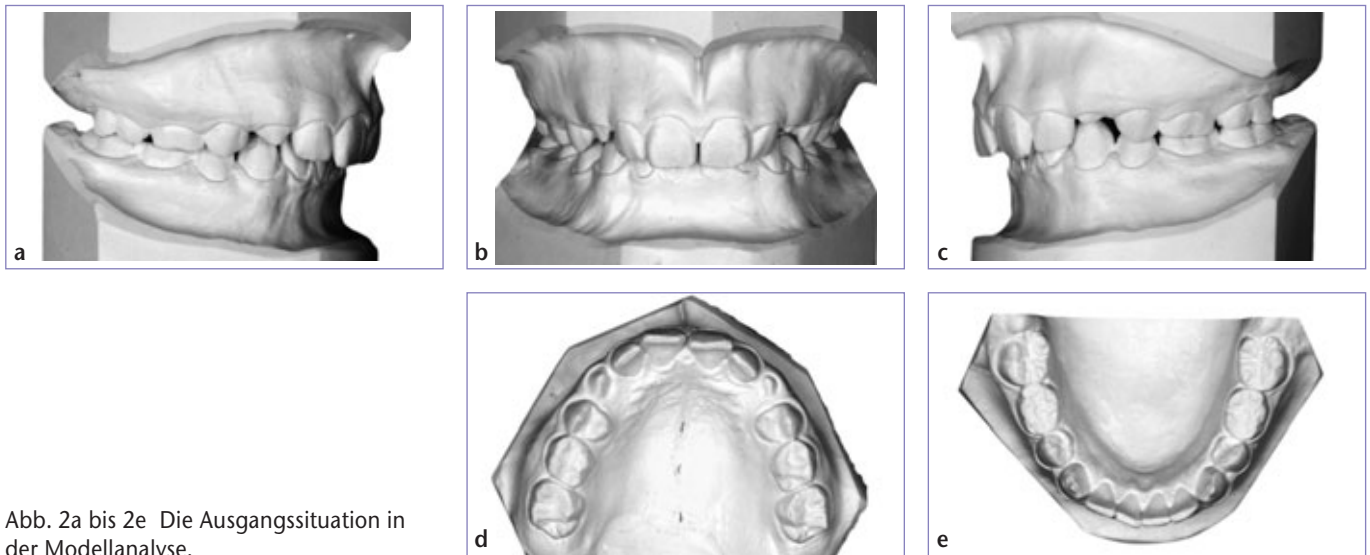


Abb. 2a bis 2e Die Ausgangssituation in der Modellanalyse.

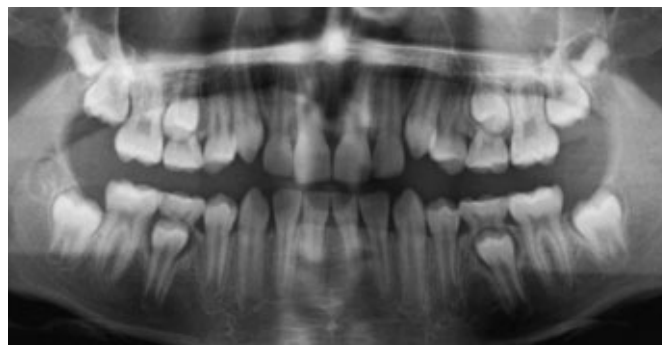


Abb. 3 Die Orthopantogramm-Aufnahme (OPT).

Abb. 4 Die Fernröntgenaufnahme (FR).



Abb. 5 Die Durchzeichnung des FR.



Behandlungsplan

Die Behandlung wird Non-Ex mit dem ersten Ziel gestartet, das Vorschubhindernis (Tiefbiss und steile Oberkieferfront) zu beheben. Die steile Front wird protrudiert und leicht intrudiert mittels teilfixer Apparatur (14 bis 24). Sobald die unteren Zähne 35 und 45 in situ sind, wird mithilfe eines Ketac-Aufbisses (3M Espe, Seefeld) auf die unteren Zähne 36 und 46 mit der vollfixen Apparatur im Unterkiefer gestartet, eine Elongation im Bukkalsegment gefördert und gleichzeitig die Stufe distal der Zähne 33 und 43 ausgeglichen. Danach soll durch sagittales Halten des Oberkiefers und Fördern des Wachstums im Unterkiefer beidseitig eine dentale Kl. I erreicht und das tendenziell nach hinten schräge Profil verbessert werden.

Der Oberkiefer wird von Anfang an mit einem Headgear nach dorsal belastet. Es wurde ein Kombi-Headgear gewählt, damit auf die Zähne 16 und 26 zusätzlich zur nach dorso-kranial gerichteten Kraft auch eine extrusive Kraft wirkt.

Sobald die Koordination erreicht ist, wird die skelettale Phase mit einem Monosplint begonnen.

Falls die sagittale Korrektur mit obengenanntem Vorgehen nicht gelingen sollte, muss versucht werden, den Fall mit einer complianceunabhängigen Apparatur (Eureka, Forsus) zu lösen oder es werden 14 und 24 extrahiert.

Wenn mit der skelettale Phase eine dentale Kl. I erreicht werden kann, wird der Fall nach Finish mit einem 21 + 12, 3-3 Retainer stabilisiert. Zusätzlich wird ein Retentionsmonoblock für 6 bis 12 Monate, um ein sagittales Rezidiv zu vermindern, eingesetzt.

