

Zusammenfassung

Dieser Beitrag soll den aktuellen Stand der Weiterentwicklungen des Funktionsreglers nach Fränkel Typ FR-3 erläutern und seine Rolle in der modernen Kieferorthopädie beleuchten. Der Artikel beschreibt die einzelnen labortechnischen Arbeitsschritte zur Herstellung des Funktionsreglers und erläutert kurz die Wirkungsweise, Indikationen und den Therapiezeitpunkt. Zudem werden auch wichtige Aspekte der klinischen Vorbereitung unter besonderer Berücksichtigung der Abformung beider Kiefer sowie der Anfertigung des Konstruktionsbisses dargestellt.

Indizes

Kieferorthopädische Zahntechnik, Funktionskieferorthopädie, Funktionsregler nach Fränkel Typ FR-3

Der Funktionsregler nach Fränkel Typ FR-3

Grundlagen, klinisches Management und Besonderheiten der Herstellung

Chris Köbel, Christine Fränkel, Christopher J. Lux

Dieser Beitrag soll den aktuellen Stand der Weiterentwicklungen des Funktionsreglers nach Fränkel erläutern. Knapp 45 Jahre nach der Erstbeschreibung des Geräts^{5,9} ist es sinnvoll, die zwischenzeitlich stattgefundenen Modifikationen darzustellen und die Rolle des Funktionsreglers in einer modernen Kieferorthopädie erneut zu beleuchten. Insbesondere beim Konzept einer orofazialen Orthopädie nach Fränkel ist der Erfolg der Behandlung von einem korrekten klinischen und labortechnischen Vorgehen abhängig.

Der Artikel beschreibt detailliert die einzelnen labortechnischen Arbeitsschritte der Herstellung des Funktionsreglers Typ FR-3. Ergänzend werden kurz die Wirkungsweise sowie Indikationen und der Therapiezeitpunkt des Funktionsreglers nach Fränkel Typ FR-3 beschrieben. Zudem werden wichtige Aspekte der klinischen Vorbereitung, unter besonderer Berücksichtigung der Abformung beider Kiefer sowie der Anfertigung des Konstruktionsbisses, erläutert.

Einleitung

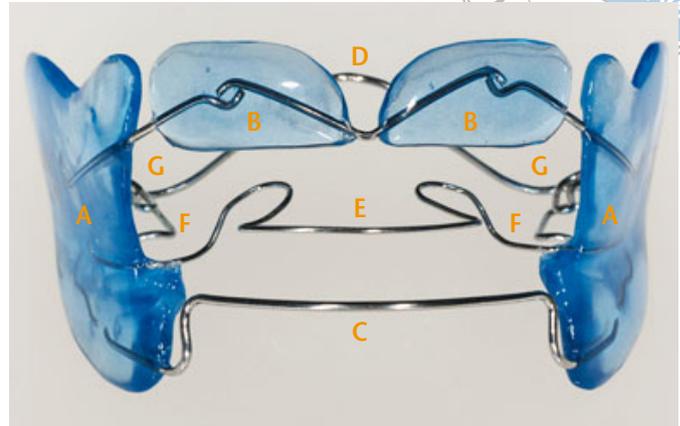


Abb. 1 Funktionsregler nach Fränkel Typ FR-3.

- A: Bukkalschilde;
- B: Oberlippenpelotten;
- C: unterer Labialdraht;
- D: Palatinalbügel;
- E: Protrusionsbogen;
- F: Molarenauflagen im Unterkiefer;
- G: Molarenauflagen im Oberkiefer.

Grundlagen Die Grundtypen des Funktionsreglers

Es gab nach Fränkel ursprünglich vier Grundtypen des Funktionsreglers. Die Bezeichnung erfolgt mit arabischen Ziffern.³ In der Vergangenheit hat sich gezeigt, dass die in älteren Büchern verwendeten römischen Ziffern,⁶⁻⁸ insbesondere bei handschriftlich ausgefüllten Technikaufträgen, vereinzelt zu Verwechslungen geführt haben. Die Buchstaben „FR“ sind dabei die Abkürzung für FunktionsRegler (functional regulator) und nicht für „Fränkel-Apparatur“. Dass auch der Name Fränkel mit „Fr“ beginnt, ist nur Zufall.

Die Funktionsregler Typ FR-1 und FR-2 finden bei der Therapie der Unterkieferrücklage mit vergrößertem Overjet (Angle-Klasse II/1) Anwendung. Der FR-3 wird zur Therapie von Anomalien des prognen Formenkreises, insbesondere bei vorliegender Unterentwicklung des Oberkiefers, genutzt. Der Anwendungsbereich des FR-4, nämlich die Therapie einer skelettalen Hyperdivergenz vergesellschaftet mit einem frontal offenen Biss, wird durch einen modifizierten FR-1 abgedeckt. Somit ist die Beschränkung auf nur drei Grundtypen sinnvoll. Eine Unterteilung in Subtypen, welche früher mit Kleinbuchstaben gekennzeichnet wurden, wird ebenfalls nicht mehr vorgenommen. Einzelne Modifikationen der Grundtypen sind dennoch in bestimmten Fällen erwünscht und sollten individuell zwischen Kieferorthopäde und Techniker kommuniziert werden.

Der Funktionsregler Typ FR-3

Der Funktionsregler Typ FR-3 (Abb. 1) besteht aus zwei Bukkalschilden und Oberlippenpelotten, dem unteren Labialdraht, dem Palatinalbügel und einem Protrusionsbogen im Oberkiefer sowie Drahtauflagen auf den jeweils endständigen Molaren im Ober- und Unterkiefer.

Bestandteile und Wirkungsweise des Funktionsreglers FR-3

Bukkalschilde und Lippenpelotten

Der untere Teil der Bukkalschilde liegt dem Alveolarfortsatz und den Außenflächen der Seitenzähne des Unterkiefers eng an. Damit soll einer übermäßigen Entwicklung des Unterkiefers entgegengewirkt werden. Außerdem wird so im Zusammenspiel mit dem Labialdraht und den unteren Molaren-Auflagen ein stabiler Halt des Geräts auf dem Unterkiefer erreicht. Im Oberkiefer stehen die Schilde von den Außenflächen des Alveolarfortsatzes ab (Abb. 2a). Sie haben gemeinsam mit den ebenfalls abstehenden Lippenpelotten die Aufgabe, die äußere Weichteilkapsel in ihrem oberen Anteil zu weiten, um so Platz für die

all rights reserved

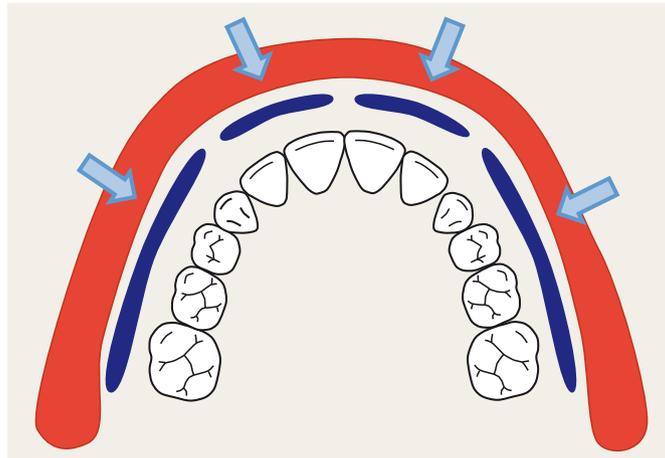


Abb. 2a Der Abstand der Bukkalschilde im Oberkiefer sollte zwischen 2 und 3 mm betragen. Im Unterkiefer liegen die Schilde eng an.

Abb. 2b Durch die abstehenden Wangenschilde und Lippenpelotten wird das Gleichgewicht zwischen oralen und perioralen Weichteilen im maxillären Bereich verändert. So soll die transversale und sagittale Entwicklung des Oberkiefers begünstigt werden.

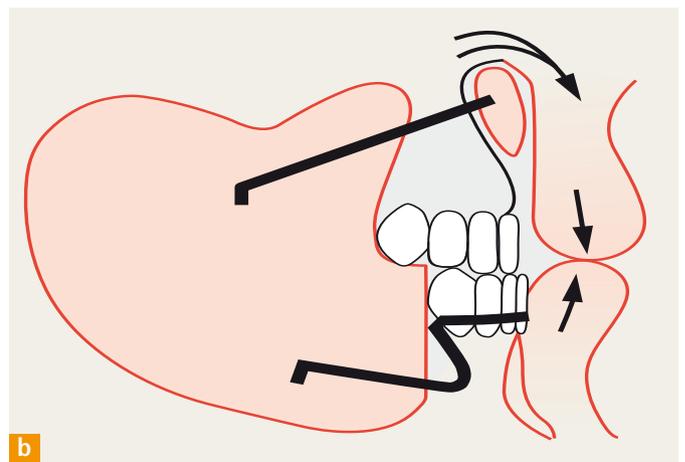
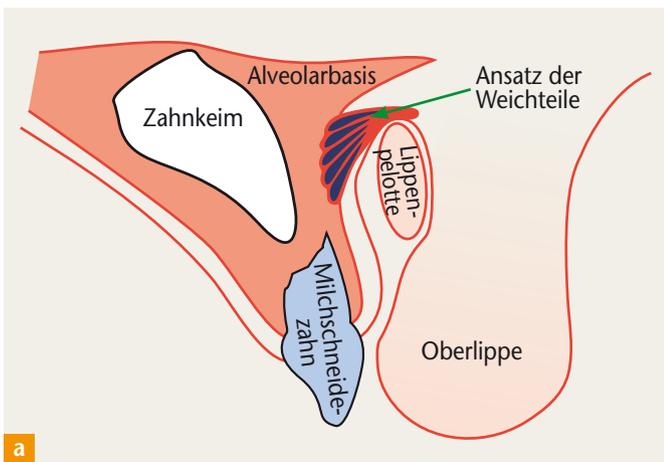


Abb. 3a und b Die Lippenpelotten des FR-3 lagern sich hoch in die Umschlagfalte ein. Durch den Lippenschluss entsteht eine erhebliche Zugspannung am Periost des Oberkiefer-Alveolarfortsatzes.

transversale und sagittale Nachentwicklung zu schaffen (Abb. 2b).² Gleichzeitig resultiert ein Effekt im Sinne einer Dehnung und Streckung der Weichteilkapsel.

