

Chris Köbel, Christine Fränkel, Christopher J. Lux

## Der Funktionsregler nach Fränkel Typ FR-3 Teil II: Herstellung und klinisches Management



**Chris Köbel**  
Dr. med. dent.  
Lehrbeauftragter der Poliklinik für Kieferorthopädie des Universitätsklinikums Heidelberg und kieferorthopädische Praxis, Zwickau  
E-Mail:  
chris.koebel@t-online.de

**Christine Fränkel**  
Dr. med.  
Kieferorthopädische Praxis, Zwickau

**Christopher J. Lux**  
Prof. Dr. med. dent.  
Ärztlicher Direktor der Poliklinik für Kieferorthopädie des Universitätsklinikums Heidelberg

### ■ Einleitung

Teil 1 dieser Artikelserie<sup>1</sup> beinhaltete die Wirkungsweise sowie Indikation und Therapiezeitpunkt des Funktionsreglers nach Fränkel Typ FR-3. Zudem wurde detailliert auf vorbereitende Maßnahmen, wie beispielsweise die Vorgehensweise bei der Abformung sowie den Konstruktionsbiss eingegangen. In diesem zweiten Teil sollen nun die einzelnen labortechnischen Arbeitsschritte bei der Herstellung des Funktionsreglers Typ FR-3 beschrieben werden, da beim Funktionsregler die korrekte zahntechnische Umsetzung für die klinische Wirkung besonders wichtig ist. Zudem wird erläutert, was beim Einsetzen des Gerätes, bei der Patienteninstruktion und bei den klinischen Verlaufskontrollen zu beachten ist.

### ■ Labortechnische Herstellung des Funktionsreglers FR-3

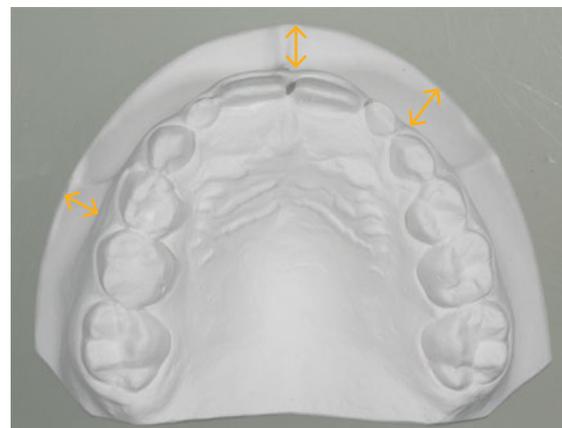
#### ■ Herstellen und Okkludieren der Modelle

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. 1). Ober- und Unterkiefer werden dann entsprechend des Konstruktionsbisses im Fixator befestigt. Der Biss darf vertikal nur soweit gesperrt sein, dass die Inzisivi im frontalen Kreuzbiss therapeutisch entkoppelt werden können. Liegt kein frontaler Kreuzbiss vor, ist ein interokklusaler Abstand im Molarenbereich von 1,5 mm ausreichend (siehe Abb. 17a bis d Teil 1)<sup>1</sup>

Sollte sich im Fixator eine zu große Bissperrung zeigen, ist gegebenenfalls eine Rücksprache mit dem Kieferorthopäden erforderlich und eine Neuanfertigung des Konstruktionsbisses sollte erwogen werden. Auch aufgrund der Tatsache, dass später die Bukkalschilde einen definierten Abstand zum Alveolarfortsatz des Oberkiefers haben müssen und der Funktionsregler ein primär schleimhautgetragenes Gerät darstellt, ist der FR-3 in der Regel kein optimales Gerät, um einen stark transversal geschwenkten Unterkiefer mittels des Konstruktionsbisses wieder einzustellen.

#### ■ Radieren der Arbeitsmodelle

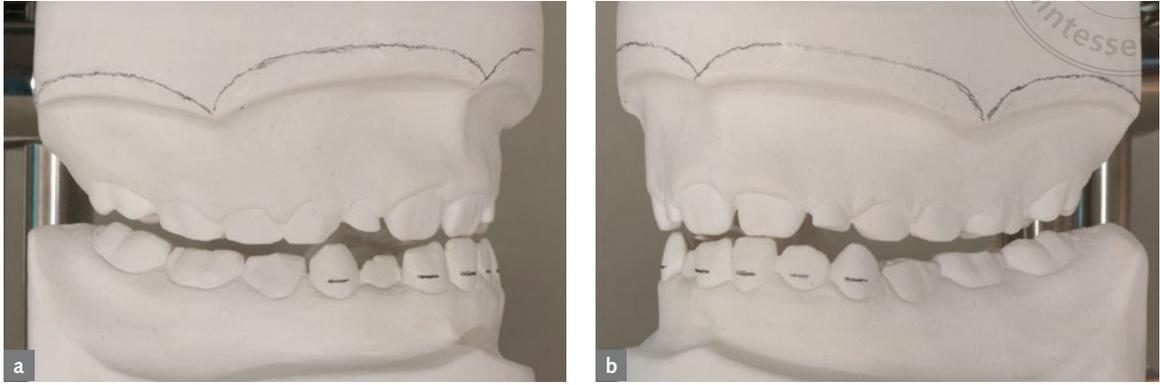
Der Funktionsregler nutzt als ein sogenanntes schleimhautgetragenes funktionskieferorthopädisches Gerät<sup>2</sup> das Vestibulum als apparative Basis. Die Lippenpelotten sowie die Seitenschilde sollen sich tief in die Umschlagfalte einlagern. Um eine entsprechende Zugwirkung nach dem Einsetzen des Funktionsreglers zu erzielen, muss der Labortechniker die Modelle nacharbeiten. Entsprechend der vom



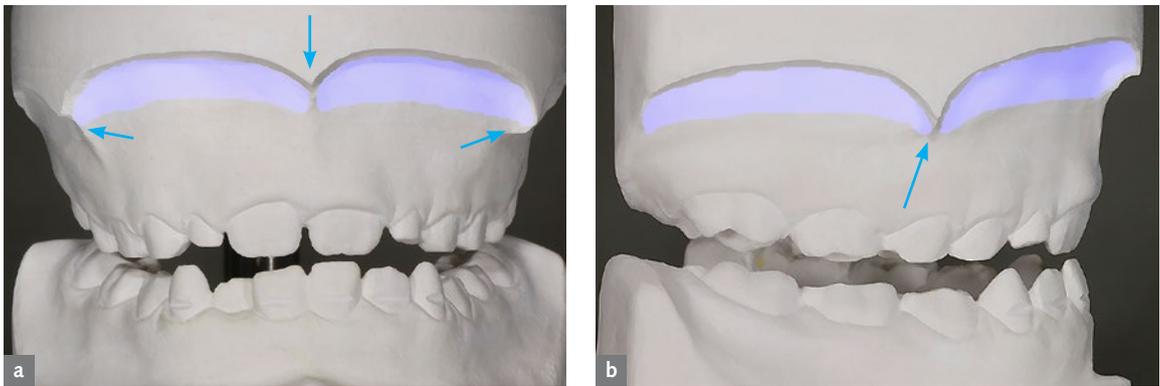
**Abb. 1** Arbeitsmodell des Oberkiefers. Nach dem Trimmen sollte das Vestibulum noch etwa 4 bis 6 mm (Pfeile) breit sein.



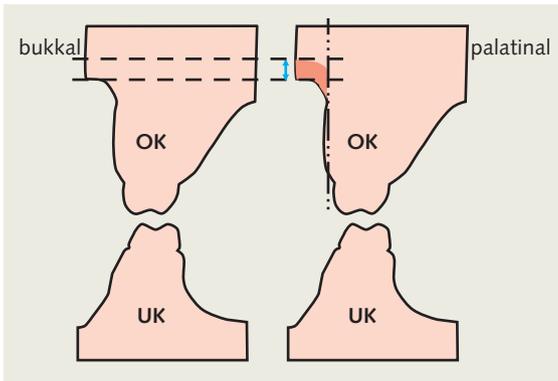
**Abb. 2a und b** Anzeichnen der geplanten Radierung am Oberkiefermodell sowie Markieren der Lage des Labialbogens an den Unterkieferfrontzähnen.



**Abb. 3a und b** Radierung (hellblau eingefärbt) im Bereich der vorderen (a) und seitlichen (b) Umschlagfalte. Die Bandansätze (Pfeile) müssen erhalten bleiben.



**Abb. 4** Links: nicht geradiertes Arbeitsmodell. Rechts: Das Vestibulum wurde durch das Radieren des Arbeitsmodells in vertikaler Richtung entlang der Flucht des Alveolarfortsatzes vertieft. Der Alveolarfortsatz darf in transversaler Richtung nicht abgetragen werden!



Kieferorthopäden vorgegebenen Werte (klinische Messung) (siehe Abb. 18b Teil 1)<sup>1</sup>, wird das Vestibulum am Oberkiefermodell entlang der natürlichen Flucht des Alveolarfortsatzes im Bereich der anterioren und seitlichen Umschlagfalte vertieft (Abb. 2a und b). Besonders im Bereich der oberen frontalen Umschlagfalte sollte ausreichend radiert werden, da hier das Weichgewebe meist sehr nachgiebig ist. Eine Radierung ist außerdem im Oberkiefer in der seitlichen Umschlagfalte und an den Tubera maxillae erforderlich (Abb. 3a und b). Es ist unbedingt darauf zu achten, dass nur in vertikaler Richtung entlang der anatomisch vorgegebenen Flucht des Alveolar-

fortsatzes reduziert wird (Abb. 4). Daher sollte der Gips mit einer Fräse zunächst nur grob abgetragen werden (Abb. 5a und b). Danach ist es ratsam, die exakte Form der Umschlagfalte mit Handinstrumenten nachzuarbeiten (Abb. 6a und b).

Die Umschlagfalte des Unterkiefermodells bleibt unverändert. Lediglich an den Unterkieferfrontzähnen wird eine leichte Vertiefung eingearbeitet (Abb. 2 und 7). Diese Rinne erleichtert bei der Herstellung die Positionierung des Labialbogens und garantiert, dass der Labialbogen später den unteren Frontzähnen im Sinne einer geringen Voraktivierung (es darf hier später nicht am Labialbogen nachaktiviert werden) straff anliegt.

### ■ Wachsfutter

Um den Oberkiefer sowohl transversal als auch sagittal nachentwickeln zu können, müssen die Lippenpelotten und die Bukkalschilde im Oberkiefer vom Alveolarfortsatz abstehen<sup>3,4</sup>. Ein Wachsfutter erfüllt während der Herstellung die Funktion eines Platzhalters (Abb. 8a und b). Im Seitenzahnggebiet reicht das Wachsfutter vertikal bis auf Höhe der

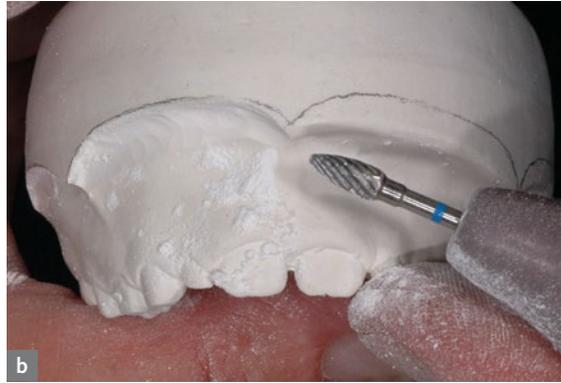


Abb. 5a und b Vorsichtiges Abtragen des Gipses mit einer Fräse.