Planung und Vorgehen. Die Oberkieferfront wird aufgetorquet und leicht intrusiv belastet. Die Verankerung und Klasse II-Korrektur erfolgt mittels einer extraoral abgestützten Kraft. Sofern das Wachstum nicht erwartungsgemäß verlaufen sollte, wird eine skelettale Phase erwogen. Während der Koordination und dem Finish werden bei Bedarf zusätzlich intermaxilläre Kräfte eingesetzt. Das erreichte Resultat wird retiniert.

Die Behandlungsphasen sind in der Tabelle 3 zusammengefasst. Die Abbildungen 6a bis 6e stellen die Mundsituation vor der Behandlung dar.

Im Folgenden wird der Schwerpunkt auf die zahntechnischen Herstellungsschritte eines Headgear-Aktivator gelegt. Dabei werden step by step das Vorgehen und die verwendeten Materialien dargestellt und diskutiert.

Phase	Oberkiefer	Unterkiefer	Headgear (HG)
I	Band 16 bis 26, Band 21 bis 12 → 14 bis 24 ad auftorquen Front und leicht intrusiv		HG Kombi 300 g 12 Std. leicht anterior rotiert
II	14 bis 24 → vollfixiert (Band 15 bis 13 und 23 bis 25) Nivellieren Bei Bedarf Mono/Splint	Band 36 bis 46, Band 35 bis 45 → vollfixiert Nivellieren Bei Bedarf Mono/Splint	HG Kombi 300 g 12 Std. leicht anterior rotiert
III	Koordination, Finish	Koordination, Finish	n. B.
IV	Retainer 21 bis 12	Retainer 33 bis 43	

Tabelle 3 Zusammenfassung der Behandlungsphasen.



Abb. 6a bis 6e Die Ausgangssituation.

Zahntechnische Herstellungsschritte

Zur Herstellung des Aktivators sind perfekte Abformungen der Mundsituation notwendig. Alle Zähne, der palatale und der linguale Bereich des Ober- und Unterkiefers müssen genauestens abgeformt werden. Da der Patient bereits eine festsitzende Apparatur besitzt, wurden die geklebten Brackets vor der Abformnahme mit einem weichen Wachs (Belladi Ruscher, Ammann, Altnau, Schweiz) abgedeckt. So wurde die Entnahme der Abformung aus dem Mund erleichtert und die Gefahr eines Zerreißen der Alginatmasse minimiert.

Es wurde eine Alginatabformung (Cavex Impressional, Cavex, Haarlem, Niederlande) genommen (Abb. 7). Nach dem Entfernen der Abformungen aus dem Mund wurden sie in einem Desinfektionsbad nach Herstellerangaben 10 min desinfiziert und anschließend sorgfältig mit Wasser ausgespült. Dabei wurde darauf geachtet, dass die vom Hersteller angegebene Zeit nicht überschritten wurde, da die Desinfizierbarkeit wegen der Wasseraufnahme und des Aufquellens bei Alginat nur begrenzt ist. Bei Wasserlagerung verändert sich die Oberfläche der Alginate, die Folgen sind raue Gipsmodelle mit schlechter Feinprofilwiedergabe.^{1,3,12} Durch eine richtige Desinfektion der Abformung wird das Infektionsrisiko für den Zahntechniker reduziert, denn zahnärztliche Abformungen können als Träger hochpathogener Keime infrage kommen.⁶ Studien berichten bei Zahntechnikern im Vergleich zur Normalbevölkerung z. B. von einer durchschnittlich höheren Infektionszahl mit Hepatitis B.^{2,9}

Anschließend fand die Überprüfung der Alginatabformungen in Bezug auf Risse, verzogene Stellen, Blasen und Abformgebiet statt. Es ist jede Einzelheit der Mundsituation wichtig. Die sauberen Abformungen sind in der Abbildung 7 zu sehen.

Vor dem Ausgießen wurde die Abformung mit Gips ausgestreut, man liess sie einwirken und spülte sie danach wieder aus (chem. Reaktion von Alginsäure und Gips). Es wurde darauf geachtet, dass die Abformung beim Ausgießen feucht, aber nicht nass war. Da Alginate keine Rückstellzeit haben, wurde die Abformung sofort nach der Abformnahme ausgegossen. Die Detailwiedergabe (50 µm) von Alginaten ist für diese Verwendung ausreichend. Von der wirtschaftlichen Seite aus gesehen ist in diesem Fall die Alginatabformung eine gute und die günstigste Alternative.

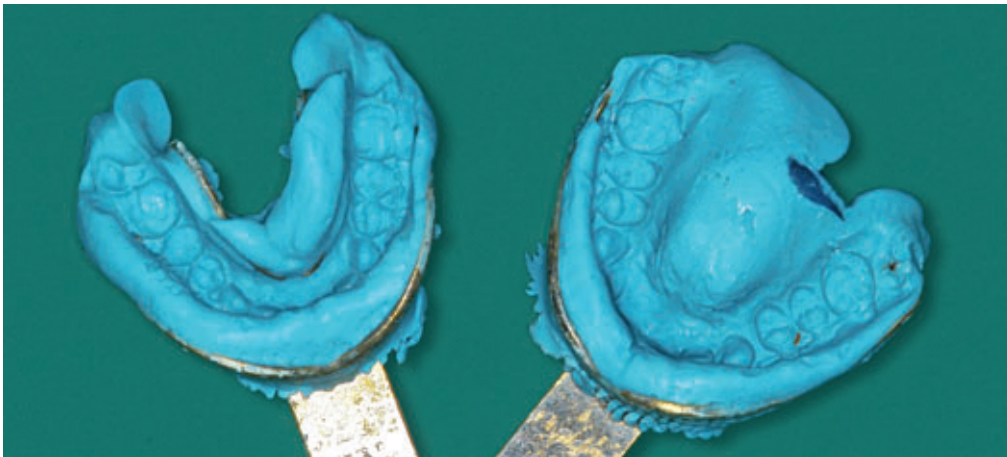
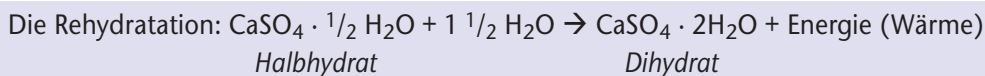