Zudem entsteht durch die hohe Lage der Oberlippenpelotten in der Umschlagfalte eine Zugspannung (Abb. 3). So wird ein nach anterior gerichteter Zug über die an der Alveolarbasis ansetzende Muskulatur erzeugt. Nach Delaire¹ hat der Ansatz der Weichteile, besonders der Muskulatur in diesem Bereich, eine große Bedeutung für die Sagittalentwicklung des Oberkiefers.

Die so gedehnte und in Spannung versetzte Weichteilkapsel übt dann auch einen nach dorsal gerichteten Druck auf die Lippenpelotten und somit auf den gesamten Funktionsregler aus. Über den Labialdraht und die eng anliegenden unteren Anteile der Seitenschilde wird diese induzierte Dorsalverlagerung des Geräts direkt auf den Unterkiefer übertragen. Wirken nun die Protraktoren dieser Kraft entgegen, wird folglich auch wieder die Zugspannung im anterioren Vestibulum des Oberkiefers erhöht. Es resultiert ein „floating effect“, der sich somit auf die Entwicklung des Oberkiefers fördernd und auf die des Unterkiefers hemmend auswirkt (Abb. 4).

Abb. 4 Das dynamische Wechselspiel begünstigt eine sagittale Nachentwicklung des Oberkiefers bei gleichzeitiger Hemmung der Translation des Unterkiefers. Um die Dorsalverlagerung des Funktionsreglers nicht zu behindern, darf sich die Überführung des Protrusionsbogens (Pro-Bo) nicht interdental einlagern (vgl. Abb. 19), sonst resultiert ein unerwünschter „Headgear-Effekt“.

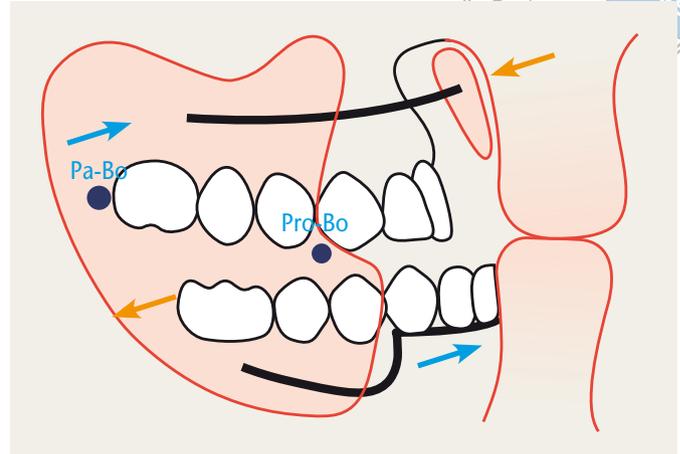


Abb. 5a Alginatabformung des Oberkiefers. Das Vestibulum muss zirkulär, inkl. der Ansätze von Wangen- und Lippenbändchen, detailgetreu wiedergegeben werden.



Abb. 5b Alginatabformung des Unterkiefers. Neben dem Vestibulum ist die exakte Wiedergabe der Bukkalfläche des Alveolarfortsatzes sehr wichtig.

Klinische Vorbereitung Abformung des Ober- und Unterkiefers

Proffit unterscheidet bei den funktionskieferorthopädischen Geräten zahngetragene („tooth borne“) und schleimhautgetragene („tissue borne“) Apparaturen.¹² Bei dem Funktionsregler nach Fränkel handelt es sich um ein überwiegend schleimhautgetragenes funktionskieferorthopädisches Gerät. Das heißt, der Funktionsregler nutzt im Gegensatz zu den überwiegend zahngetragenen Apparaturen das Vestibulum als apparative Basis. Dieser Grundsatz ist nicht nur bei der klinischen Anwendung relevant, sondern muss bereits bei der Fertigung des Funktionsreglers beachtet werden. Neben den Zahnreihen und den Außenflächen der Alveolarfortsätze muss deshalb insbesondere auch die Umschlagfalte vollständig abgeformt sein (Abb. 5a und b). Für die Abformung sind anatomisch gestaltete perforierte Abformlöffel (nach Ehrlicke) mit einer Flügelhöhe von 15 mm geeignet. Es hat sich bewährt, beim Mischen des Alginats das Verhältnis der Komponenten etwas zugunsten des Pulvers zu verändern. Die Autoren empfehlen, nur gut drei viertel der vom Hersteller vorgeschriebenen Wassermenge zu verwenden. Die Abformmasse erhält so eine pastöse

all rights reserved



Abb. 6 Es sollte eine Vertiefung für den Zahnbogen eingearbeitet werden, um eine exakte Abformung aller Strukturen zu gewährleisten.



Abb. 7a Der Okklusionsbefund zeigt einen frontalen Kreuzbiss.

Abb. 7b Mit dem Konstruktionsbiss zusammengesetztes Modellpaar. Die Bissperre ermöglicht knapp die Entkopplung des frontalen Kreuzbisses.

Konsistenz. Das knetbare Gemisch ist jetzt besser auf den Abformlöffel zu applizieren. Mit dem angefeuchteten Finger sollte nun noch eine zirkuläre Vertiefung eingearbeitet werden (Abb. 6). Das hat den Vorteil, dass beim Andrücken des Abformlöffels im Mund, die Okklusalfächen der Zähne, der Alveolarfortsatz und der Bereich der Umschlagfalte nahezu zeitgleich Kontakt mit der Abformmasse haben. Somit steht ausreichend Material für eine exakte Abformung des Vestibulums zur Verfügung.

Konstruktionsbiss

Da für die Fabrikation des Funktionsreglers die Modelle in einem Fixator montiert werden, ist die Anfertigung eines Konstruktionsbisses notwendig. Der Biss sollte nur soweit gesperrt werden, als dass ein eventuell vorliegender frontaler Kreuzbiss gerade überstellt werden kann (Abb. 7a und b). Liegt kein frontaler Kreuzbiss vor, ist ein interokklusaler Abstand von ca. 1,5 mm im Molarenbereich zum Platzieren der Auflagen ausreichend. Eine übermäßige Bissperre im Frontzahnggebiet ist in jedem Fall zu vermeiden. Dadurch würde der für den therapeutischen Erfolg wichtige Lippenschluss erschwert oder gar unmöglich gemacht werden. Zudem leidet bei übertriebener Bissperre der Tragekomfort, was sich wiederum nachteilig auf die Patientencompliance auswirken könnte. Außerdem darf bei der Anfertigung des Konstruktionsbisses für einen FR-3 (anders als beim FR-1 oder FR-2) eine eventuell vorliegende laterale Abweichung des Unterkiefers nicht aktiv korrigiert werden.



Abb. 8 Es wird der Abstand von der Umschlagfalte bis zum Gingivalsaum des seitlichen Schneidezahns gemessen und auf dem Technikzettel vermerkt.

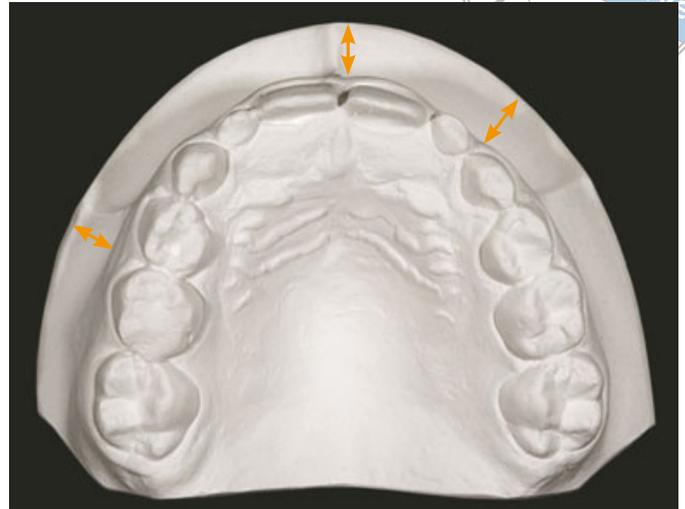


Abb. 9 Das Arbeitsmodell des Oberkiefers als Beispiel. Nach dem Trimmen sollte das Vestibulum noch ca. 4 bis 6 mm (siehe Pfeile) breit sein.

Messen der Vestibulum-Tiefe

Die Oberlippenpelotten müssen sich tief ins Vestibulum einlagern, um nach dem Eingliedern des Funktionsreglers eine entsprechende Zugwirkung zu erzielen. Mit einem geeigneten Messinstrument lässt sich die Tiefe der Umschlagfalte austasten (Abb. 8). Dieser Wert dient dem Labortechniker als Orientierung, wie weit das Gipsmodell im Bereich der anterioren Umschlagfalte nachgearbeitet werden muss, um später die korrekte Lage der Pelotten zu gewährleisten.