Abb. 6a und b Mit geeigneten Handinstrumenten (beispielsweise Le Cron oder Wachsmesser) wird das Modell nachgearbeitet.



Abb. 7a und b Mit einem Skalpell wird in Höhe der Papillen eine v-förmige Vertiefung an den labialen Flächen der Eck- und Schneidezähne (nur im Unterkiefer) eingearbeitet. Beim Einsetzen des Funktionsreglers werden die Zähne am Patienten *nicht* eingeschliffen (a)! Spätere Lage des Labialdrahtes (b).

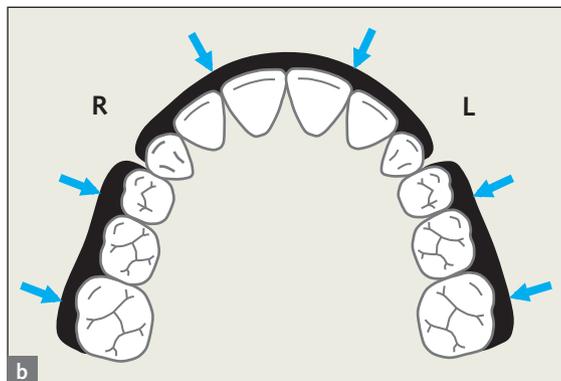
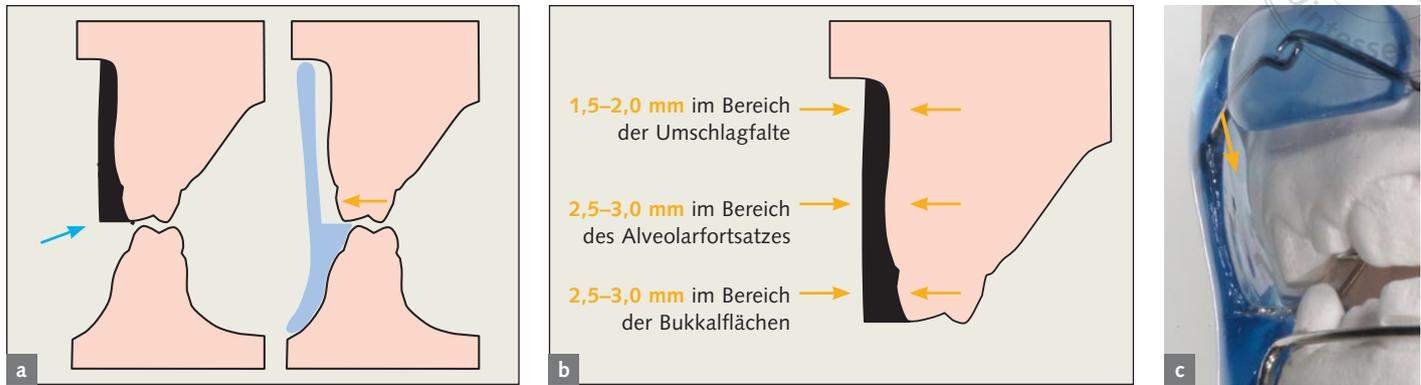
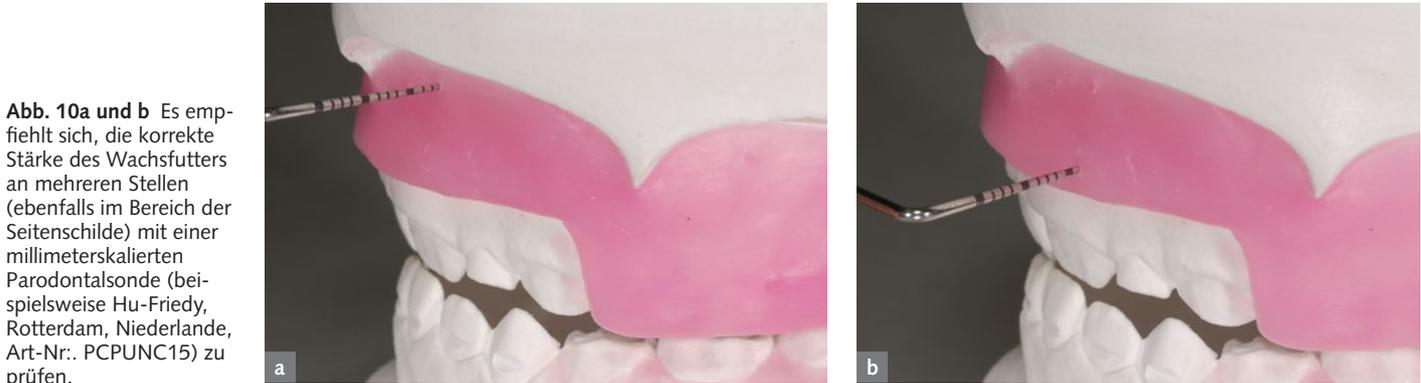


Abb. 8a und b Die Stärke des Wachsfutters definiert den späteren Abstand der Bukkalschilde und Lippenpelotten im Bereich des Oberkiefers.



**Abb. 9a bis c** Das Wachsfutter wird im Oberkiefer rechtwinklig gestaltet (und *nicht* abgerundet = gepunktete Linie); Ziel: die Kronen der Oberkieferseitenzähne und der Alveolarfortsatz müssen sich nach bukkal entwickeln können (a). Wachsfutter im Seitenzahnbereich. Am unteren Rand weist das Wachsfutter mit 2,5 mm bis 3 mm die größte Stärke auf und ist im Bereich der Umschlagfalte mit 1,5 mm bis 2 mm etwas dünner. Die Kauflächen werden zunächst nicht mit Wachs bedeckt (b). Abstand des Bukkalschildes vom Alveolarfortsatz nach Fertigstellung (c).



**Abb. 10a und b** Es empfiehlt sich, die korrekte Stärke des Wachsfutters an mehreren Stellen (ebenfalls im Bereich der Seitenschilder) mit einer millimeterskalierten Parodontalsonde (beispielsweise Hu-Friedy, Rotterdam, Niederlande, Art-Nr.: PCPUNC15) zu prüfen.

Höckerspitzen und formt hier einen scharfen rechten Winkel nach okklusal. So kann die angestrebte Lateralbewegung der Seitenzähne ohne störenden Kunststoffkontakt ungehindert erfolgen (Abb. 9a). Die Stärke des Wachsfutters muss exakt eingehalten werden (Abb. 9b und 9c). Stehen die Schilder zu weit ab, wird dadurch der Tragekomfort beeinträchtigt und die Compliance der Patienten reduziert. Bei hingegen zu dicht anliegenden Kunststoffschildern, ist die Wirkung des Funktionsreglers schnell erschöpft und es kann zu Druckstellen kommen.

Im Frontzahnbereich hat das Wachsfutter in der Nähe der Umschlagfalte eine Stärke von 2 mm. Da beim Öffnen des Mundes der Funktionsregler zusammen mit dem Unterkiefer nach unten absinkt, müssen die Lippenpelotten einen ausreichenden Abstand zur Schleimhaut aufweisen. Am unteren Rand nahe des Gingivalsaumes beträgt die Stärke des Wachsfutters daher 3 mm (Abb. 10a und b). Liegen die Pelotten dem anterioren Alveolarfortsatz zu dicht an, kann es bei Öffnungsbewegungen zu

einer Traumatisierung der Gingiva im Bereich des marginalen Parodonts mit Irritationen der Schleimhaut kommen (Abb. 11a bis c). Allerdings gilt auch hier, dass ein zu dickes Wachsfutter später zu weit abstehende Oberlippenpelotten zur Folge hätte. Dies würde den Lippenschluss behindern und sich auch ungünstig auf die Compliance auswirken. Im Unterkieferbereich wird bei der Herstellung des FR-3 kein „echtes“ Wachsfutter im Sinne eines Platzhalters appliziert. Allerdings müssen, um später Druckstellen zu vermeiden, im Seitenzahnbereich die Sulci, das marginale Parodont und die Region der Papillen leicht ausgeblockt werden (Abb. 12a und b).

■ **Drahtelemente Oberkiefer**

Der Funktionsregler Typ FR-3 besitzt im Oberkiefer einen Protrusionsbogen, einen Palatinalbügel, Drahtauflagen beidseits auf den endständigen Molaren (fakultativ) sowie drei Verbindungsdrähte für die Lippenpelotten (Abb. 13a und b).

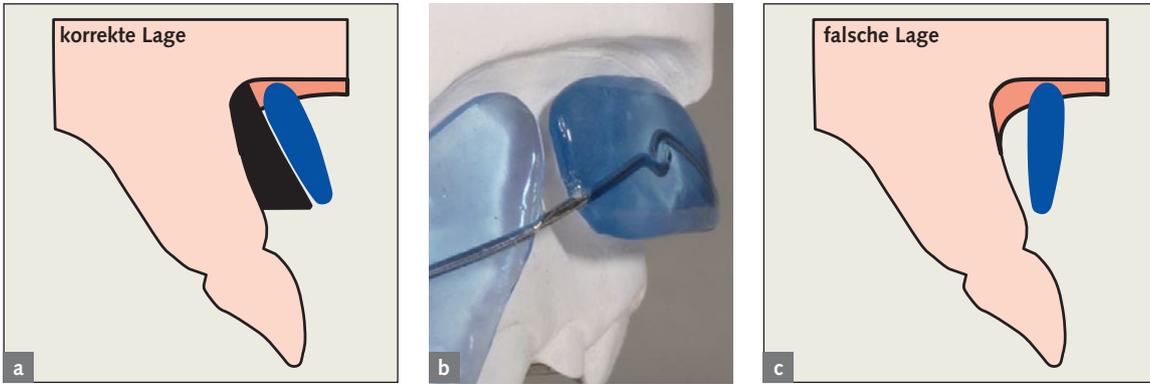


Abb. 11a bis c Die Lippenpelotten müssen später annähernd parallel zum anterioren Alveolarfortsatz liegen.