Abb. 7 Die genommenen Alginatabformungen.

Die Abformungen wurden innerhalb einer Stunde mit unter Vakuum angerührtem Gips Klasse III (Kerr orthodontic stone, Kerr, Bioggio, Schweiz) auf einem Rüttler sehr vorsichtig ausgegossen. Es wurde darauf geachtet, dass keine Luftblasen entstehen. Ein weiteres Ausgießen einer Alginatabformung ist wegen der Materialeigenschaften (Austrocknen und Zerreißen) fast unmöglich.

Das abgewogene auf die Wassermenge bezogene Gipspulver wurde langsam ins Wasser gestreut, damit die Luft entweichen kann. Diese Zeit wird als Einstreuzeit bezeichnet. In dieser Zeit lösen sich die Pulverkristalle auf. Danach muss das Gipspulver mindestens 20 s lang Wasser aufnehmen; das ist die Sumpfzeit. Um Blasen zu vermeiden, wurde der Gips anschließend unter Vakuum angerührt. Nach dem genauen Anmischen des Gipses nach Herstellerangaben nimmt der gebrannte Gips Kristallwasser auf und bindet ab. Die Abbindereaktion wird als Rehydratation zu Kalziumsulfatdihydrat bezeichnet. Es ist eine Umkehrfunktion der Dehydratation. Dabei bindet der Gips ab und geht in den harten Zustand über.

Die Modellherstellung



Als der Gips mit der Abbindung begonnen hatte, wurden die ausgegossenen Abformungen mit der Okklusion nach oben parallel zu einer Tischplatte positioniert (Abb. 8). Grobe Überreste wurden mit einem Gipsmesser abgeschnitten, so wurde ein unnötiges und zeitaufwändiges Trimmen verkürzt. Auf den abgezogenen Modellen war die aktuelle Mundsituation gut erkennbar. Die Modelle wurden im Folgenden auf einer Diamantscheibe mit Wasser nach kieferorthopädischen Anforderungen anatomisch getrimmt. Dabei wurde darauf geachtet, dass die Okklusionsebene parallel zur Tischebene verläuft. Abbildung 9 zeigt die fertig hergestellten Arbeitsmodelle.

Der nächste Schritt wurde dem Konstruktionsbiss gewidmet. Dieser bestand aus mehrmals gefalteten und miteinander geschmolzenen Wachsplatten (Abb. 10). Aufgrund der guten Eigenschaften des Modellierwachses wurden Modellierwachsplatten (Rosaplatten) verwendet.

Das Modellierwachs dient ursprünglich zum Aufstellen von Zähnen. Es besteht aus Paraffin und Stearin, Japanwachs und Füllstoffen. Modellierwachs ist rosa eingefärbt

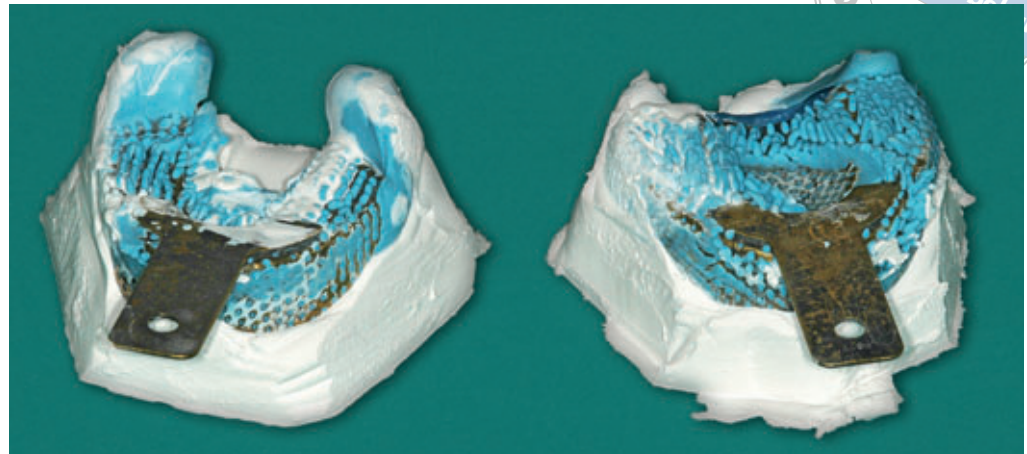


Abb. 8 Die ausgegossenen Modelle.