Herstellen des Funktionsreglers FR-3

Fertigung der Modelle

Zum Ausgießen der Abformungen sollte Hartgips (Klasse-III-Gips) verwendet werden. Superhartgips ist nicht zu empfehlen, da die Modelle mit Handinstrumenten nachgearbeitet werden müssen. Beim Trimmen der Modelle ist darauf zu achten, dass das Vestibulum vollständig erhalten bleibt (Abb. 9). Ober- und Unterkiefer werden dann entsprechend des Konstruktionsbisses im Fixator befestigt. Eine Kontrolle der vertikalen Dimension ist unerlässlich. Sollte sich eine zu große Bissperre ergeben, ist eine Rücksprache mit dem Kieferorthopäden erforderlich. Gegebenenfalls muss eine Neuanfertigung des Konstruktionsbisses erfolgen.

Radieren der Arbeitsmodelle

Der Funktionsregler nutzt als ein sogenanntes schleimhautgetragenes funktionskieferorthopädisches Gerät¹¹ das Vestibulum als apparative Basis. Die Lippenpelotten sowie die Oberländer der Seitenschilder sollen sich tief in die Umschlagfalte einlagern. Um eine entsprechende Zugwirkung nach dem Eingliedern des Funktionsreglers zu erzielen, muss der Labortechniker die Modelle nacharbeiten. Entsprechend der vom Kieferorthopäden vorgegebenen Werte (klinische Messung) (siehe Abb. 8), wird das Ausmaß der Radierung

all rights reserved



Abb. 10 Anzeichnen der geplanten Radierung am Oberkiefermodell sowie Markieren der Lage des Labialbogens an den Unterkieferfrontzähnen.

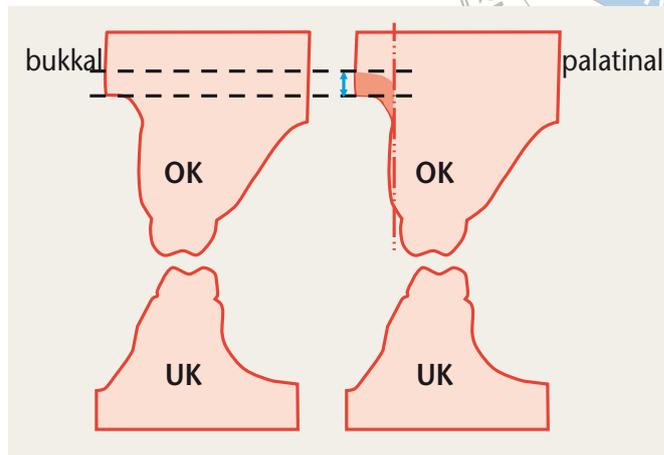


Abb. 11 Links, das nicht getrimmte Arbeitsmodell; rechts, das Vestibulum wurde durch das Radieren des Arbeitsmodells in vertikaler Richtung vertieft. Der Alveolarfortsatz darf in transversaler Richtung nicht abgetragen werden.



Abb. 12a Vorsichtiges Abtragen des Gipses mit einer Fräse.



Abb. 12b Mit geeigneten Handinstrumenten (Le Cron, Wachsmesser etc.) wird das Modell nachgearbeitet.

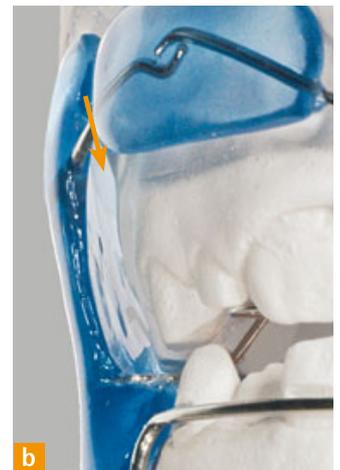
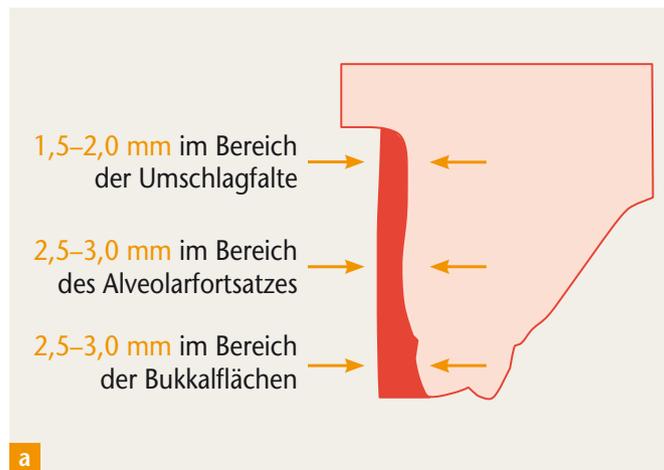
am Oberkiefermodell markiert (Abb. 10). Besonders im Bereich der oberen frontalen Umschlagfalte sollte reichlich abgetragen werden. Das Weichgewebe ist hier sehr nachgiebig. Radierungen sind außerdem in der seitlichen Umschlagfalte und am Tuber erforderlich. Die Ansätze der Lippen- und Wangenbändchen müssen erhalten bleiben und dürfen nicht radiert werden. Es ist unbedingt darauf zu achten, dass nur in vertikaler Richtung der Gips abgetragen wird. Die Außenflächen des Alveolarfortsatzes dürfen nicht verändert werden (Abb. 11). Daher sollte zunächst mit der Fräse der Gips nur grob abgetragen werden (Abb. 12a). Danach ist es ratsam, die exakte Form der Umschlagfalte mit Handinstrumenten zu korrigieren (Abb. 12b).

Die Umschlagfalte des Unterkiefermodells bleibt unverändert. Lediglich an den Unterkieferfrontzähnen wird eine leichte Vertiefung eingearbeitet (vgl. Abb. 10). Mit einem Skalpell wird in Höhe der Papillen eine v-förmige Vertiefung an den labialen Flächen der Eck- und

Abb. 13 Die Stärke des Wachsfutters definiert den späteren Abstand der Bukkalschilde und Lippenpelotten im Bereich des Oberkiefers.



Abb. 14 a Wachsfutter im Seitenzahnbereich. Am unteren Rand weist das Wachsfutter mit 2,5 bis 3 mm die größte Stärke auf und ist im Bereich der Umschlagfalte mit 1,5 bis 2 mm etwas dünner. Die Kauflächen werden zunächst nicht mit Wachs bedeckt; **b** Abstand des Bukkalschilds vom Alveolarfortsatz nach Fertigstellung.



Schneidezähne (nur im Unterkiefer) eingearbeitet. Diese Rille erleichtert bei der Herstellung die Positionierung des Labialbogens und garantiert, dass der Labialbogen später den unteren Frontzähnen straff anliegt. Beim Eingliedern des Funktionsreglers werden die Zähne am Patienten *nicht* eingeschliffen!

Wachsfutter

Um den Oberkiefer sowohl transversal wie auch sagittal nachentwickeln zu können, müssen die Lippenpelotten und die Bukkalschilde im Oberkiefer vom Alveolarfortsatz abstehen.^{2,4} Ein Wachsfutter erfüllt während der Herstellung die Funktion des Platzhalters (Abb. 13). Im Seitenzahngebiet reicht das Wachsfutter bis in Höhe der Höckerspitzen und formt hier einen scharfen rechten Winkel nach okklusal. So kann die angestrebte Lateralbewegung der Seitenzähne ungehindert erfolgen. Die Stärke des Wachsfutters muss exakt eingehalten werden (Abb. 14a und b). Stehen die Schilde zu weit ab, wird dadurch der Tragekomfort beeinträchtigt und die Compliance reduziert. Bei zu dicht anliegenden Kunststoffschilden wäre die Wirkung hingegen zu schnell erschöpft, zudem kann es zu Druckstellen kommen.

Im Frontzahnbereich weist das Wachsfutter in der Nähe der Umschlagfalte eine Stärke von 2 mm auf. Da beim Öffnen des Mundes der Funktionsregler zusammen mit dem Un-

all rights reserved

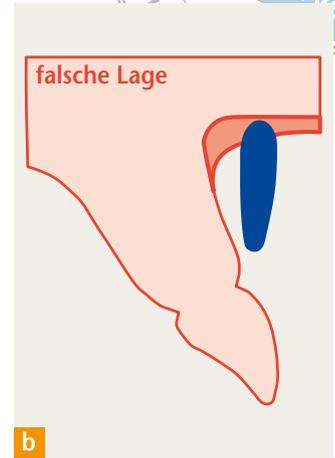
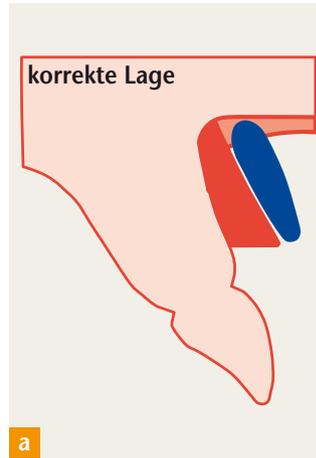


Abb. 15 Es empfiehlt sich die korrekte Stärke des Wachsfutters an mehreren Stellen (ebenfalls im Bereich der Seitenschilde) mit einer millimeterskalierten Parodontal-Sonde (z. B. Hu-Friedy, Rotterdam, NL, Art.-Nr.: PCPUNC15) zu prüfen.

Abb. 16a und b Die Lippenpelotten müssen später annähernd parallel zum anterioren Alveolarfortsatz liegen.