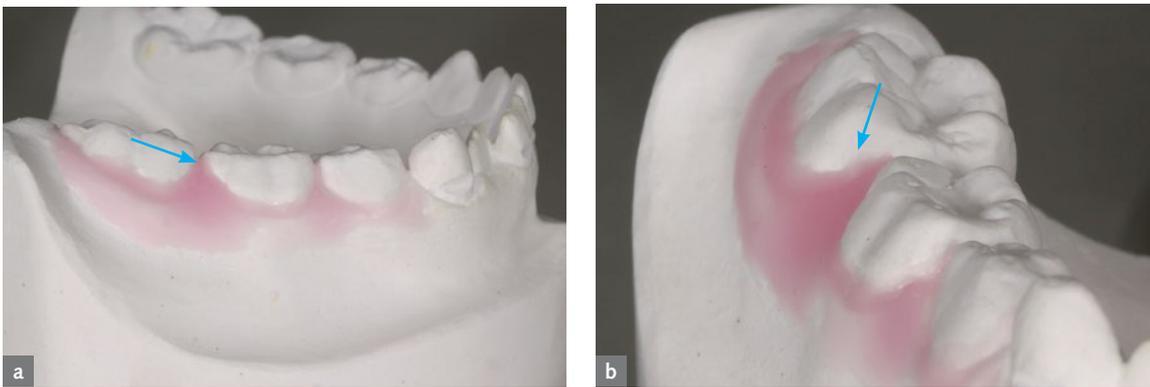


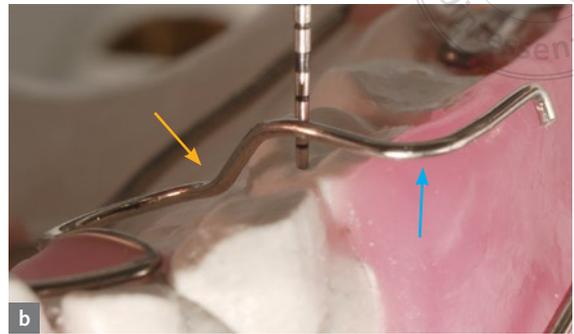
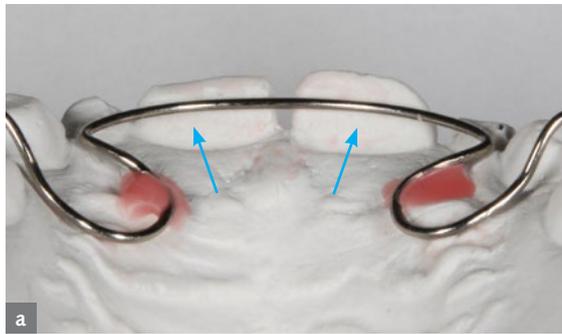
Abb. 12a und b Das Ausblocken ist besonders im Bereich der Papillen wichtig. Die Wachsstärke darf hier bis zu 1 mm betragen. Die vestibulären Flächen der Seitenzähne hingegen werden nicht mit einer Wachsschicht überzogen.

Der **Protrusionsbogen**, das einzige federaktive Element des FR-3, wird aus federhartem Draht der Stärke 0,7 mm gebogen. Der horizontale Anteil liegt dabei im inzisalen Drittel den Palatinalflächen der oberen Schneidezähne an. Da eine Elongation beziehungsweise ein weiterer Durchbruch der Schneidezähne nicht behindert werden darf, sollte der Protrusionsbogen den Tuberkula in der Regel nicht aufliegen (Abb. 14a). Die Schlaufen, die eine spätere Aktivierung ermöglichen, folgen mit geringem Abstand der Anatomie des Gaumens und des Alveolarfortsatzes. Die okklusale Überführung in den Retentionsteil hat keinen Kontakt mit der Zahnreihe und darf sich nicht interdental einlagern (Abb. 14b und siehe auch Abb. 6 Teil 1)<sup>1</sup>. **Drahtauflagen** aus 0,8 mm starkem Draht auf den endständigen Oberkiefermolaren sichern die vertikale Sperre, die mit dem Konstruktionsbiss definiert wurde, das bedeutet, dass diese Oberkieferauflagen dann wichtig sind, wenn eine initial eingestellte Bissperrung beispielsweise während der Überstellung eines fronta-



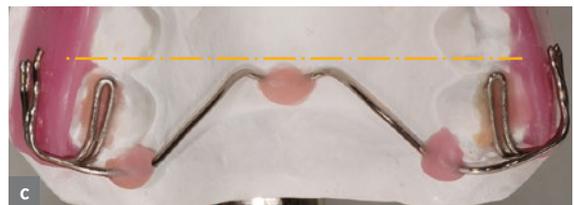
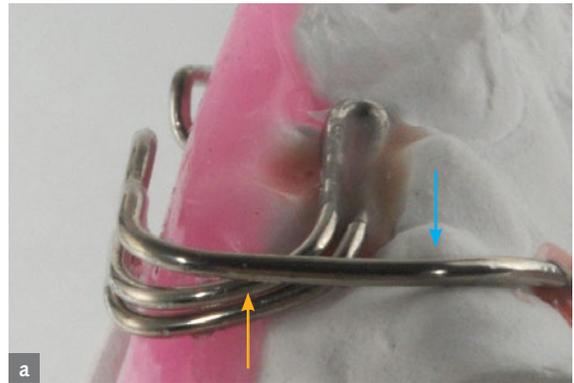
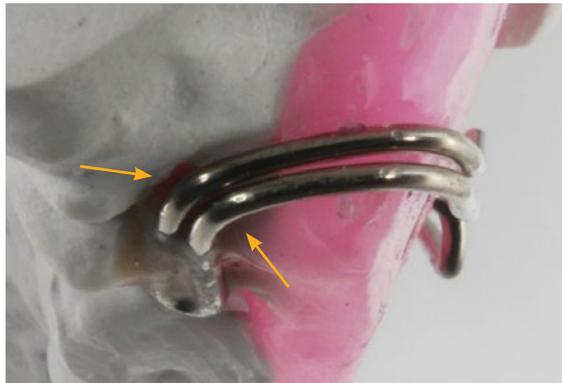
Abb. 13a und b Übersicht der Drahtelemente (inklusive der entsprechenden Drahtstärken) des FR-3 im Oberkiefer:

- A – Protrusionsbogen (Ø 0,7 mm)
- B – okklusale Auflagen (Ø 0,8 mm)
- C – Palatinalbogen (Ø 1,0 mm, ggf. auch 1,1 mm)
- D – mittlerer Verbindungsdraht (Ø 0,9 mm)
- E – seitlicher Verbindungsdraht (Ø 0,9 mm).



**Abb. 14a und b** Inzisale Lage des horizontalen Abschnitts (a). Ein leichter Knick (gelber Pfeil) markiert den Übergang in den Überführungsteil. Die Überführung überkreuzt distal des Eckzahnes mit einem okklusalen Abstand von etwa 1 bis 1,5 mm und biegt in derselben Ebene nach distal (blauer Pfeil) in die Retention ab (b).

**Abb. 15** Oberkieferauflage auf dem Zahn 16 (Ansicht von distal). Im Bereich der Okklusalfäche liegen die Schenkel der Schlaufe horizontal annähernd parallel bzw. der Flucht der Innenflächen der bukkalen Höcker angepasst. Die Retentionsarme hingegen liegen vertikal in einer Ebene.

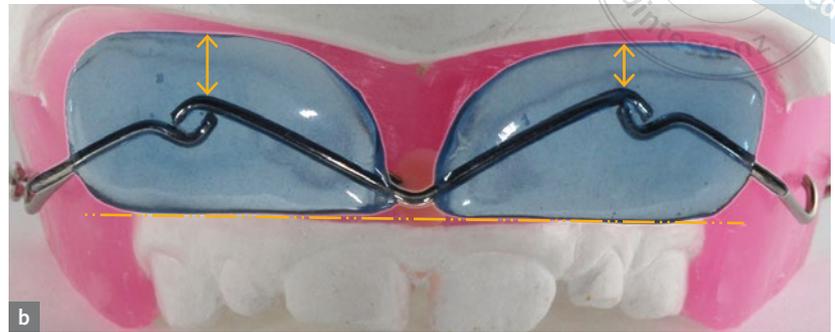
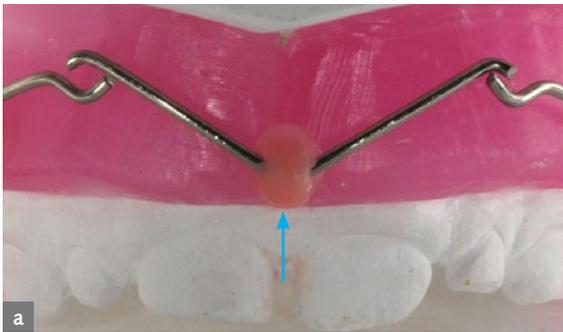


**Abb. 16a bis c** Der Palatinalbügel liegt der Distalfäche des Molaren an (blauer Pfeil) und überkreuzt die beiden Arme der Auflagen (gelber Pfeil [a]). Die Retentionen der Auflage (silbergrau) und die des Palatinalbügels (orange) liegen in einer vertikalen Ebene (b). Der Palatinalbügel verläuft distal des endständigen Molaren (hier Sechsjahrmolar). Die mesiale Ausdehnung des Palatinalbügels reicht bis zu einer gedachten Verbindungslinie zwischen den Mesialflächen der Molaren (c).

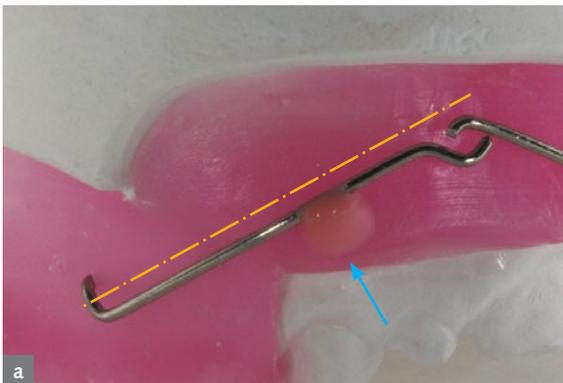
len Kreuzbisses aufrechterhalten werden muss. Der schlaufenförmige Anteil liegt innerhalb der Molarenkaufäche den okklusalen Abhängen der bukkalen Höcker an, auch um einen Impuls in Richtung transversaler Erweiterung zu geben. In Höhe der distalen Randleiste biegt die Auflage ohne Abstand zum Zahn in den Retentionsteil nach bukkal ab (Abb. 15). Die Retentionsarme verlaufen parallel zum Wachs Futter in einem Abstand von etwa 0,75 bis 1,0 mm. Die Auflagen müssen okkusal gut fixiert werden, um ein Verrutschen beim Applizieren des Kunststoffes zu verhindern (siehe auch Abb. 19c).