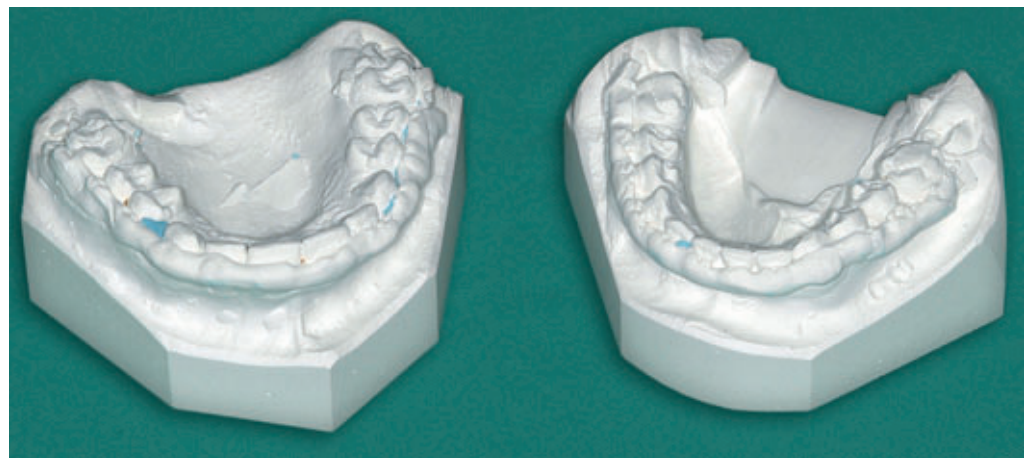


Abb. 9 Die beschliffenen Modelle.



Abb. 10 Der Konstruktionsbiss.

(roter Bolus) und hat ein glasiges Aussehen (Paraffin) bei einer niedrigen Erweichungstemperatur, der Schmelzpunkt liegt bei 57 bis 63 °C, der Tropfpunkt bei 63 bis 65 °C; es ist mittelhart. Da die Mundtemperatur bei ca. 37 °C liegt, ist eine Verformung während der kurzen intraoralen Anwendung fast ausgeschlossen, sofern diese nicht durch Bewegung der Zunge verursacht wird. Eine der positiven Eigenschaften dieses Wachses ist das einfache Schneiden und Schaben.

Der Konstruktionsbiss sollte maximal 4 mm dick sein, da der Unterkiefer höchstens 4 bis 5 mm sagittal voraktiviert werden darf. Dabei war es wichtig, dass die Mittellinienrelation bestimmt wurde und der Biss dental auflag. Dazu wurde der vorliegende Konstruktionsbiss mit einem Skalpell beschnitten und die Störstellen wurden entfernt.

Die aus dem Gips Klasse III hergestellten Meistermodelle wurden im Folgenden gemäß dem Konstruktionsbiss mit höchster Sorgfalt in einen Mittelwertartikulator (Condylator,



Condylator Service, Zürich, Schweiz) einartikuliert (Artikulationsgips Artifix, AmmanGirrbach, Koblach, Österreich) (Abb. 11).

Im nächsten Schritt wurde der Verlauf des Kunststoffes des Aktivators mit einem Bleistift im bukkalen Bereich angezeichnet.⁴ Im Oberkiefer sollten palatinal der Gaumen bis zur Hälfte und die Frontzähne inzisal zu einem Drittel der Kronenlänge vom fertigen Aktivator bedeckt werden, im Seitenzahnbereich endete der Aktivator bei den bukkalen Höcker- spitzen. Im Unterkiefer sollten die Inziskanten der Schneide- und Eckzähne 2 mm in den Aktivator „einbeißen“. Der Kunststoff sollte auch im Unterkiefer bis zu den bukkalen Höckern reichen. Die linguale Ausdehnung sollte kurz vor dem Zungenboden enden, damit der beim Schlucken hebende Zungenboden nicht die Lingualhügel berührt.

Der Längenverlauf des Aktivators

Zur Herstellung des Transpalatinalbügels wurde ein 1,2 mm dicker federharter rostfreier Rollendraht (remanium Draht, Dentaurum, Ispringen) verwendet. Die Zusammensetzung der Legierung ist der Tabelle 4 zu entnehmen.

Der Transpalatinalbügel

Unterschiedliche Zangentypen dienen zum Biegen der Drähte. Die Zange fixiert den Draht und die Finger der linken Hand biegen den Draht in die vorher definierte Richtung. Durch das Biegen eines Drahtes entstehen innerhalb der Kristalle Druck- und Zugspannungen. Übertrifft die Zug-/Druckspannung die Festigkeit des Drahtes, kommt es zum Bruch. Durch das spanlose Umformen von Drähten sollte der Draht nicht verletzt werden. Unsachgemäße Ausarbeitung und Politur können den Querschnitt erheblich schwächen. Der Transpalatinalbügel diente zur Stabilisierung der Apparatur. Seine vom Gaumen leicht abstehenden Retentionen sollten mit Kunststoff umgeben werden. Die leicht flachgeschliffenen Enden der Retentionen sind auf der Höhe des Milchmolaren bzw. zweiten Prämolaren in der Acrylbasis verschwunden. Im palatinalen Bereich wurde auf den Kunststoff verzichtet, was einen höheren Tragekomfort bietet und beim Schlucken den sagittalen Zungendruck auf die Apparatur reduziert. Die Aktivatoren liegen ganz locker ohne zusätzliche Halteelemente auf den Zähnen und benötigen aus dem Grund keine weiteren Klammern. Den Transversalbügel und die Headgear-Röhrchen zeigt die Abbildung 12.

Tabelle 4 Zusammensetzung des Rollendrahtes für den Transpalatinalbügel.