Abb. 17 Das Ausblocken ist besonders im Bereich der Papillen wichtig. Die Wachsstärke darf hier bis zu 1 mm betragen. Die vestibulären Flächen der Seitenzähne hingegen werden nicht mit einer Wachsschicht überzogen.

terkiefer nach unten absinkt, müssen die Lippenpelotten einen ausreichenden Abstand zur Schleimhaut haben. Am unteren Rand nahe des Gingivalsaums beträgt die Stärke des Wachsfutters daher 3 mm (Abb. 15). Liegen die Pelotten dem anterioren Alveolarfortsatz zu dicht an, reiben sie bei jeder Öffnungsbewegung über die Gingiva im Bereich der Sulci. Dies kann zu Irritationen der Schleimhaut bzw. zu Läsionen führen. Allerdings gilt auch hier, dass ein zu dickes Wachsfutter später zu weit abstehende Oberlippenpelotten zur Folge hätte. Dies würde den Lippenschluss behindern und somit eine unphysiologische Mundatmung begünstigen (Abb. 16a und b).

Am Unterkiefer wird bei der Herstellung des FR-3 kein „echtes“ Wachsfutter im Sinne eines Platzhalters appliziert. Allerdings müssen, um spätere Druckstellen zu vermeiden, die Sulci und die Region der Papillen im Seitenzahnbereich leicht ausgeblockt werden (Abb. 17).

Drahtelemente Oberkiefer

Der Funktionsregler Typ FR-3 besitzt im Oberkiefer (Abb. 18a und b) einen Protrusionsbogen, den Palatinalbogen (in einigen älteren Büchern auch als „D-Feder“ bezeichnet), Drahtauflagen beidseits auf den endständigen Molaren sowie die drei Verbindungsdrähte für die Lippenpelotten.

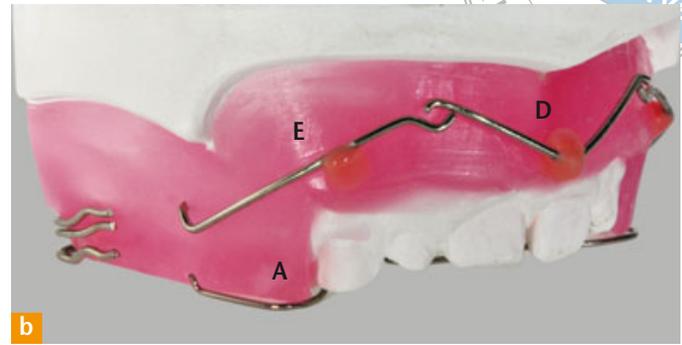
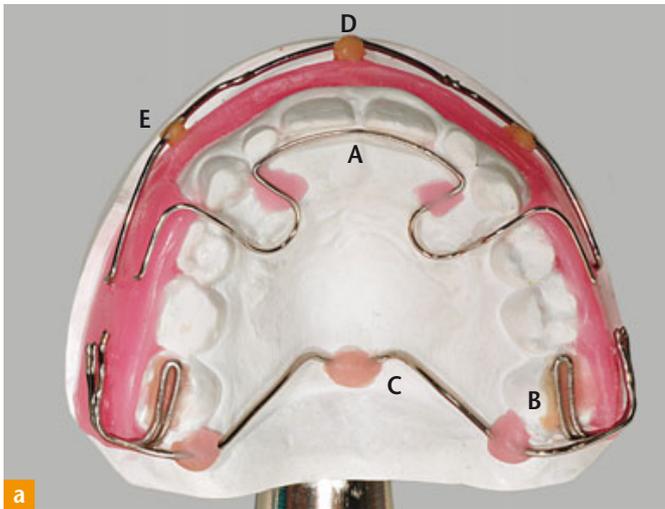
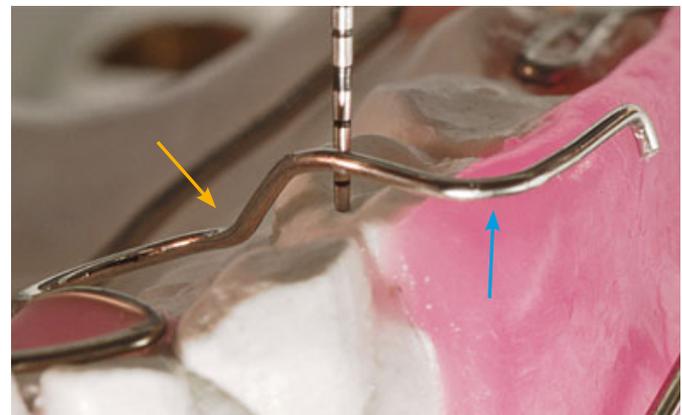


Abb. 18 a und b Übersicht der Drahtelemente im Oberkiefer (inkl. der entsprechenden Drahtstärken) des FR-3: A – Protrusionsbogen (\varnothing 0,7 mm); B – okklusale Auflagen (\varnothing 0,8 mm); C – Palatinalbogen (\varnothing 1 mm [1,1 mm]); D – mittlerer Verbindungsdraht (\varnothing 0,9 mm); E – seitlicher Verbindungsdraht (\varnothing 0,9 mm).

Abb. 19 Ein leichter Knick (gelber Pfeil) markiert den Übergang von der U-Schleife in den Überführungsteil. Die Überführung überkreuzt distal vom Eckzahn mit einem okklusalen Abstand von ca. 1 bis 1,5 mm und biegt in derselben Ebene nach distal (blauer Pfeil) in die Retention ab.



Der Protrusionsbogen (siehe Abb. 18a und b: A) ist das einzige federaktive Element des FR-3. Er wird aus federhartem Draht der Stärke 0,7 mm gebogen. Bei einem frontalen Kreuzbiss wird mit ihm die Labialkipfung der oberen Schneidezähne und somit das Überstellen des umgekehrten Schneidezahnüberbisses erreicht. Dazu kann der horizontale Anteil im Bereich der U-Schleifen vom Kieferorthopäden entsprechend aktiviert werden. Ist der frontale Kreuzbiss überstellt, sollte der Protrusionsbogen nur noch passiv anliegen, um die erreichte Schneidezahnstellung zu sichern. Da die Elongation bzw. der weitere Durchbruch der Schneidezähne nicht behindert werden darf, liegt der Protrusionsbogen im inzisalen Drittel den Palatinalflächen der oberen Schneidezähne an und darf den Tuberkula nicht aufliegen. Die okklusale Überführung in den Retentionsteil hat keinen Kontakt mit der Zahnreihe und darf sich nicht interdental einlagern (Abb. 19).

Liegt zu Beginn der Behandlung ein frontaler Kreuzbiss vor, muss der Biss mittels Drahtauflagen beidseits auf dem letzten oberen Molar (siehe Abb. 18a und b: B) soweit gesperrt werden, dass die Schneidezähne entkoppelt sind. Die schlaufenförmigen Drahtauflagen werden aus 0,8 mm starkem Draht gebogen. Sie sichern die vertikale Sperre, die mit dem Konstruktionsbiss definiert wurde. Nach Erreichen eines gesicherten Overbite können die Molarenauflagen im Oberkiefer entfernt werden. Die Schenkel der Schleife liegen den ok-

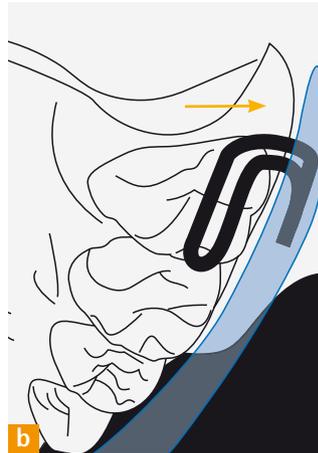
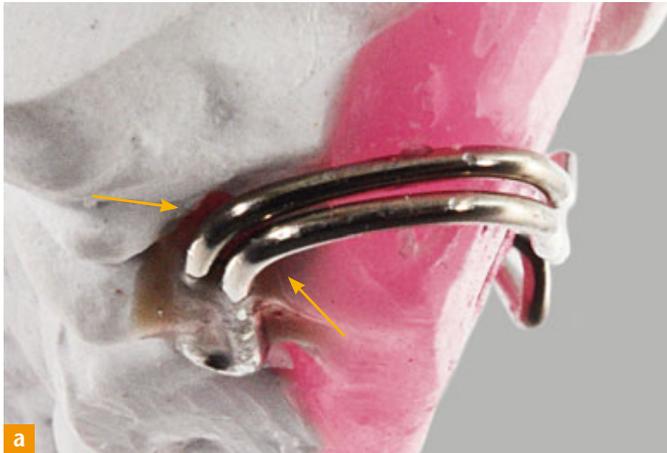


Abb. 20a und b Oberkiefer-
auflage auf dem Zahn 16
(Ansicht von distal). Im Bereich
der Okklusalfäche liegen die
Schenkel der Schlaufe horizontal
parallel. Die Retentionsarme
hingegen liegen vertikal in
einer Ebene.

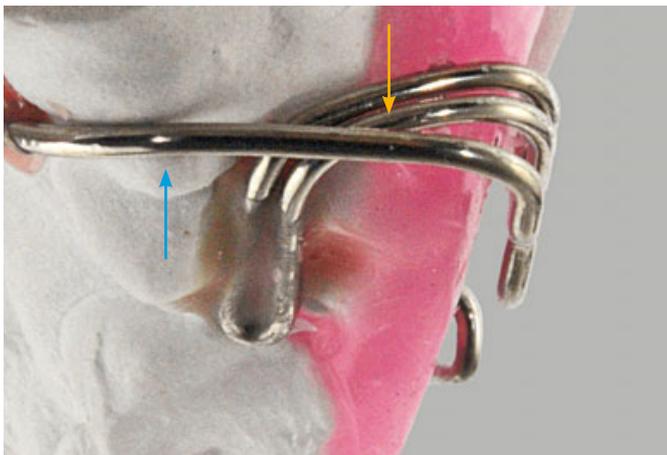


Abb. 21 Der Palatinalbogen
liegt der Distalfäche des
Molars an (blauer Pfeil) und
überkreuzt die beiden Arme
der Auflagen (gelber Pfeil).