Anschließend kann mit der Fertigung des **Palatinalbügels** begonnen werden. Da dieser die Auflagen

distal überkreuzt, sollten sie immer zuerst fertiggestellt werden (Abb. 16a und b). Der Palatinalbügel wird in der Regel aus federhartem Draht der Stärke 1,0 mm gefertigt. Da er der transversalen Versteifung des Gerätes dient, kann gegebenenfalls auch ein 1,1 mm starker Draht verwendet werden, insbesondere wenn aufgrund sehr großflächiger Seitenschilder und einer starken Wangenmuskulatur mehr Stabilität erforderlich ist. Der Palatinalbügel wird jeweils hinter dem endständigen Molaren, in der Regel dem Sechsjahrmolaren, überführt (Abb. 16c). Je nach Dentitionsstand kann dies aber auch der Milchfünfer (siehe auch Abb. 35c) oder der zweite Molar der permanenten Dentition sein (siehe auch Abb. 37). Um



**Abb. 17a und b** Mittlerer Verbindungsdraht. Wenn es das Lippenbändchen ermöglicht, sollte die Spitze des „V“ nicht über das Wachs Futter hinausragen, jedoch kann – entsprechend der klinischen Erfordernisse – die Spitze des „V“ auch weiter kaudal zu liegen kommen. Da sich in diesem Bereich später kein Kunststoff befindet, eignet sich der Knick zur Fixierung des Drahtes (Pfeil [a]). Die Projektion veranschaulicht die spätere Lage der Lippenpelotten (b).

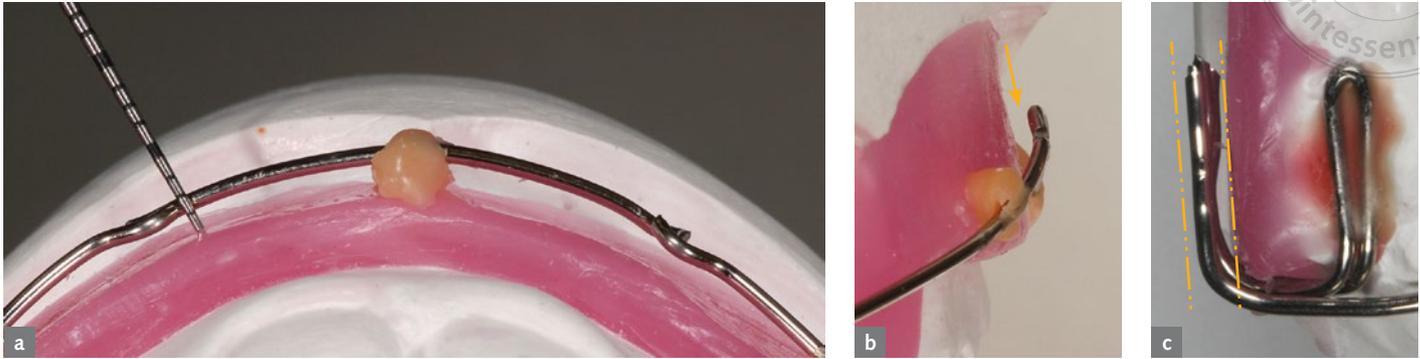


**Abb. 18a und b** Seitlicher Verbindungsdraht rechts. Wichtig: gerader Verlauf! Die Fixierung des Drahtes befindet sich im Übergangsbereich zwischen Lippenpelotte und Seitenschild (Pfeil [a]). Distales Ende des seitlichen Verbindungsdrahtes links. Biegung nach oben in die Retention (gelber Pfeil). Die Biegung in das Wachs Futter (blauer Pfeil) sichert die Lage des Drahtes bei der Überführung in Kunststoff (b).

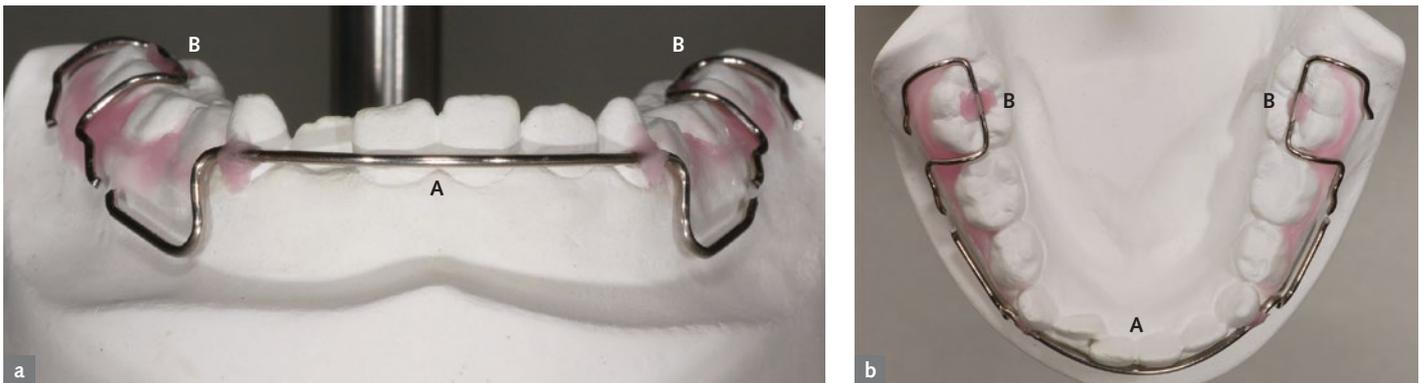
die freie Beweglichkeit des FR-3 in dorsaler Richtung nicht zu behindern, darf sich der Palatinalbügel keinesfalls vor beziehungsweise zwischen den Oberkieferzähnen interdental einlagern (siehe Abb. 6 Teil 1)<sup>1</sup> Im Oberkiefer besitzt der FR-3 vestibulär drei **Verbindungsbögen**. Um auch im anterioren Bereich eine gewisse Stabilität des Gerätes zu erzielen, und um die Lagestabilität der Pelotten zu gewährleisten, werden diese Elemente aus 0,9 mm starkem Draht gefertigt. Der **mittlere Draht** verbindet die beiden Pelotten miteinander. Er ist „v“-förmig gestaltet und umgeht so das Lippenbändchen (Abb. 17a). Bei tief inserierendem Lippenbändchen sollte eine Hochverlagerung des Bandansatzes erwogen werden, um die anatomischen Voraussetzungen für die FR-3-Behandlung zu verbessern. Die distalen Enden des mittleren Verbindungsdrahtes liegen in Höhe der Wurzelspitzen der oberen seitlichen Incisivi. Die hakenförmigen Enden müssen in einem ausreichenden Abstand zum oberen Rand des Vestibulums gebogen werden (Abb. 17b). Die Lippenpelotten können so im Falle von Druckstellen am oberen Rand vom Kieferorthopäden problemlos etwas gekürzt werden.

Die **seitlichen Drähte** verbinden die Lippenpelotten mit den Bukkalschilden. Der Anteil, der später vom Kunststoff der Seitenschilder umschlossen wird, darf keine Knicke aufweisen (Abb. 18a). Ein Vorstellen der Lippenpelotten im späteren Behandlungsverlauf ist sonst nicht möglich (siehe auch Abb. 43c und d). Da die Verbindungsdrähte nahezu vollständig im Kunststoff liegen, bieten sich nur wenige Möglichkeiten, um die exakte Lage beim Auftragen des Kunststoffes stabil am Modell zu sichern. Lediglich ein kleiner Anteil zwischen Pelotte und Wangenschild liegt später frei (Abb. 18a). Zudem besteht aufgrund der Länge der seitlichen Verbindungsdrähte beim Überführen in Kunststoff die Gefahr, dass die Drähte verrutschen. Aus diesem Grund wird zur Stabilisierung der Lage am distalen Ende eine kleine Hilfsbiegung angebracht, die sich in das Wachs Futter bohrt (Abb. 18b). Nachdem der Funktionsregler in Kunststoff überführt ist, wird das Drahtende eingekürzt (siehe auch Abb. 29a bis c).

Alle Drahtelemente im Oberkiefer haben einen Abstand von 0,75 bis 1,0 mm zum Wachs Futter (Abb. 19a bis c). Es muss ausreichend Platz vor-



**Abb. 19a bis c** Der Abstand der Verbindungsdrähte zum Wachs Futter beträgt 0,75 bis 1,0 mm (a und b). Die Retentionen von Palatinalbügel und Oberkieferauflagen verlaufen in einer Ebene ebenfalls mit einem Abstand von etwa 0,75 bis 1,0 mm parallel zum Wachs Futter (c).



**Abb. 20a und b** Übersicht der Drahtelemente (inklusive der entsprechenden Drahtstärken) des FR-3 im Unterkiefer: **A** – Labialbogen ( $\varnothing$  1,0 mm) **B** – Auflagen ( $\varnothing$  1 mm).

handen sein, damit der Kunststoff vollständig den Draht umschließen kann. Wird dieser Abstand jedoch unnötig vergrößert, nimmt auch die spätere Dicke der Kunststoffschilde zu. Das Gerät wird zum einen schwerer und zum anderen, ähnlich wie bei einem zu dicken Wachs Futter, in der Mundhöhle zu voluminös mit der Konsequenz eines schlechteren Tragekomforts.

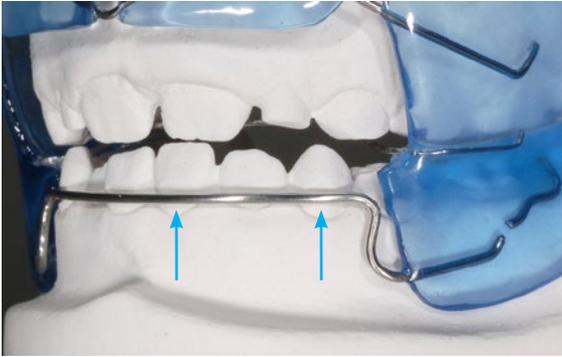
### ■ Drahtelemente im Unterkiefer

Der Funktionsregler Typ FR-3 besitzt im Unterkiefer immer einen Labialbogen und Drahtauflagen, die in der Regel auf den Sechsjahrmolaren zu liegen kommen (Abb. 20a und b).

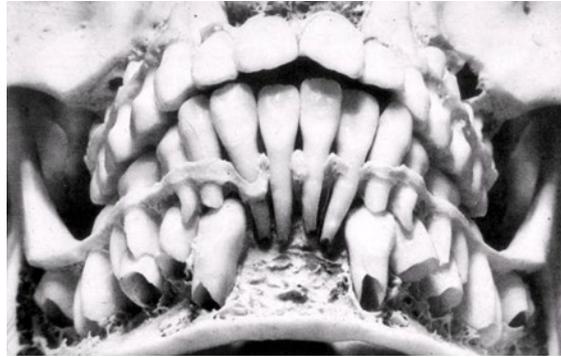
Da der **Labialbogen** als passives Element zusammen mit den unteren Anteilen der Wangenschilde den Unterkiefer fest umschließt, wird er aus 1,0 mm starkem Draht gebogen. Somit sorgt er für eine ausreichend stabile Verbindung der Seitenschilde im

Unterkiefer. Der Labialbogen soll kein linguales Kippen der unteren Frontzähne begünstigen, daher ist eine weit apikale Lage in Höhe der Papillen wichtig (Abb. 7 und 21). Da während des Durchbruchs der unteren Eckzähne oft mit einer Vorwölbung in dieser Region zu rechnen ist (Abb. 22), müssen die Schlaufen mit einem ausreichenden Abstand zur vestibulären Schleimhaut gebogen werden (Abb. 23 a und b).