Elemente	remanium Draht	Aktivator-Röhrchen
C	0,05–0,15 Gew.%	≤ 0,07 Gew.%
Si	≤ 2 Gew.%	≤ 1 Gew.%
Mn	≤ 2 Gew.%	≤ 2 Gew.%
Cr	16–19 Gew.%	17–19,5 Gew.%
Mo	≤ 0,8 Gew.%	–
Ni	6–9,5 Gew.%	8–10,5 Gew.%
P	≤ 0,045 Gew.%	≤ 0,045 Gew.%
S	≤ 0,015 Gew.%	≤ 0,03 Gew.%
N	≤ 0,11 Gew.%	≤ 0,11 Gew.%
Fe	Rest	Rest

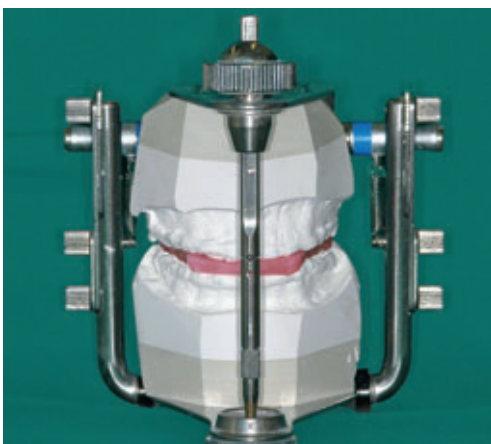


Abb. 11 Die einartikulierten Modelle.

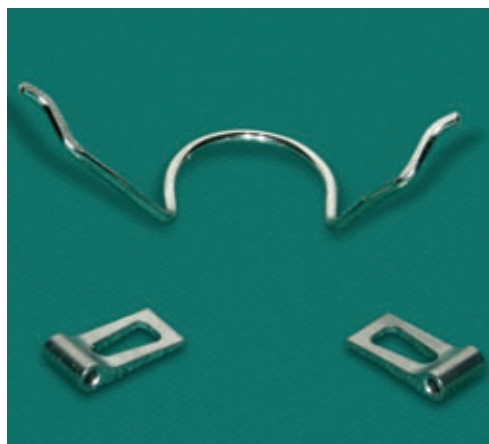


Abb. 12 Der gebogene Transversalbügel und die Headgear-Röhrchen.

Das Headgear-Röhrchen

Vom therapeutischen Standpunkt aus gesehen spielt die Lage der Headgear-Röhrchen im Prinzip keine Rolle. Aus der praktischen Erfahrung wurden die Röhrchen aber zwischen den Prämolaren des Oberkiefers und denen des Unterkiefers platziert, jeweils in der Mitte der Bissperre eher leicht kranial. Eine große Rolle spielte aber die sagittale Ausrichtung der Platzierung der Röhrchen. Sie sollten so eingesetzt werden, dass das Einsetzen des Headgears keine Probleme bereitet.

Vorbereitung zur Streuung des Kunststoffes

Anschließend wurden die Modelle 9 min im Vakuummischgerät (AIRVAC 2002, Dentaurum) im handwarmen Wasser entlüftet (Abb. 13). Die aus den Gipsmodellen austretenden Luftblasen könnten sonst den Kunststoff abheben oder in diesen eindringen.

Die Headgear-Röhrchen sowie der Transpalatinalbügel wurden mit Klebewachs am Modell fixiert (Abb. 14). Es wurde dabei darauf geachtet, dass die Fixierung nicht an Stellen, die mit Kunststoff aufgefüllt werden sollen, erfolgte.

Auf die Modelle wurde das Isolierungsmittel Separating medium (Dentaurum) Gips gegen Kunststoff aufgepinselt (Abb. 15) und anschließend wurde mit Druckluft der Überschuss entfernt.

Dabei wurde berücksichtigt, dass die gebogenen Elemente nicht mit dem Isoliermittel benetzt werden, da sich sonst der Kunststoff ablöst und Spalten entstehen könnten, in denen immer Isoliermittelreste verbleiben können. Diese wiederum können sich später zu braunen Produkten zersetzen. Darüber hinaus wären sie auch ein guter Nährboden für Mikroorganismen.

Die Streutechnik

Zur Herstellung der Aktivatorbasis wurde die Streutechnik verwendet. Diese ist wirtschaftlich, schnell durchführbar und für diese Anforderungen präzise genug.

Bei einer Streutechnik spricht man von Kunststoffen aus zwei Komponenten: Flüssigkeit (Monomer) und Pulver (Polymer). Dabei handelt es sich um Polymethylmethacrylate, kurz PMMA.

Die Zusammensetzung der Pulver/Flüssigkeits-Materialien ist seit Jahrzehnten im Wesentlichen unverändert geblieben. Grundsätzlich stimmt ihre Zusammensetzung mit der der selbsthärtenden (autopolymerisierenden) Prothesenkunststoffe auf der Basis des Amin-/Peroxid-Initiatorsystems überein.

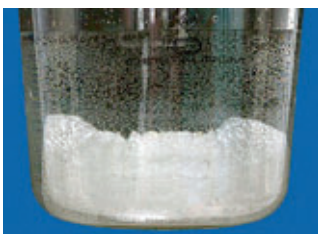


Abb. 13 Die Wässerung des Modells unter Vakuum.