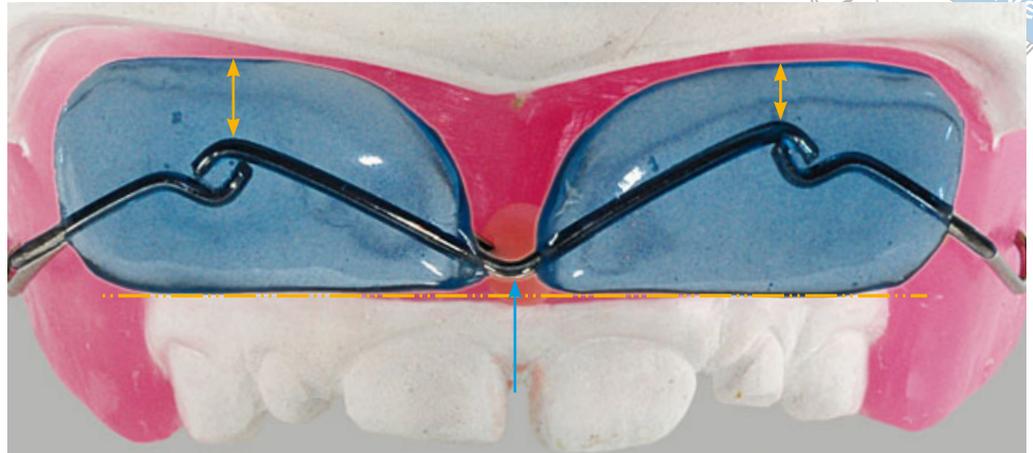
klusalen Abhängen der vestibulären Höcker an (Abb. 20a). So werden die oberen Molaren nicht an ihrer Lateralbewegung gehindert. Diese gewünschte Lateralbewegung kann somit sogar unterstützt werden (Abb. 20b).

Die Retentionsarme verlaufen parallel zum Wachsfutter in einem Abstand von ca. 0,75 bis 1 mm (vgl. Abb. 24c). Die Auflagen müssen okklusal gut fixiert werden, sodass sie beim Überführen in Kunststoff nicht verrutschen.

Danach kann mit der Fertigung des Palatinalbogens (siehe Abb. 18a und b: C) begonnen werden. Da dieser die Auflagen distal überkreuzt (Abb. 21), sollten die Auflagen immer zuerst fertiggestellt werden. Der Palatinalbogen ist ein passives Element. Er dient der transversalen Versteifung des Geräts und wird nicht aktiviert. Manipulationen nach Fertigstellung des Geräts haben negative Auswirkungen auf die Passgenauigkeit. Insbesondere ist der exakte Sitz der Wangenschilde im Bereich des Unterkiefer-Alveolarfortsatzes nicht mehr gegeben, was die Funktion des FR-3 beeinträchtigt und zudem zu Druckstellen führen kann. Der Palatinalbogen wird in der Regel aus federhartem Draht der Stärke 1 mm gefertigt. Da er den Funktionsregler aber im Dorsalen versteift, kann ggf. auch 1,1 mm starker Draht verwendet werden. Dies ist besonders dann ratsam, wenn aufgrund sehr großflächiger Seitenschilde oder/und starker Wangenmuskulatur mehr Stabilität erforder-



Abb. 22 Wenn es das Lippenbändchen ermöglicht, sollte die Spitze des „V“ nicht über das Wachsfutter hinausragen (blauer Pfeil). Da sich in diesem Bereich später kein Kunststoff befindet, eignet er sich zur Fixierung des Drahts. Die Projektion veranschaulicht die zukünftige Lage der Lippenpelotten.



lich ist. Der Palatinalbogen wird jeweils hinter dem endständigen Molar, in der Regel der 6-Jahr-Molar, überführt (vgl. Abb. 18a und b). Je nach Dentitionsstand kann dies aber auch der Milch-Fünfer oder der zweite Molar der permanenten Dentition sein. Um die freie Beweglichkeit des FR-3 in dorsaler Richtung nicht zu behindern, darf sich der Palatinalbogen keinesfalls vor einem Zahn interdental einlagern (vgl. Abb. 4). Die Retentionsarme verlaufen beidseits ebenfalls mit einem Abstand von maximal 1 mm parallel zum Wachsfutter (vgl. Abb. 24c). Der palatinale Anteil sollte nicht zu weit nach anterior gebogen werden, um die korrekte Lage der Zunge am Gaumen nicht zu behindern (vgl. Abb. 18a und b).

Im Oberkiefer besitzt der FR-3 vestibulär drei Verbindungsbögen (siehe Abb. 18a und b: D und E). Um auch im anterioren Bereich eine gewisse Stabilität des Geräts zu erzielen und um die Lagestabilität der Pelotten zu gewährleisten, werden diese Elemente aus 0,9 mm starkem Draht gefertigt. Der mittlere Draht (siehe Abb. 18a und b: D) verbindet die beiden Pelotten miteinander. Er ist v-förmig gestaltet und umgeht so das Lippenbändchen. Die distalen Enden liegen in Höhe der Wurzelspitzen der Zweier. Die hakenförmigen Enden müssen in einem ausreichenden Abstand zum oberen Rand des Vestibulums gebogen werden. So können die Lippenpelotten im Falle von Druckstellen am oberen Rand problemlos vom Kieferorthopäden etwas gekürzt werden (Abb. 22).

Die seitlichen Drähte (siehe Abb. 18a und b: E) verbinden die Lippenpelotten mit den Bukkalschilden. Der Anteil, der später vom Kunststoff der Seitenschilde umschlossen wird, darf keine Knicke aufweisen (Abb. 23a). Ein Vorstellen der Lippenpelotten im späteren Behandlungsverlauf wäre sonst nicht möglich. Da die Verbindungsdrähte nahezu vollständig im Kunststoff liegen, bieten sich wenige Möglichkeiten, die exakte Lage stabil am Modell zu sichern. Lediglich ein kleiner Anteil zwischen Pelotte und Wangenschild liegt später frei (vgl. Abb. 23a und 35b). Aufgrund der Länge der seitlichen Verbindungsdrähte besteht beim Überführen in Kunststoff die Gefahr, dass die Drähte verrutschen. Aus diesem Grund wird zur Stabilisierung der Lage am distalen Ende eine kleine Hilfsbiegung, die sich in das Wachsfutter bohrt, angebracht (Abb. 23b). Nachdem der Funktionsregler in Kunststoff überführt ist, wird das Drahtende verschliffen.

all rights reserved

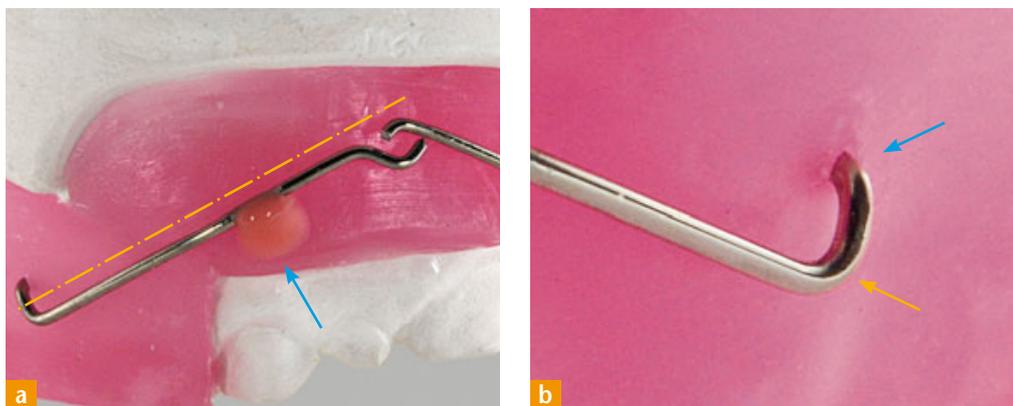


Abb. 23 a seitlicher Verbindungsdraht rechts. Wichtig: gerader Verlauf! Die Fixierung des Drahts befindet sich im Übergangsbereich zwischen Lippenpelotte und Seitenschild (Pfeil); b distales Ende des seitlichen Verbindungsdrahts links. Biegung nach oben in die Retention (gelber Pfeil). Die Biegung in das Wachsfutter (blauer Pfeil) sichert die Lage des Drahts bei der Überführung in Kunststoff.