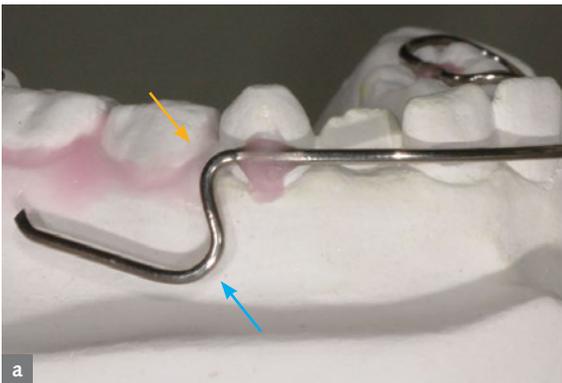
Die **Drahtauflagen im Unterkiefer**, die immer notwendig sind und zumeist auf den unteren Sechsjahrmolaren zu liegen kommen, unterstützen die vertikale Abstützung des Funktionsreglers auf dem Unterkiefer. Daher wird auch hier ein 1,0 mm starker Draht verwendet. Der horizontale Anteil liegt in der Längsfissur des Molaren. Die Retentionsarme müssen einen Abstand von 1,0 bis 1,5 mm zum Wachs film beziehungsweise zum Alveolarfortsatz aufweisen (Abb. 24a). Die Lage der Retentionen sollte gegebenenfalls ein Kürzen der Ränder ermöglichen (Abb. 24b).



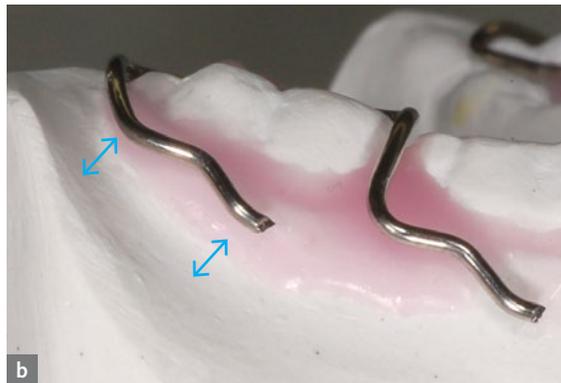
**Abb. 21** Der Labialdraht liegt den Schneide- und Eckzähnen des Unterkiefers in Höhe der Papillen eng an.



**Abb. 22** Weiter vestibuläre Lage der Eckzahnkeime im Unterkiefer während der Ruhephase des Zahnwechsels. (Abbildung: van der Linden ,1980<sup>5</sup>).



**Abb. 23a und b** Distal des Eckzahns biegt der Schenkel des Labialbogens bajonettförmig leicht nach mesial ab (gelber Pfeil) und geht mit einer stumpfen Biegung (blauer Pfeil) in den Retentionsteil über (a). Der Abstand zum Alveolarfortsatz im Bereich der unteren Biegung sollte mindestens (1,5 bis 2 mm betragen (b).



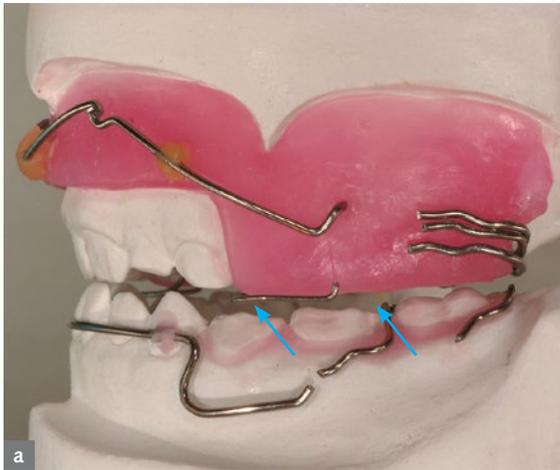
**Abb. 24a und b** Okklusale Auflage auf dem Zahn 46. Der okklusale Anteil geht im Bereich der Randleisten mit stumpfen Biegungen (Pfeile) in den Retentionsteil über (a). Insbesondere der distale Retentionsarm darf nicht zu tief liegen (b).

### ■ 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. 25a bis e).

Bei der Überführung des Funktionsreglers hat sich die Kunststoffmodellieretechnik bewährt. Zunächst werden in einem geeigneten Gefäß Monomer und Polymer vermischt, bis eine sahnig-cremige Konsis-

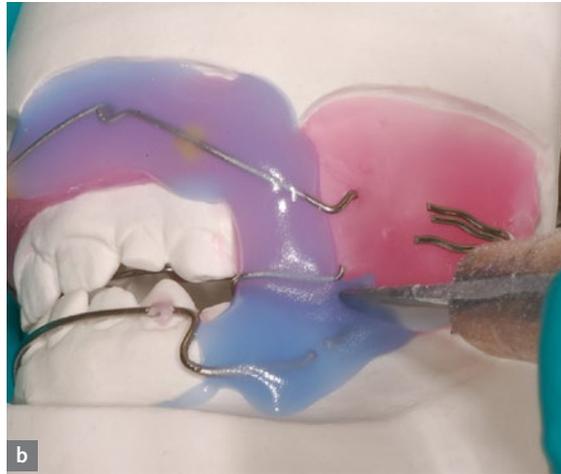
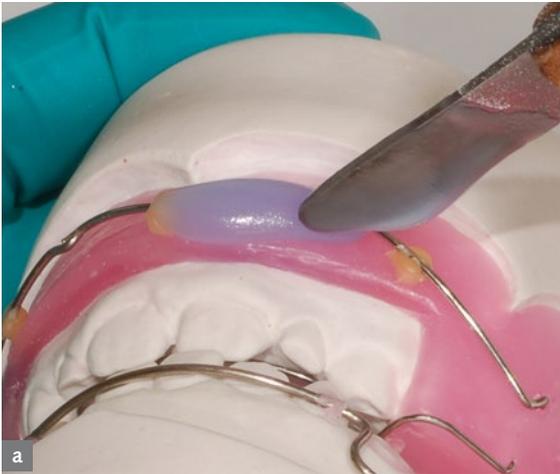
tenz erreicht ist (Abb. 26a und b). Der „angeteigte“ Kunststoff kann nun sehr kontrolliert im Bereich des Wachsfutters appliziert werden (Abb. 27a und b). Ist ausreichend Kunststoff aufgetragen, können die Flächen noch durch leichten Fingerdruck modelliert werden (Abb. 28a und b). Auch wenn sich dadurch die Polymerisationszeit etwas verlängert, sollte im Drucktopf kaltes Wasser verwendet werden, um während des Polymerisierens des Kunststoffes ein Anlösen des Wachsfutters zu vermeiden (dies führt unter Umständen zu einer unschönen milchigen



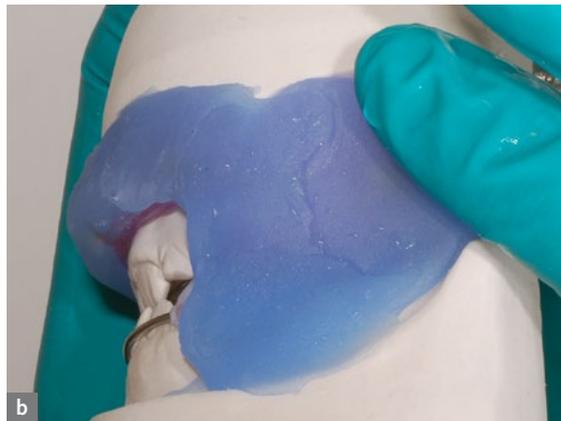
**Abb. 25a bis e** Da der Kunststoff nicht im Sinne eines okklusalen Plateaus zwischen die Zahnreihen fließen darf, muss der Spalt zwischen Ober- und Unterkiefer (Pfeile) vor dem Auftragen des Kunststoffes mit Wachs verschlossen werden (a und b). Das untere Ende des Wachsfutters muss rechtwinklig gestaltet werden; Entfernen der Überschüsse mittels Skalpell (c). Das Wachsfutter reicht bis in Höhe der Höckerspitzen der Unterkieferseitenzähne (d). Der Funktionsregler FR-3 auf dem Unterkiefermodell. Das Seitenschild liegt den Bukkalflächen der Unterkiefermolaren bis auf Höhe der Höcker eng an (e).



**Abb. 26a und b** So genanntes „Anteigen“ des Kunststoffes. Günstige Materialeigenschaften für dieses Verfahren bietet das Fabrikat Kanicyrl (Kaniudenta, Herford).



**Abb. 27a und b** Mit einem Wachsmesser 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 oft nötig ist, verzichtet werden.



**Abb. 28a und b** Abschließend wird der Kunststoff mit angefeuchtetem Finger (Wasser) noch etwas geglättet, um das spätere Ausarbeiten zu erleichtern.



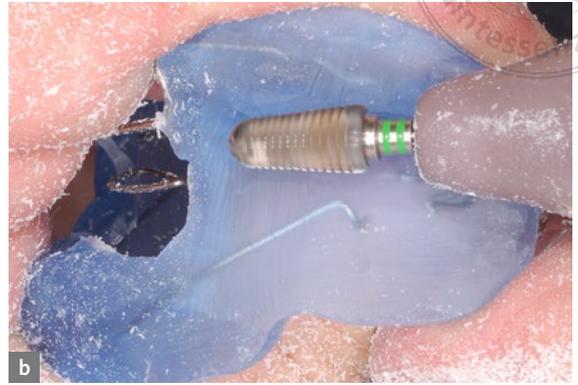
**Abb. 29a bis c** Der Anteil des seitlichen Verbindungsdrahtes, der im Wachsfutter steckt, ragt jetzt aus dem Kunststoff heraus (a). Abschleifen und Glätten des Drahtendes (b und c).

Oberfläche des Kunststoffes). Gerade für den Einsteiger in die Handhabung des Funktionsreglers haben sich transparente helle Kunststoffe bewährt, da hier klinisch am Patienten direkt stärkere anämisch erscheinende Druckpunkte auf der Schleimhaut besonders gut erkannt werden können.

Nach der Polymerisation wird das Wachsfutter ausgebrüht und der Rohling vom Modell gelöst. Nun sollte die überstehende Drahtspitze des seitlichen Verbindungsdrahtes, die als Fixierungshilfe gedient hat, verschliffen werden (Abb. 29a bis c). Danach wird mit dem Ausarbeiten begonnen (Abb. 30a und

b). Besonderes Augenmerk sollte auf die Gestaltung der Lippenpelotten gelegt werden. Bereits beim Glätten der Außenfläche sollten die spätere Gestalt und die Lage der Pelotten beachtet werden (Abb. 31 und als Vergleich auch Abb. 11). Nach dem groben Ausarbeiten wird die Lage des Gerätes auf dem Modell überprüft. Entspricht die Ausdehnung des Kunststoffes dem Verlauf des Vestibulums, können die Umrisse der Lippenpelotten und der Wangenschilde eingezeichnet werden (Abb. 32a und b). Beim Konturieren gilt es zu beachten, dass später im Oberkiefer die Lippenpelotten und Seitenschilde

**Abb. 30a und b** Zunächst werden die Überstände an den Rändern vorsichtig abgetragen (a). Danach erfolgen die grobe Formgebung und das Glätten der vestibulären Flächen der Wangenschilde (b). Die definitive Kunststoffstärke beträgt beim fertig polierten Funktionsregler etwa 2 bis 3 mm.