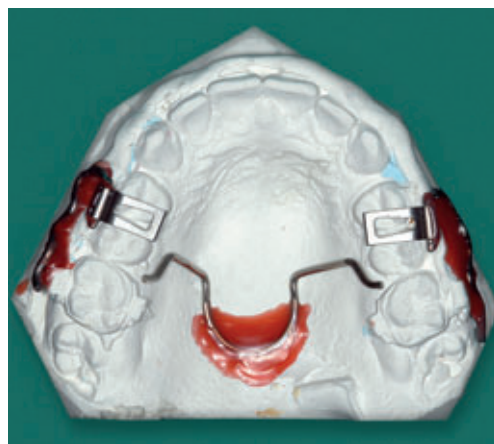
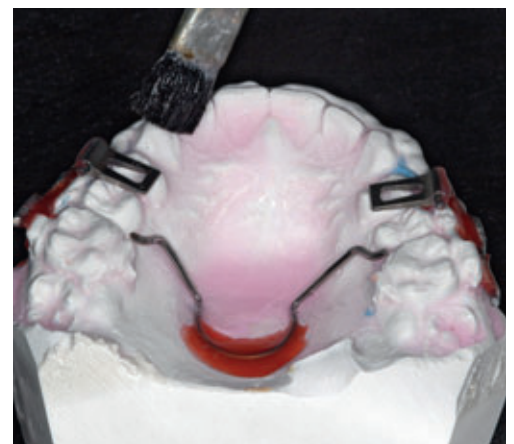


Abb. 14 Das Fixieren der Elemente.

Abb. 15 Das Isolieren des Modells.



Die Flüssigkeit besteht immer zu etwa 92 % aus Methylmethacrylat (MMA), zu etwa 7 % aus Vernetzermomomer, zu 0,01 % aus Farbstoffen und etwa zu 0,5 bis 1 % aus einer Initiator Komponente.

Die Pulver bestehen immer aus etwa 98 % Polymethylmethacrylat (PMMA)-Perlpolymer, die manchmal mit 0,01 % farbgebenden Pigmenten und etwa 0,05 bis 1 % einer weiteren Initiator Komponente versetzt sind.

Die Einfärbung der kieferorthopädischen Kunststoffe erfolgt häufig, im Gegensatz zu den Prothesenkunststoffen, über die Flüssigkeit. Das Initiatorsystem, welches die Aushärtungsreaktion startet, besteht aus zwei Komponenten, dem Amin-/Peroxid-Initiatorsystem. Das Peroxid (Dibenzoylperoxid) ist dem Pulver zugemischt, das Amin (N,N-Dimethyl-p-toluidin) ist in der Flüssigkeit enthalten. Beim Vermischen beider Initiator Komponenten entstehen neue Verbindungen, die dann die Aushärtungsreaktion starten. Bezüglich der physikalischen Eigenschaften (Festigkeit, Wasserlöslichkeit, Wasseraufnahme) verhalten sich die kieferorthopädischen Pulver/Flüssigkeits-Materialien aufgrund ihrer vergleichbaren Zusammensetzung ähnlich wie die selbsthärtenden Prothesenkunststoffe. Die Farbstabilität spielt hier, im Vergleich zu Prothesenkunststoffen, eher eine untergeordnete Rolle, da die herausnehmbaren kieferorthopädischen Apparate nur eine vergleichsweise kurze Aufenthaltsdauer im Munde haben. Bei dieser Arbeit wurde der Kunststoff Orthocryl aus dem Hause Dentaaurum verwendet.

Wie die Abbildungen 16 und 17 zeigen, wurde, beginnend mit dem Pulver, im Wechsel mal Pulver mal Flüssigkeit mit einer leichten Pendelbewegung auf das vorbereitete Modell aufgebracht. Dabei wurde darauf geachtet, dass das Pulver gut durchfeuchtet wurde, aber nicht in einen zu flüssigen Zustand überging. Das Material sollte nicht wegfließen. Gestreut wurde zuerst das Oberkiefer- und dann das Unterkiefermodell. Anschließend (Abb. 18) wurden die Modelle im Artikulator zusammengeführt. Die fehlenden palatinalen Kunststoffanteile wurden ergänzt. Die „fertig gestreute“ Arbeit wurde dann mit Pulver überstreuert, um überschüssige Flüssigkeit aufzusaugen. Durch diese Methode wurde die Polymerisationsschrumpfung minimiert und eine optimale Passgenauigkeit angestrebt. Anschließend wurde der Aktivator im Drucktopf (Polamat practic ELT, Heraeus Kulzer, Hanau) 20 min bei 45 °C und 2,2 bar polymerisiert.

Gemäß unterschiedlicher Untersuchungen ist der Restmonomergehalt kein Problem mehr, Voraussetzung ist die Polymerisation im Drucktopf unter Berücksichtigung der Zeit

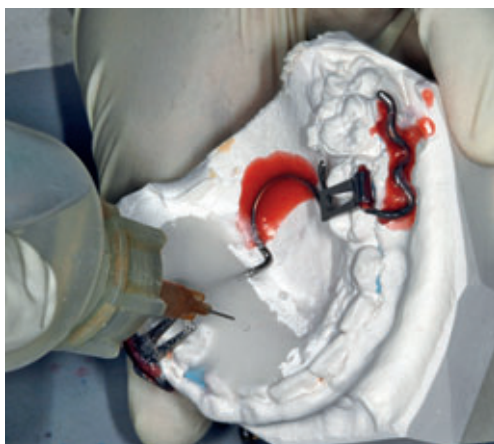


Abb. 16 Das Streuen des Kunststoffes.