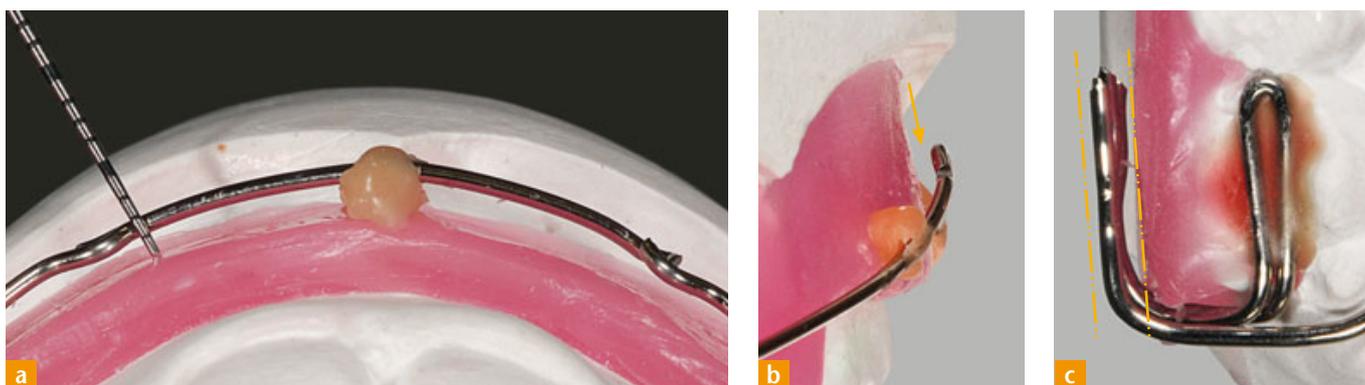


Abb. 24 Der Abstand der Verbindungsdrähte zum Wachsfutter beträgt 0,75 bis 1 mm (a und b). Die Retentionen von Palatinalbügel und Oberkieferauflagen verlaufen in einer Ebene ebenfalls mit einem Abstand von ca. 0,75 bis 1 mm parallel zum Wachsfutter (c).

Alle Retentionen der Drahtelemente im Oberkiefer haben einen Abstand von 0,75 bis 1 mm zum Wachsfutter (Abb. 24a bis c). Es muss ausreichend Platz vorhanden sein, sodass der Kunststoff vollständig den Draht umschließen kann. Wird allerdings dieser Abstand unnötig vergrößert, nimmt auch die endgültige Stärke der Kunststoffschilde zu. Das Gerät wird zum einen schwerer und zum anderen, ähnlich wie bei einem zu dicken Wachsfutter, zu groß und der Tragekomfort sinkt.

Drahtelemente Unterkiefer

Der Funktionsregler Typ FR-3 besitzt im Unterkiefer den Labialbogen sowie die Drahtauflagen auf den 6-Jahr-Molaren (Abb. 25).

Der Labialbogen im Unterkiefer (siehe Abb. 25: A) ist ebenfalls ein passives Element. Zusammen mit den unteren Anteilen der Wangenschilde wird der Unterkiefer fest umschlossen. So leistet auch er einen Beitrag, um einer weiteren Überentwicklung des Unterkiefers entgegenzuwirken.

Der Labialbogen wird aus 1 mm starkem Draht gebogen. Somit sorgt er für eine ausreichend stabile Verbindung der Seitenschilder im Unterkiefer. Der Labialbogen sollte kein linguales Kippen der unteren Frontzähne bewirken. Daher ist eine weit apikale Lage in Höhe

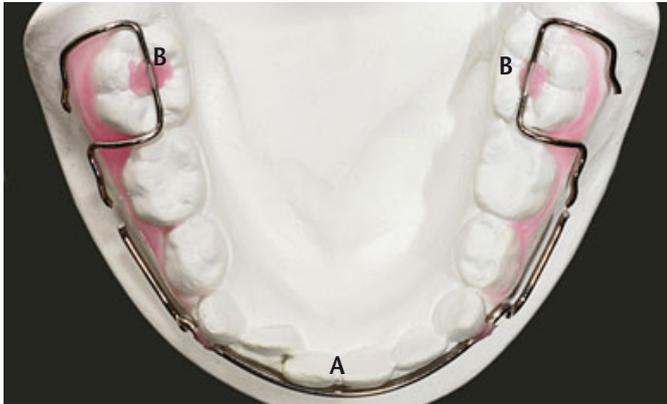


Abb. 25 Übersicht der Drahtelemente (inkl. der entsprechenden Drahtstärken) des FR-3 im Unterkiefer: A – Labialbogen (Ø 1 mm); B – Auflagen (Ø 1 mm).

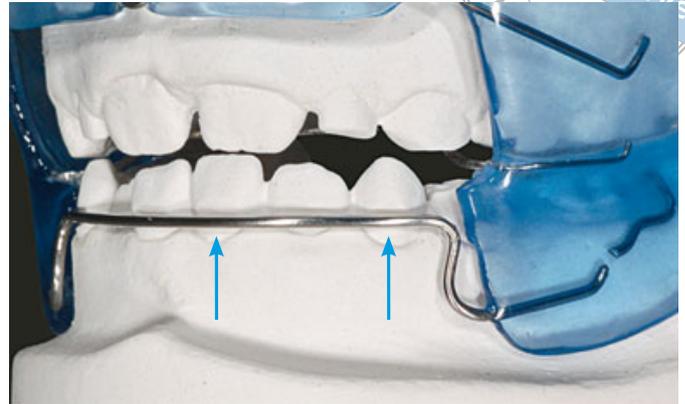


Abb. 26 Der Labialdraht beschreibt eine ideale Bogenform und liegt den Schneide- und Eckzähnen des Unterkiefers in Höhe der Papillen eng an.



Abb. 27 Distal des Eckzahns biegt der Schenkel des Labialbogens bajonettförmig leicht nach mesial ab und geht mit einer stumpfen Biegung in den Retentionsteil über. Der Abstand zum Alveolarfortsatz im Bereich der unteren Biegung sollte mindestens 1,5 bis 2 mm betragen.



Abb. 28 Drahtauflage auf dem Zahn 46; **a** Der okklusale Anteil geht im Bereich der Randleiste mit einer stumpfen Biegung (Pfeile) in den Retentionsteil über; **b** insbesondere der distale Retentionsarm darf nicht zu tief liegen.



der Papillen wichtig (Abb. 26). Da während des Durchbruchs der unteren Eckzähne oft mit einer Vorwölbung in dieser Region zu rechnen ist, müssen die Schlaufen mit ausreichendem Abstand zur vestibulären Schleimhaut gebogen werden (Abb. 27).

Die Drahtauflagen auf den Unterkiefermolaren sind obligatorisch und dürfen im Gegensatz zu den oberen Auflagen auch im Verlauf der Behandlung keinesfalls entfernt werden. Sie sichern den Halt des Funktionsreglers auf dem Unterkiefer und verhindern das Absinken des Geräts nach kaudal (siehe Abb. 25: B). Da sie für die vertikale Lagestabilität sorgen, wird auch hier 1 mm starker Draht verwendet. Der horizontale Anteil liegt in der Längsfissur des Molars (Abb. 28a). Die Retentionsarme müssen einen Abstand von 1 bis 1,5 mm zum Wachsfilm bzw. zum Alveolarfortsatz haben. Die Lage der Retentionen sollte ggf. ein Kürzen der Ränder ermöglichen (Abb. 28b).

Copyright by
all rights reserved

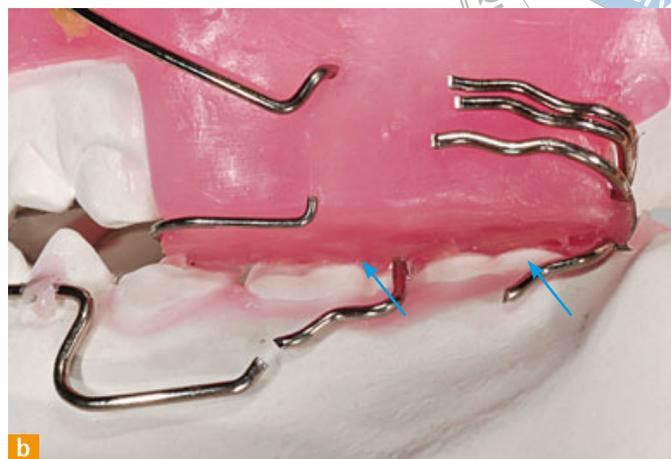
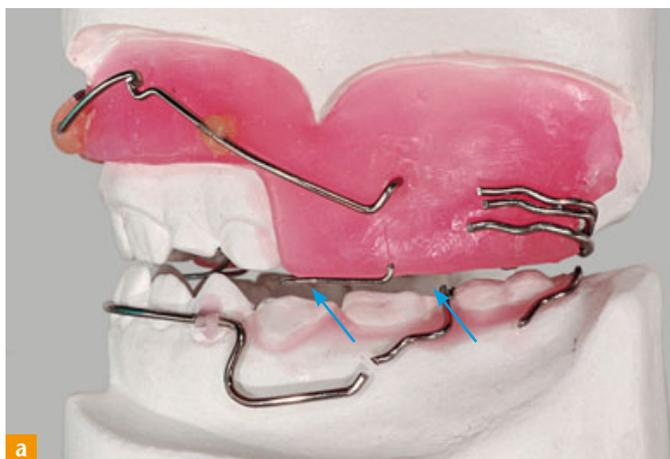


Abb. 29a und b Da der Kunststoff nicht im Sinne eines okklusalen Plateaus zwischen die Zahnreihen fließen darf, muss der Spalt zwischen Ober- und Unterkiefer (siehe Pfeile) noch mit Wachs verschlossen werden.



Abb. 30a und b Mit einem Wachsesser lässt sich sehr präzise und ohne unnötigen Überschuss der Kunststoff applizieren. Zudem kann so auf ein zusätzliches Anbringen von Wachswällen, wie es beim herkömmlichen Streuen oftmals nötig ist, verzichtet werden. Günstige Materialeigenschaften für dieses Verfahren bietet das Fabrikat Kanicryl (Kaniedenta, Herford).

Überführen in Kunststoff und Ausarbeiten

Bevor das Gerät in Kunststoff überführt wird, muss zunächst noch der Spalt zwischen Ober- und Unterkiefer im Bereich der Okklusionsfläche verschlossen werden (Abb. 29a und b).