**Abb. 31a und b** Die spätere Tropfenform und schräg angestellte Lage der Pelotten sollten berücksichtigt werden.

nur durch einen schmalen Spalt getrennt sein dürfen (Abb. 32c und d). Ein häufiger Fehler ist die falsche Formgebung der Seitenschilde. Endet mesial das Seitenschild unkorrekt bereits in Höhe des Wangenbändchens, resultiert ein zu großer Raum zwischen Pelotten und Seitenschild (Abb. 33a und b). Zudem kann dann im Bereich des Milcheckzahnes im apikalen Bereich keine ausreichende Zugspannung aufgebaut werden.

Bei der abschließenden Politur werden die Ränder, die sich im Vestibulum einlagern, stumpf abgerundet (Abb. 34a und b).

## ■ Modifikationen und Besonderheiten

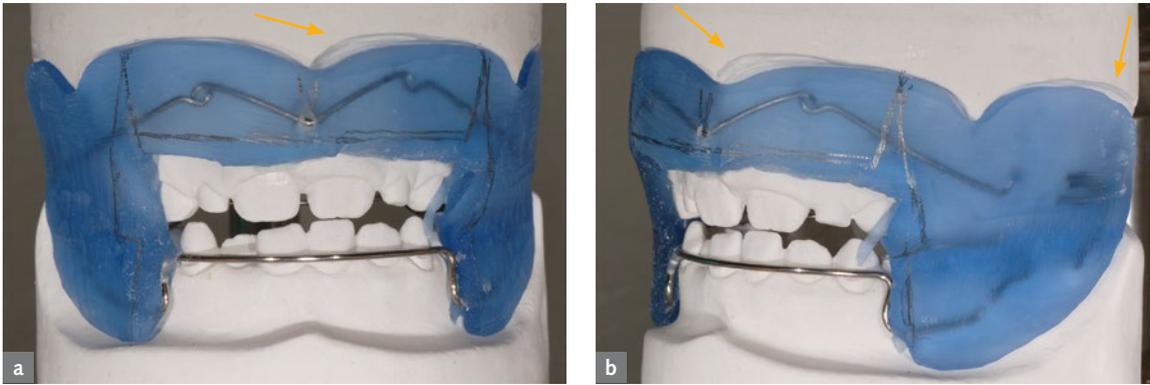
### ■ Der Funktionsregler FR-3 im reinen Milchgebiss

Idealerweise wird die Behandlung mit dem Funktionsregler FR-3 im frühen Wechselgebiss begonnen<sup>1</sup>. Die Sechsjahrmolaren sollten im Ober- und Unterkiefer vollständig durchgebrochen sein (die unteren

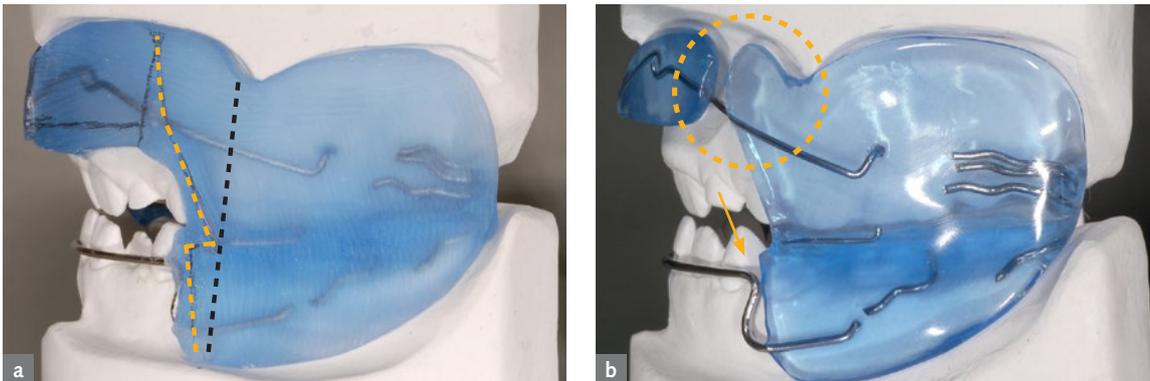
Molaren sind hier wichtiger als die oberen). Somit wird eine baldige Neuanfertigung aufgrund eines sich rasch ändernden Dentitionsstandes vermieden. Generell (also nicht nur bei der Therapie mit dem FR-3), gilt aber, dass sich bei extrem ausgeprägten skelettalen Diskrepanzen, besonders bei deutlichem Entwicklungsdefizit des Oberkiefers, ein früher Behandlungsbeginn positiv auf die skelettalen Therapieergebnisse auswirken kann<sup>6-10</sup>. Es kann also auch ein Behandlungsbeginn bereits im Milchgebiss indiziert sein (Abb. 35a). Kommt der FR-3 noch vor dem vollständigen Durchbruch der Sechsjahrmolaren zum Einsatz, werden die Unterkieferauflagen auf dem zweiten Milchmolaren platziert (Abb. 35b). Die Oberkieferauflage kann aus Platzgründen als einfache Auflage aus 0,9 mm (bis maximal 1,0 mm) starkem Draht und nicht als Schlaufe gebogen werden. Der Palatinalbügel verläuft dann distal des Milchführers (Abb. 35c und d).

### ■ Der FR-3 im permanenten Gebiss

Wird der Funktionsregler als Retentionsgerät im permanenten Gebiss eingesetzt<sup>1</sup> empfiehlt sich eine



**Abb. 32a bis d** Überprüfen des exakten Verlaufes der Ränder, sollte zu viel weggeschliffen worden sein, kann gegebenenfalls ein Nachstopfen erforderlich sein (Pfeile). Anzeichnen der Konturen der Lippenpelotten und Seitenschilde mit dem Bleistift (a und b). Mit einer dünnen Trennscheibe und mit einem Skalpell (Wegbrechen des Kunststoffs unmittelbar vor dem Draht) wird die endgültige Form der Pelotten und Seitenschilde ausgearbeitet (c und d).

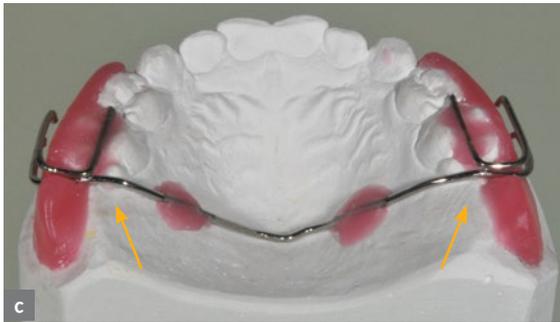


**Abb. 33a und b** Korrekter (gelbe Linie) und falscher (rote Linie) Verlauf des mesialen Randes des Bukkalschildes. Als Orientierung dient im Bereich der Zahnkronen jeweils der distale Kontaktpunkt der Eckzähne im Ober- bzw. Unterkiefer. Im Oberkiefer wird dann das Bukkalschild apikalwärts nach mesial orientiert, um auch im Bereich des oberen Milcheckzahnes eine ausreichende Zugspannung zu erzeugen. Es resultiert also eine etwas gestufte, oben nach vorne geneigte Abschlusslinie der Wangenbändchen, nur geringer Abstand zwischen den Kunststoffanteilen (Kreis). Im Unterkiefer endet das Seitenschild knapp vor der Biegung des Labialdrahtes in der Regel zwischen den Eckzähnen und ersten Milchmolaren (bzw. Prämolaren) (Pfeil [b]).



**Abb. 34a und b** Polierter Funktionsregler Typ FR-3 (a). Oberer Rand des rechten Seitenschildes (Ansicht von mesial [b]).

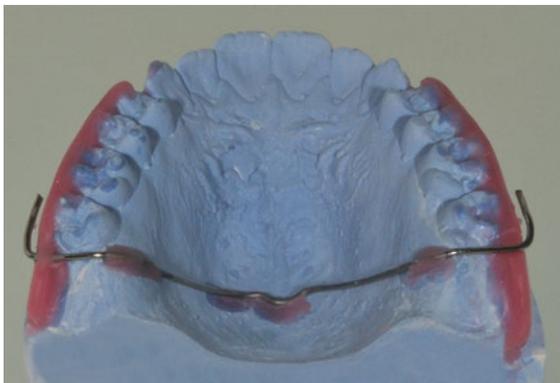
**Abb. 35a bis d** Funktionsregler FR-3 im Milchgebiss. Patientenalter: 5 Jahre, 6 Monate (a). FR-3 aufgesetzt auf das Unterkiefermodell: Unterkieferauflage (A) auf dem Zahn 75; einfache Auflage im Oberkiefer (B), Palatinalbügel (C), Protrusionsbogen (D), Labialbogen (E) [b]. Milchgebiss/Oberkiefer: Palatinalbügel und einfache Auflagen. Der Palatinalbügel liegt im Milchgebiss den Distalflächen der zweiten Milchmolaren an (Pfeile [c]). Das Wachsfutter (und folglich auch die Seitenschilder) werden nach distal entsprechend des Molarenfeldes bis in den Tuberbereich extendiert (d).



**Abb. 36a und b** Unterkieferauflage des FR-3 im permanenten Gebiss, Drahtstärke: 1 mm. Ansicht von okklusal. Der okklusale Anteil geht im Bereich der mesialen Randleiste des ersten Molaren und in Höhe der Querrissur des zweiten Molaren mit einer stumpfen Biegung (Pfeile) in den Retentionsteil über (a). Ansicht von vestibulär (b).

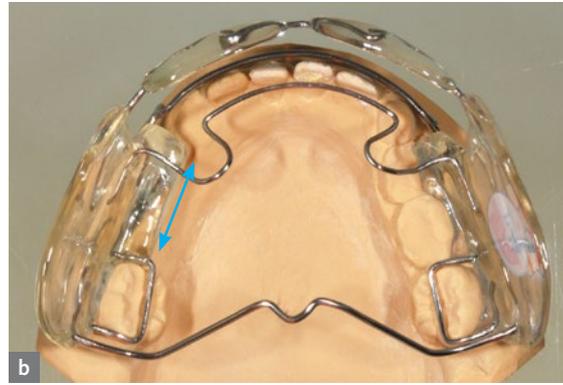


**Abb. 37** Der Palatinalbügel liegt im permanenten Gebiss den Distalflächen der zweiten Molaren an.



Modifikation der Auflagen im Unterkiefer. Diese wird nach distal bis zur Querrissur des zweiten Molaren extendiert. So wird auch der Zwölfjahrmolar, nachdem er vollständig durchgebrochen ist (darauf

sollte geachtet werden), vertikal gefasst und eine unerwünschte Elongation im Sinne eines weiteren Vertikaldriftes verhindert. Im permanenten Gebiss werden die Sulci und die Papillen etwas stärker ausgeblockt, um später Irritationen im Bereich des Gingivasaumes zu vermeiden (Abb. 36a und b). Da in der Regel keine vertikale Sperrung zur Überstellung eines frontalen Kreuzbisses mehr erforderlich ist, wird meist auf die okklusalen Auflagen im Oberkiefer verzichtet. Diese können auch nach einer Eingewöhnungsphase des FR-3 nachträglich entfernt werden. Der Palatinalbügel im Oberkiefer verläuft auch hier distal des endständigen Molaren (Abb. 37).