Abb. 17 Der fertig gestreute Oberkiefer.

Abb. 18 Das Zusammenfügen von Unter- und Oberkiefer.

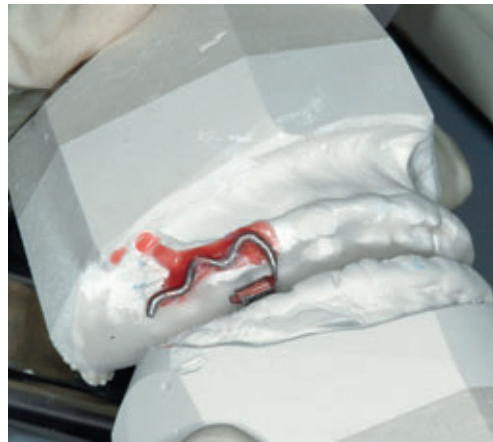


Abb. 19 Der auspolymerisierte Aktivator.



Abb. 20 Das grobe Ausarbeiten des Aktivators.



Abb. 21 Der ausgearbeitete Aktivator.



und der Temperatur. Die Polymerisation im Drucktopf sollte in den ersten 12 min keineswegs unterbrochen werden, da sonst die Gefahr der Entstehung von Mikro-Siedebläschen besteht.

Das Ausarbeiten des Aktivators

Nach der Polymerisation wurde der Aktivator von den Modellen entnommen (Abb. 19). Das grobe Ausarbeiten des Aktivators (Abb. 20) erfolgte mit einer kreuzverzahnten Hartmetallfräse. Die Bissperre im bukkalen Bereich wurde mit einer parallelen, an der Spitze flachen Fräse und eine Schleifpapierscheibe ausgearbeitet. Alle Interdentalsepten sowie andere beim Einsetzen störende Kunststoffüberschüsse wurden mit einem feinen, konusförmigen Diamanten entfernt. Bei der Ausarbeitung wurde darauf geachtet, dass die Okklusion und die Inzisalkanten nicht verletzt wurden.

Die feine Verarbeitung erfolgte mit einem feinkörnigen Schmirgeltuch, mit einem kegelförmigen Gummipolierer wurde die Oberfläche geglättet und vorgepoliert. Der ausgearbeitete Aktivator ist der Abbildung 21 zu entnehmen.

Die Endpolitur fand an einer Poliermaschine mit einem Filzkegel, dann mit einer weichen Ziegenhaarbürste und Bimsstein statt. Hochglanz am Kunststoff und den Metallelementen wurde erreicht durch Einsatz von Polierpasten (Abb. 22).

Um den Restmonomergehalt zu senken, wurde die fertige Apparatur nach der Herstellung drei Tage lang in Wasser gelagert.



Abb. 22 Der polierte Aktivator.

Abb. 23 Der Headgear.



Abb. 24 Der Headgear im Röhrchen.



Abb. 25 Der Aktivator mit eingesetztem Headgear.

Im nächsten Schritt wurde der Headgear eingesetzt. Der Headgear gehört zu den häufigsten verwendeten extraoralen Geräten. Er besteht aus einem Innen- und einem Außenbogen (Abb. 23), die in der Mitte fixiert sind. Der Innenbogen wird in die in der Prämolarenregion befestigten Röhrchen eingeschoben (Abb. 24 und 25).⁵

Der Headgear

Die umgebogenen Enden des Außenbogens wurden an den Sicherheitsmodulen der am Kopf abgestützten Kopfkappe eingehängt.

Zur individuellen Adaptation des Headgears wurde der Bogen mit einer Aderer-Zange gehalten und die Außenarme wurden parallel zum Innenarm gebogen. Auf der Höhe des zweiten Schneidezahns wurde der Außenarm wieder zurückgebogen, um eine optimale Situation für den Lippenschluss zu erzielen.

In der Front sollte der innere Rand vom Headgear 4 mm von den Inzisalkanten der oberen Frontzähne abstehen. An den inneren Armen wurden eine Z-Biegung vorgenommen, damit der Bogen nicht nach distal rutschen kann. Die Enden lagen passiv in den Headgear-Röhrchen und traten distal 2 mm aus den Röhrchen heraus. Anschließend wurden die Außenarme des Headgears auf der Höhe der ersten oberen Molaren umgebogen und gekürzt.

Bis zu diesem Zeitpunkt wurde die Apparatur im Labor vorbereitet, nur folgte die Übergabe des Aktivators mit dem Headgear durch den Zahnarzt an den Patienten.



Abb. 26 und 27 Im Mund fixierter Aktivator.

Abb. 28 Der Headgear extraoral.



Abb. 29 Der Headgear extraoral mit Kopfkappe und Nackenband.

Der behandelte Zahnarzt bestimmte den Neigungswinkel der Außenarme nach kranial oder nach kaudal zur Abstimmung des extraoralen Kraftvektors und passte die Kopfkappe und das Nackenband beim Patienten an. Die Abbildungen 26 bis 29 zeigen den Patienten mit dem eingesetzten Aktivator und dem Headgear.

Ergebnisse und Diskussion

Durch die Kombination der festsitzenden und herausnehmbaren kieferorthopädischen Technik sind die Aussichten der Therapie sehr gut. Die Therapie wurde nicht nur von den Eltern, sondern vom Patienten selbst gewünscht. Daraus lässt sich schließen, dass der Patient nicht abgeneigt ist, die herausnehmbare Apparatur mindestens 12 Stunden am Tag zu tragen.