Bei der Überführung des Funktionsreglers hat sich die Kunststoff-Modellieretechnik bewährt. Zunächst werden in einem geeigneten Gefäß Monomer und Polymer vermischt, bis eine sahnig-cremige Konsistenz erreicht ist. Der „angeteigte“ Kunststoff kann nun sehr kontrolliert im Bereich des Wachsfutters appliziert werden (Abb. 30a und b). Ist ausreichend Kunststoff aufgetragen, können die Flächen noch durch leichten Fingerdruck modelliert werden (Abb. 31).

Nach der Polymerisation wird das Wachsfutter ausgebrüht und der Rohling vom Modell gelöst. Nun sollte die überstehende Drahtspitze des seitlichen Verbindungsdrahts, die als Fixierungshilfe gedient hat, verschliffen werden (Abb. 32). Danach wird mit dem Ausar-



Abb. 31 Abschließend wird der Kunststoff mit angefeuchtem Finger noch etwas geglättet, um das spätere Ausarbeiten zu erleichtern.



Abb. 32 Der Anteil des seitlichen Verbindungsdrahts, der im Wachsfutter steckte, ragt jetzt aus dem Kunststoff heraus und muss abgeschliffen und geglättet werden.



Abb. 33 **a** Zunächst werden die Überstände an den Rändern vorsichtig abtragen, **b** danach folgt das Glätten der vestibulären Flächen der Wangenschilde und Lippenpelotten. Die definitive Kunststoffstärke beträgt beim fertig polierten Funktionsregler ca. 2 bis 3 mm.

beiten begonnen (Abb. 33a und b). Besonderes Augenmerk sollte auf die Gestaltung der Lippenpelotten gelegt werden. Bereits beim Glätten der Außenfläche muss die spätere Gestalt und Lage der Pelotten beachtet werden. Nach dem groben Ausarbeiten wird der Sitz des Geräts auf dem Modell überprüft. Entspricht die Ausdehnung des Kunststoffs dem Verlauf des Vestibulums, können die Umriss der Lippenpelotten und der Wangenschilde eingezeichnet werden (Abb. 34a und b). Beim Konturieren ist zu beachten, dass später die beiden Lippenpelotten und die Seitenschilde nur durch einen schmalen Spalt getrennt sein dürfen. Ein häufig beobachteter Fehler ist die falsche Formgebung der Seitenschilde. Hierbei endet mesial das Seitenschild unkorrekterweise bereits in Höhe des Wangenbändchens, woraus ein zu großer Raum zwischen Pelotten und Seitenschild resultiert (Abb. 35a und b).

Bei der abschließenden Politur werden die Ränder, welche sich ins Vestibulum einlagern, stumpf abgerundet (Abb. 36a und b).

all rights reserved

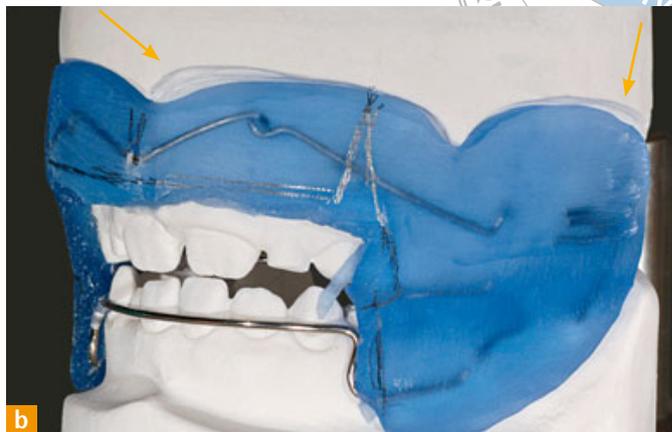
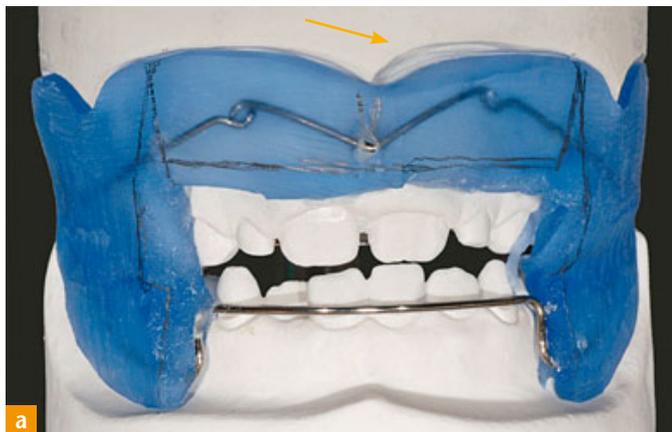


Abb. 34a und b Überprüfen des exakten Verlaufs der Ränder, ggf. ist ein Nachstopfen erforderlich (siehe Pfeile). Die Konturen der Lippenpelotten und Seitenschilde werden mit Bleistift angezeichnet.

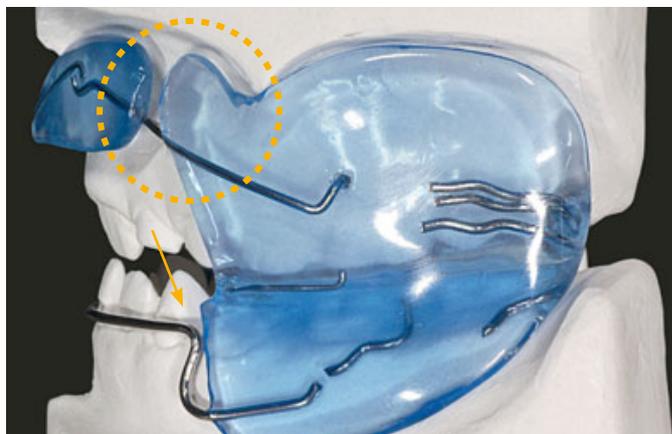
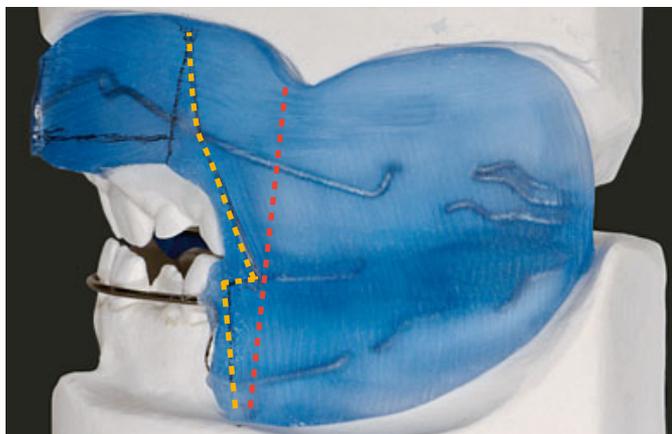


Abb. 35a Korrekter (gelbe Linie) und falscher (rote Linie) Verlauf des mesialen Rands des Bukkalschilds. Im Bereich der Zahnkronen dient jeweils der distale Kontaktpunkt der Dreier im Ober- bzw. Unterkiefer zur Orientierung. Im Oberkiefer wird dann das Bukkalschild apikalwärts nach mesial orientiert, um auch im Bereich des oberen Milchzahn eine ausreichende Zugspannung zu erzeugen. Es resultiert also eine etwas gestufte, oben nach vorne geneigte Abschlusslinie der Bukkalschilde.

Abb. 35b Ausdehnung des Seitenschilds nach mesial vor das Wangenbändchen, nur geringer Abstand zwischen den Kunststoffanteilen (Kreis). Im Unterkiefer endet das Seitenschild knapp vor der Biegung des Labialdrahts, in der Regel zwischen den Zähnen III und IV (siehe Pfeil).

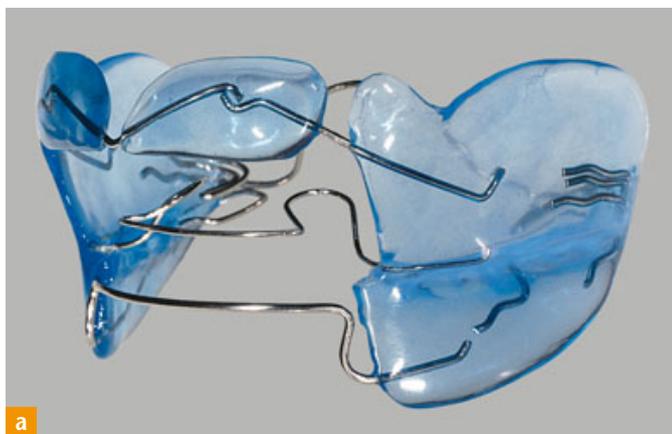


Abb. 36 a Ein polierter Funktionsregler Typ FR-3; **b** oberer Rand des rechten Seitenschilds, Ansicht von mesial.