### ■ Modifikationen bei fehlenden Milchzähnen

Sollte es kariesbedingt zum frühzeitigen Verlust von unteren Milchzähnen im Stützonenbereich gekommen sein, können die Seitenschilde des FR-3 im Unterkiefer auch die Funktion eines Lückenhalters übernehmen (Abb. 38a und b). Eine unerwünschte Mesialwanderung insbesondere des Sechsjahrmolaren und ein damit verbundener Einbruch der Stützzone kann so verhindert werden (Abb. 38c und d). Da sich der Funktionsregler FR-3 weder mit Drahtelementen noch mit Kunststoffanteilen in der oberen Zahnreihe interdental einlagern darf, ist eine solche Modifikation im Oberkiefer nicht zulässig.

### ■ Modifikationen bei Aplasie der zweiten Prämolaren im Unterkiefer

Sieht das Behandlungskonzept bei Nichtanlage der zweiten Prämolaren im Unterkiefer einen kieferorthopädischen Lückenschluss vor, kann die Mesialisation bereits in der Wechselgebissphase auch mit dem Funktionsregler unterstützt werden. Hierfür ist eine Modifikation der Unterkieferauflage empfehlenswert. Diese wird mesial bis zum ersten Prämolaren beziehungsweise dem ersten Milchmolar verlängert (Abb. 39a bis d).

### ■ Klinisches Management

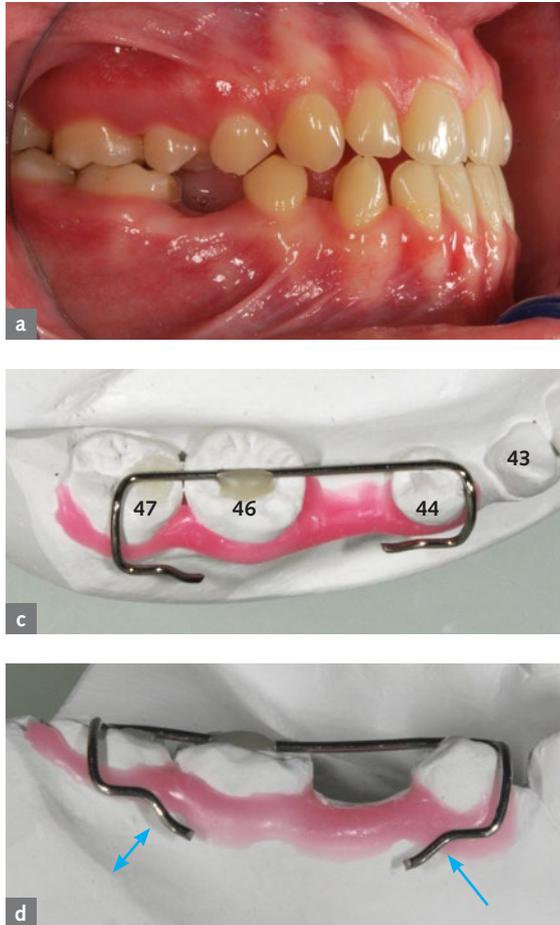
#### ■ Einsetzen des Gerätes

Das Einsetzen des Funktionsreglers sollte mit dem Patienten am besten vor einem Spiegel geübt wer-

den. Zunächst schiebt der Patient eine Seite des Funktionsreglers seitlich in den locker geöffneten Mund ein und dann wird die Wange der Gegenseite mit dem Finger etwas abgehalten, sodass auch das Wangenschild dieser Seite eingeschoben werden kann. Der Patient wird aufgefordert, den Mund zu schließen und zusammenzubeißen. Es ist wichtig, die Lage des Funktionsreglers zunächst bei geschlossener Okklusion zu kontrollieren. Ist die vertikale Bissperrung mit eingesetztem Gerät größer als bei der Bissnahme, könnten zu lange Bukkalschilde, besonders im dorsalen Bereich, die Ursache sein. Der Kieferorthopäde kann mit dem Finger den oberen Rand der Seitenschilde abtasten, um die entsprechenden Stellen zu lokalisieren. Der obere Rand wird dann vorsichtig sukzessive gekürzt. Die nachgearbeiteten Bereiche müssen unbedingt wieder gut abgerundet und poliert werden.

Anschließend wird der Patient aufgeklärt, dass durch die hohe Lage der Lippenpelotten und Seitenschilde eine gewisse Zugspannung im Bereich der oberen Umschlagfalte erwünscht und Teil des Therapiekonzeptes ist. Falls der Patient allerdings Druckschmerz angibt, müssen ebenfalls die Ränder etwas

**Abb. 38a bis d** Frühzeitiger Verlust der Zähne 74 und 75; Zahn 73 ist ebenfalls kariös zerstört (a). Das Bukkalschild des FR-3 wurde im dritten Quadranten im Bereich der fehlenden Zähne als Platzhalter gestaltet (b). Der Kunststoffanteil im Bereich der Lücke bildet ein planes okklusales Plateau in Höhe der Molarenauflage (c). Lingual reicht der Kunststoff leicht über die Mitte des Alveolarkamms (d).



**Abb. 39a bis d** Patientin mit ausgeprägter mesialer Basalrelation und Nichtanlage des Zahnes 45. Okklusionsansicht rechts (a). Fernröntgenseitenbild (b). Die Molarenauflage im vierten Quadranten wurde mesial bis zum Zahn 44 extendiert. Der okklusale Anteil bildet für den Zahn 46 eine „Führungsschiene“. So kann ein Mesialdrift des Sechsjahrmolaren bei gleichzeitiger vertikaler Kontrolle erfolgen (c). Der distale Retentionsarm darf nicht zu tief liegen, um gegebenenfalls ein leichtes Kürzen des Seitenschildes zu ermöglichen. Der mesiale Anteil wird nach distal gebogen, um sich nicht mit der Retention des Labialdrahtes zu behindern (d).



**Abb. 40** Die hohe Lage der Lippenpelotten und Bukkalschilde ist erwünscht, darf jedoch nicht zu Druckstellen führen.



**Abb. 41** Die Überführung des Protrusionsbogens (gelbe Pfeile) darf sich bei geschlossener Okklusion im Oberkiefer interdental nicht einlagern. Korrekte apikale Lage des Labialdrahtes auf Höhe der Papillen (blaue Pfeile) und stabile Lage des FR-3 auf dem Unterkiefer.

gekürzt werden (Abb. 40). Weiterhin sollte geprüft werden, ob die Überführung des Protrusionsbogens ausreichend Abstand zu den Oberkieferzähnen hat (Abb. 41). Danach wird der Funktionsregler bei geöffnetem Mund an den Oberkiefer gedrückt. Der Protrusionsbogen sollte dabei in der Regel eher inzisalwärts liegen, um die Extrusion dieser Zähne nicht

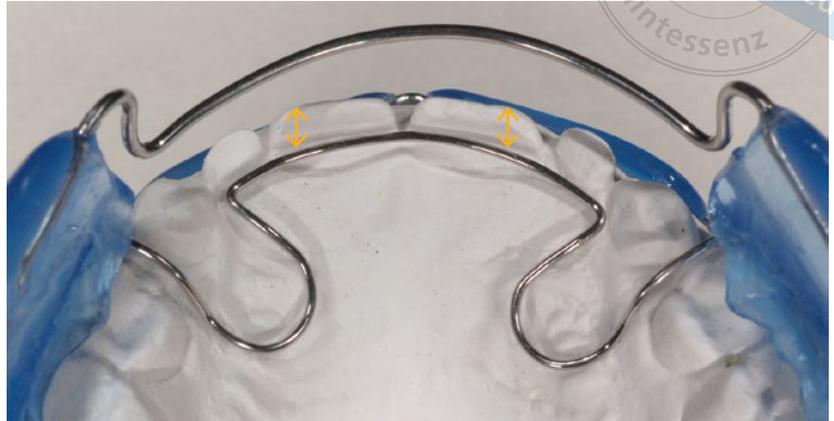
zu behindern, und darf sich auch beim Zubeißen nicht auf die Inziskanten legen (Abb. 42). Zuletzt wird die stabile Lage des FR-3 ebenfalls bei geöffnetem Mund auf dem Unterkiefer überprüft. Dabei ist besonders die korrekte Lage des Labialdrahtes wichtig. Zudem darf das Gerät auf dem Unterkiefer nicht verschiebbar sein (Abb. 41).

## ■ Tragezeiten und Patienteninstruktion

Es ist wichtig, eine Eingewöhnungsphase einzuhalten. In den ersten vier bis sechs Wochen nach dem Einsetzen des FR-3 (nur beim Erstgerät) sollte der Funktionsregler ausschließlich nachmittags etwa vier bis sechs Stunden getragen werden. Von Beginn an sollten zusätzlich Lippenschlussübungen durchgeführt werden. Der Funktionsregler ist dabei eingesetzt. Dem Patienten und den Eltern sollten die Bedeutung eines kompetenten Lippenschlusses und einer korrekten Zungenruhelage für den Behandlungserfolg und die dafür unerlässliche Lippenschließgymnastik verständlich erläutert werden. Ein Kalender, in dem die jeweiligen „Trainingseinheiten“ vom Patienten selbst dokumentiert werden, kann motivierend wirken und hilft zudem bei der Kontrolle. Hierfür geeignet ist ein größerer Kunststoffknopf, der beispielsweise zweimal täglich mit eingesetztem Funktionsregler mit den Lippen für zehn Minuten gehalten wird.

Nach sechs bis sieben Wochen wird der Patient zur ersten Kontrolle wieder einbestellt, um die Adaptation an das Gerät zu überprüfen. Der Patient wird nach Druckstellen gefragt und das Vestibulum sowie die vestibulären Flächen der Alveolarfortsätze nach möglichen Läsionen untersucht. Besonderes Augenmerk sollte auf die Umschlagfalte im Oberkiefer gelegt werden. Bei starker Rötung oder Dekubitus müssen die Schilde beziehungsweise Pelotten gekürzt und wieder gut abrundet werden.