In der Kieferorthopädie hat sich die Streuverarbeitungsmethode aufgrund der einfachen Verarbeitbarkeit durchgesetzt. Studien, die in Bezug auf die Biegefestigkeit der Kunststoffe die Anmisch- und Streumethode miteinander vergleichen, kommen zu keinen signifikanten Unterschieden. Beide Verarbeitungstechniken liegen in der Biegefestigkeit in einem Wertebereich.⁸

Bei Restmonomergehaltuntersuchungen erreichen die in der Kieferorthopädie verwendeten Autopolymerisate drastisch höhere Anteile an Restmonomer als die in der Prothetik eingesetzten Anmischkunststoffe.^{7,11} Der Restmonomergehalt sollte allerdings durch die



oben beschriebene Wasserlagerung minimiert werden, sodass allergische Reaktionen fast ausgeschlossen werden.

In einer weiteren Studie wurde die Mutagenität, Zytotoxizität und die schleimhautreizende Wirkung von dem bei dieser Arbeit verwendeten Streukunststoff überprüft. Dabei wurden bei einer vorschriftsmäßigen Verarbeitung (nach Herstellerangaben) dieses Kunststoffes weder bei der auspolymerisierten Form, die beim Patienten eingesetzt wird, noch bei den Spänen im Labor während der Bearbeitung durch den Zahntechniker oder Behandler selbst negative Einflüsse gefunden.¹⁰ Des Weiteren gibt es zur Biokompatibilität von Materialien für kieferorthopädische Apparaturen relativ wenige Untersuchungen. Das liegt wahrscheinlich daran, dass es in der klinischen Anwendung kaum Probleme vonseiten der Patienten bezüglich der Verträglichkeit gibt.

Zusammenfassend ist die gewählte Bearbeitungsweise, die Streutechnik, eine gute Wahl. Die Festigkeitswerte sind hier sehr gut und der Restmonomergehalt nach einer zusätzlichen Lagerung im Wasser durchschnittlich. Für den Indikationsbereich, da der Aktivator nur begrenzte Zeit getragen wird, ist dies vollkommen zufriedenstellend.

Da in diesem Fall neben der herausnehmbaren Apparatur eine festsitzende vorliegt, spielt eine perfekte Zahnreinigung eine entscheidende Rolle. Der Patient muss, um vorzeitige Kariesentwicklung zu verhindern, auf die Mundhygiene achten.

1. Bock JJ, Fuhrmann RAW, Setz J. The influence of different disinfectants on primary impression materials. *Quintessence Intern* 2008;39:264.
2. Bock JJ, Schubbe C, Fuhrmann RAW. Die Desinfektion kieferorthopädischer Abformungen und Apparaturen. *Quintessenz Zahntech* 2008;34:296-302.
3. Johnson GH, Chellis KD, Gordon GE, Lepe X. Dimensional stability and details reproduction of irreversible hydrocolloid and elastomeric impressions disinfected by immersion. *J Prosthet Dent* 1998;79:446-453.
4. Pedrolì G. Die Herstellung des Zürcher Aktivators Teil I. *Quintessenz Zahntech* 1992;18:777-788.
5. Pedrolì G. Die Herstellung des Zürcher Aktivators Teil II. *Quintessenz Zahntech* 1992;18:897-909.
6. Ray KC, Fuller ML. Isolation of Mucobacterium from dental impression materials. *J Prosthet Dent* 1963;13:93-94.
7. Rose EC, Bumann J, Jonas IE, Kappert HF. Beitrag zur biologischen Beurteilung kieferorthopädischer Kunststoffe. *J Orofacial Orthopedics* 2000;61:246-257.
8. Rosswall B, Newesely H, Bartels R. Verarbeitung und Bewertung von KFO-Autopolimerisaten. *Fortschr Kieferorthop* 1984;45:403-413.
9. Runnells RR. An overview of infection control in dental practice. *J Prosthet Dent* 1988;59:625-629.
10. Schendel KU, Erdinger L, Komposch G, Sonntag HG. Neonfarbene Kunststoffe für kieferorthopädische Apparaturen. Untersuchungen zur Biokompatibilität. *Fortschr Kieferorthop* 1995;56:41-48.
11. Staffort GD, Brooks SC. The loss of residual monomer from acrylic orthodontic resin. *Dent Mater* 1985;4:135-37.
12. Taylor RL, Wright PS, Maryan C. Disinfection procedures: their effect on the dimensional accuracy and surface quality of irreversible hydrocolloid impression materials and gypsum cast. *Dent Mater* 2002;18:103-110.
13. Teuscher U. Prinzipien extraoraler Kräfte. *Inf Orthod Kieferorthop* 1976;1:9-16.

Literatur

MSc, Dipl.-Ing (FH) Bogna Stawarczyk, Klinik für Kronen- und Brückenprothetik, Teilprothetik und zahnärztliche Materialkunde, E-Mail: bogna.stawarczyk@zzmk.uzh.ch

Adressen der Verfasser

ZT Guido Pedrolì, Dr. med. dent. Yann Deleurant, Prof. Dr. med. dent. Timo Peltomäki
Klinik für Kieferorthopädie und Kinderzahnmedizin

Prof. Dr. med. dent. Christoph Hans Franz Hämmerle, Klinik für Kronen- und Brückenprothetik, Teilprothetik und zahnärztliche Materialkunde, alle: Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Universität Zürich, Plattenstrasse 11, 8032 Zürich, Schweiz