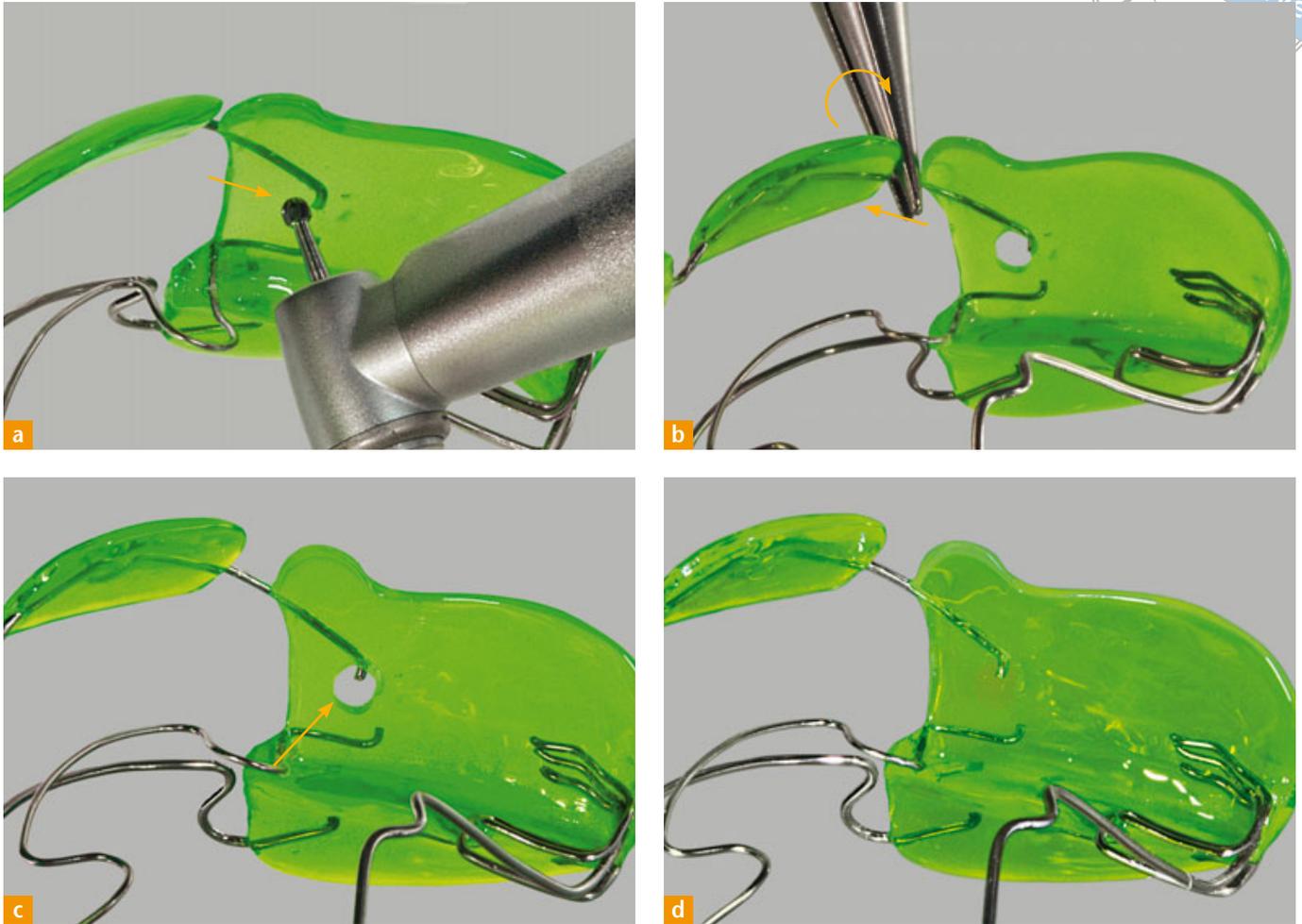


Abb. 37 **a** Freilegen des Endes (Retention) des seitlichen Verbindungsdrahts; **b** Lockern des Verbindungsdrahts im Seitenschild durch vorsichtige oszillierende Bewegungen; **c** das Ausmaß der Aktivierung wird sichtbar (max. 1,5 bis 2 mm je Seite); **d** wieder verschlossenes Seitenschild.

Wachstumsanpassung

Bei den Verlaufskontrollen muss immer der Abstand der Lippenpelotten zum Alveolarfortsatz des Oberkiefers überprüft werden. Initial beträgt dieser Abstand, entsprechend des Wachsfutters bei der Herstellung, ca. 1,5 bis 3 mm. Hat sich dieser Abstand als Zeichen des Behandlungserfolgs deutlich verringert und besteht die Gefahr, dass die Lippenpelotten bei der Öffnungsbewegung über den Gingivarand der oberen Schneidezähne reiben, können die Lippenpelotten im Sinne einer Wachstumsanpassung vorgestellt werden. Somit ist auch eine Nachaktivierung in sagittaler Richtung möglich. Um die Lippenpelotten vorstellen zu können, wird zunächst beidseits im Bereich der Retentionsbiegung des seitlichen Verbindungsdrahts der Kunststoff weggeschliffen (Abb. 37a). Jetzt lässt sich der Verbindungsdraht mit einer Zange mobilisieren und aus dem Seitenschild ziehen (Abb. 37b und c). Die Aktivierung sollte beidseits höchstens 1,5 mm betragen. Anschließend werden beide Bukkalschilde wieder mit Kunststoff verschlossen (Abb. 37d). Transversal kann der FR-3



nicht angepasst bzw. nachaktiviert werden. Es dürfen keine Biegungen am Palatinalbogen im Sinne einer transversalen Aktivierung vorgenommen werden. Eine solche Manipulation hätte direkte negative Auswirkungen auf die Passgenauigkeit der eng anliegenden Seitenschilder im Unterkiefer. Ist der Abstand zwischen den Bukkalschildern und dem seitlichen Alveolarfortsatz des Oberkiefers erschöpft, wird eine Neuanfertigung nötig.

Reparaturen

Es empfiehlt sich für möglicherweise anfallende Reparaturen, die Modelle sowie den entsprechenden Konstruktionsbiss aufzuheben. Bei den meisten Reparaturen am FR-3 ist die erneute Artikulation im Fixator ratsam. Hierfür müssen die für die ursprüngliche Herstellung radierten Modelle verwendet werden. Neue Abformungen der Kiefer sind nicht zielführend, da der Funktionsregler nicht auf das unbearbeitete Oberkiefermodell passt.

Für weitere Details zum klinischen Management und zur Patienteninstruktion sowie für die Beschreibung möglicher Modifikationen möchten die Autoren auf ihre beiden Artikel in der Quintessenz Kieferorthopädie verweisen.^{10,11}

Der Funktionsregler Typ FR-3 ist sowohl ein Behandlungsgerät als auch Behandlungskonzept, das die Klasse-III-Therapie in verschiedenen Entwicklungsphasen sinnvoll ergänzen kann. Er lässt sich nicht nur als alleinige Therapie vor einer später möglichen Multibracketphase einsetzen, sondern kann auch in komplexere Therapiestrategien, z. B. nach einer Klasse-III-Therapie, hervorragend integriert werden. Durch die Beeinflussung muskulärer Fehlfunktionen und des epigenetischen Umfelds ergänzt der Funktionsregler auch das Spektrum an Retentionsgeräten sinnvoll. Bei richtiger Indikationsstellung und korrekter technischer/klinischer Umsetzung ist der FR-3 für einige Klasse-III-Patienten ein geeignetes Behandlungsgerät, welches auch aufgrund der weitgehenden Freihaltung des oralen Funktionsraums zumeist eine hohe Akzeptanz beim Patienten aufweist.

Fazit

1. Delaire J. The potential role of facial muscles in monitoring maxillary growth and morphogenesis. In Muscle Adaptation in the Craniofacial Region, Carlson DS and McNamara JA. Craniofacial Growth series. Monograph 8, ed 2. University of Michigan, Ann Arbor, 1978.
2. Enlow DH, Hans MG. Essentials of Facial Growth. Second Edition. Ann Arbor: Needham Press Inc., 2008.
3. Fränkel C, Fränkel R. Der Funktionsregler in der orofazialen Orthopädie. Heidelberg: Hüthig, 1992.
4. Fränkel R, Fränkel C. Die klinische Bedeutung des Roux'schen Konzepts in der orofazialen Orthopädie. J Orofac Orthop 2001;62:1-21.
5. Fränkel R. Funktionskieferorthopädie und der Mundvorhof als apparative Basis. Berlin: Volk und Gesundheit, 1969.
6. Fränkel R. Technik und Handhabung der Funktionsregler. Berlin: VEB Verlag Volk und Gesundheit, 1973.
7. Fränkel R. Technik und Handhabung der Funktionsregler. Berlin: VEB Verlag Volk und Gesundheit 1976.
8. Fränkel R. Technik und Handhabung der Funktionsregler. Berlin: VEB Verlag Volk und Gesundheit 1984.
9. Fränkel R. The treatment of Class II, Division 1 malocclusion with functional correctors. Amer J Orthodont 1969;55:265.
10. Köbel C, Fränkel C, Lux C. Der Funktionsregler nach Fränkel Typ FR-3. Teil I: Grundlagen und klinisches Management. Kieferorthopädie 2012;26:33-43.

Literatur

11. Köbel C, Fränkel C, Lux C. Der Funktionsregler nach Fränkel Typ FR-3. Teil II: Herstellung und klinisches Management. Kieferorthopädie 2015;29:1–19.
12. Proffit WR, Fields HW, Sarver DM. Contemporary Orthodontics. Fourth Edition. St. Louis: Mosby Elsevier Inc., 2007.

**Dr. Chris Köbel**

Poliklinik für Kieferorthopädie des
Universitätsklinikums Heidelberg
Im Neuenheimer Feld 672
69120 Heidelberg
und
Kieferorthopädische Praxis
Carl-Goerdeler-Straße 2a
08066 Zwickau
E-Mail: chris.koebel@t-online.de

Dr. Christine Fränkel

Kieferorthopädische Praxis
Carl-Goerdeler-Straße 2a
08066 Zwickau

Prof. Dr. Christopher J. Lux

Mund-, Zahn- und Kieferklinik des Universitätsklinikums Heidelberg
Im Neuenheimer Feld 400
69120 Heidelberg
E-Mail: christopher.lux@med.uni-heidelberg.de