Wichtige Hinweise für eine gute Compliance sind das geübte und problemlose Handling des Gerätes beim Ein- und Ausgliedern. Da der Funktionsregler als sogenanntes schleimhautgetragenes funktionskieferorthopädisches Gerät mit seinen Kunststoffanteilen im Vestibulum liegt, ist der Bewegungsraum und somit die Funktion der Zunge kaum eingeschränkt. Im Vergleich zu anderen herausnehmbaren bignathen Apparaturen bietet der Funktionsregler die geringste Beeinträchtigung beim Sprechen und auch eine sehr gute initiale Akzeptanz<sup>11</sup>. Nach der Gewöhnungsphase sollte eine deutliche Aussprache mit dem eingesetzten Funktionsregler möglich sein, das heißt, der Funktionsregler stellt kaum noch einen Fremdkörper in der regio oralis dar und ist quasi Bestandteil des epigenetischen Milieus geworden. Ist dies nicht der Fall, liegt eine ungenügende Compli-

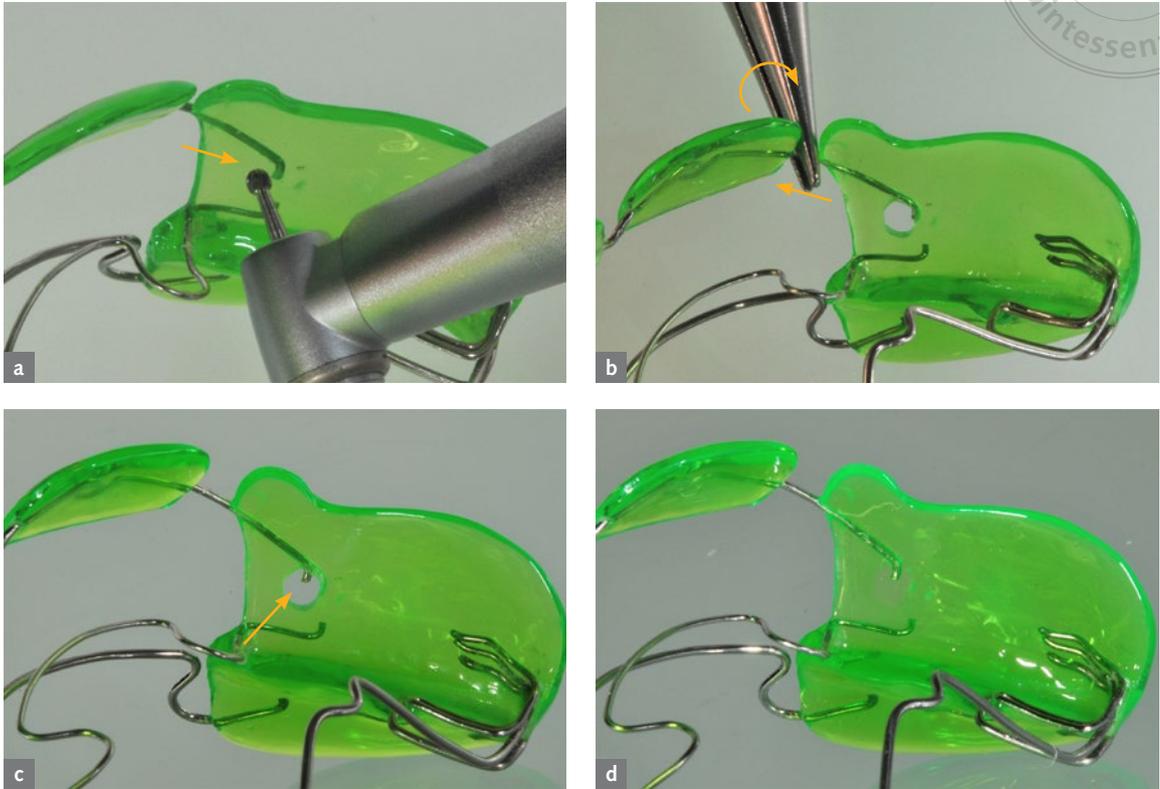


**Abb. 42** Lage des FR-3 am Oberkiefer. Der Protrusionsbogen hat etwa einen Abstand von 1,5 mm zur Inzisalkante.

ance vor. Ein übermäßiger Speichelfluss mit eingesetztem Gerät kann ebenfalls ein Hinweis auf ungenügendes Tragen und fehlende Adaptation sein. Hat sich der Patient allerdings gut an den Funktionsregler gewöhnt, kann die Tragezeit erhöht werden. Da eine Tragezeit von 18 bis 20 Stunden täglich erstrebenswert ist, wird der FR-3 ganztags und nachts getragen, außer zum Essen und Sport. Bei guter Adaptation ist – im Gegensatz zu vielen anderen funktionskieferorthopädischen Apparaturen – je nach Patient auch ein langsames Heranführen an das Tragen in der Schule möglich, wobei auch positive Effekte mit konsequenter Tragezeit nachmittags und nachts zu beobachten sind.

## ■ Wachstumsanpassung

Bei weiteren Verlaufskontrollen muss auch immer der Abstand der Lippenpelotten zum Alveolarfortsatz des Oberkiefers überprüft werden. Initial beträgt dieser Abstand entsprechend des Wachsfutters bei der Herstellung etwa 2 bis 3 mm. Hat sich dieser Abstand als Zeichen des Behandlungserfolges 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, das heißt, eine Nachaktivierung in sagittaler Richtung ist dann sinnvoll. Um die Lippenpelotten vorstellen zu können, wird zunächst beidseits im Bereich der Retentionsbiegung des seitlichen Verbindungsdrahtes der



**Abb. 43a bis d** Freilegen des Endes (Retention) des seitlichen Verbindungsdrahtes (a). Lockern des Verbindungsdrahtes im Seitenschild durch vorsichtige oszillierende Bewegungen (b). Das Ausmaß der Aktivierung wird sichtbar (maximal 1,5 bis 2mm je Seite [c]). Wieder verschlossenes Seitenschild (d).

Kunststoff weggeschliffen (Abb. 43a). Jetzt lässt sich der Verbindungsdraht mit einer Zange mobilisieren und aus dem Seitenschild idealerweise etwa 1,5 (bis maximal 2 mm) nach anterior ziehen (Abb. 43b und c). Anschließend werden beide Bukkalschilde wieder mit Kunststoff verschlossen (Abb. 43b und c). Es hat sich klinisch bewährt, das Gerät vor dem definitiven Wiederverschließen des Seitenschildes nochmals im Mund auf Unbequemlichkeit durch zu starke Aktivierung zu überprüfen.

Transversal kann der FR-3 nicht angepasst beziehungsweise nachaktiviert werden, das heißt, erreicht der Alveolarfortsatz seitlich bald die Innenflächen der Bukkalschilde, muss eine Neuanfertigung erfolgen. Es dürfen keine Biegungen am Palatinalbügel im Sinne einer transversalen Aktivierung vorgenommen werden. Eine solche Manipulation hätte auch negative Auswirkungen auf die Passgenauigkeit der eng anliegenden Seitenschilde im Unterkiefer.

### ■ Reparaturen

Für möglicherweise anfallende Reparaturen empfiehlt es sich, die Arbeitsmodelle sowie den entsprechenden Konstruktionsbiss aufzuheben. Bei einigen Reparaturen am FR-3 ist die erneute Artikulation im Fixator erforderlich. Hierfür sollten die ursprünglichen, radierten Modelle verwendet werden. Abformungen der Kiefer sind in der Regel nur bei Neuanfertigung zielführend, da der Funktionsregler bei Reparaturen nicht auf das unbearbeitete Oberkiefermodell passt.

### ■ Fazit

Der Funktionsregler Typ FR-3 ist ein Behandlungsgerät und auch Behandlungskonzept, welches die Klasse-III-Therapie in verschiedenen Entwicklungsphasen sinnvoll ergänzen kann. Er lässt sich hier-



bei nicht nur als alleinige Therapie vor einer später möglichen Multibracketphase einsetzen, sondern kann auch in komplexere Therapiestrategien, zum Beispiel nach maxillärer Protraktion mittels Delaire-Maske<sup>12</sup> oder nach Klasse-III-Therapie mittels dental oder skelettal eingesetzter intermaxillärer Gummizüge hervorragend integriert werden. Durch die Beeinflussung muskulärer Fehlfunktionen und des epigenetischen Umfeldes ergänzt der Funktionsregler auch im Rahmen der Retention, beispielsweise nach Dysgnathie-Operationen, das Spektrum an Retentionsgeräten sinnvoll. Nichtsdestotrotz ist das Gerät für Behandler und Zahntechniker techniksensitiv und Details in der Herstellung und klinischen Handhabung sind wichtig, das heißt, Fehler in der Fertigung können sich schnell ungünstig auf den Behandlungserfolg auswirken (eine Tatsache, die noch stärker für den FR-1 und FR-2 gilt). Zudem sollte man sich bewusst sein, dass nicht jeder Patient für einen Funktionsregler geeignet ist. Bei richtiger Indikationsstellung und korrekter technischer / klinischer Umsetzung ist der FR-3 jedoch für einige Klasse-III-Patienten ein geeignetes Behandlungsgerät, welches auch aufgrund der weitgehenden Freihaltung des oralen Funktionsraumes, häufig eine hohe Akzeptanz beim Patienten aufweist.

## ■ Literatur

1. Köbel C, Fränkel C, Lux C. Der Funktionsregler nach Fränkel Typ FR-3. Teil I: Grundlagen und klinisches Management. *Kieferorthop* 2012;26:33–43.
2. Proffit WR, Fields HW, Sarver DM. *Contemporary Orthodontics*. Fourth Edition. St. Louis: Mosby Elsevier. 2007.
3. Fränkel R, Fränkel C. Die klinische Bedeutung des Roux'schen Konzepts in der orofazialen Orthopädie. *J Orofac Orthop* 2001;62:1–21.
4. Enlow DH, Hans MG. *Essentials of Facial Growth*. Second Edition. Ann Arbor: Needham Press, 2008.
5. van der Linden FPGM, Duterloo HS. Die Entwicklung des menschlichen Gebisses. Ein Atlas. Berlin: Quintessenz Verlags-GmbH, 1980.
6. Kim JH, Viana MAG, Graber TM, Omerza FF, BeGole EA. The effectiveness of protraction face mask therapy: a meta-analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1999;115:675–685.
7. Kapust AJ, Sinclair PM, Turley PK. Cephalometric effects of face mask/expansion in Class III children: a comparison of 3 agegroups. *Am J Ortho Dentofacial Orthop* 1998;113:204–212.
8. Franci L, Baccetti T, McNamara JA. Postpubertal assessment of treatment timing for maxillary expansion and protraction therapy followed by fixed appliances. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2004;126:555–568.
9. Lang M, Droschl H. Progenie – Frühbehandlung oder Spätbehandlung? Eine vergleichende Studie. *Inf Orthod Kieferorthop* 2001;33:329–342.
10. Saadia M, Torres E. Sagittal changes after maxillary protraction with expansion in class III patients in the primary, mixed, and late mixed dentitions: a longitudinal retrospective study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2000;117:669–680.
11. Serfl HG, Zentner A. A comparative assessment of acceptance of different types of functional appliances. *Eur J Orthod* 1998;20:517–524.
12. Pangrazio-Kulbersh V, Berger J, Kersten G. Effects of protraction mechanics on the midface. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1998;114:484–491.