

Dr. Matthias Himmelreich



Dr. Seung-Woo Yoo



# Virtuelles Designen und Fertigen festsitzender kieferorthopädischer Apparaturen

Ein Beitrag von Dr. Matthias Himmelreich und Dr. Seung-Woo Yoo.

## Einleitung

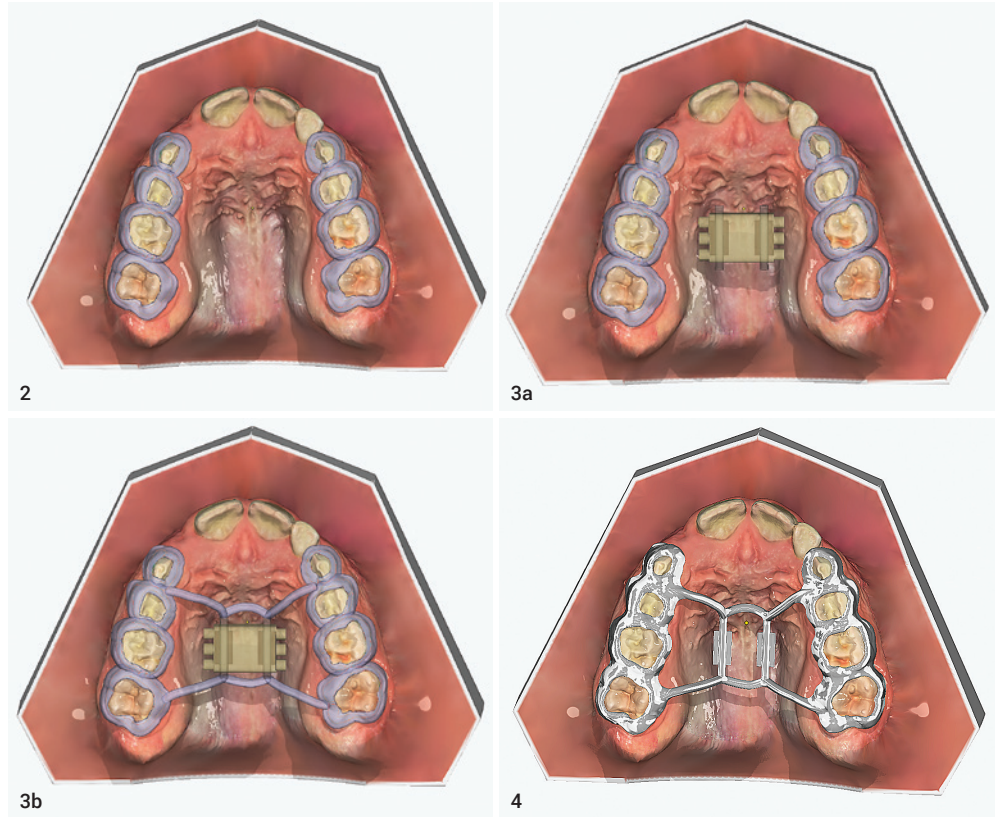
**K**ieferorthopädische Apparaturen selbst digital zu designen, durch einen Fremdanbieter im Metalldruck-, Fräs- oder Gussverfahren herstellen zu lassen und im Eigenlabor gewünschte Teile (z. B. Hyraxschrauben oder Herbst-Sockel) im Anschluss durch Schweißen einzubringen, ist eine innovative Vorgehensweise, die in Zukunft immer mehr an Bedeutung gewinnen wird.

Die zunehmende Verbreitung von intraoralen Scannern (Abb. 1) in kieferorthopädischen und zahnärztlichen Praxen lässt die traditionelle Herstellung von physischen Gips- oder Kunststoffmodellen in vielen Bereichen der Zahnheilkunde obsolet werden.

Mit einer CAD/CAM-Planungssoftware ist es möglich, auf virtuellen Modellen kieferorthopädische Apparaturen sehr präzise zu designen, diese als STL-Datei zu speichern und einem 3D-Metalldrucker zur Fertigung zu übergeben. Der Arbeitsalltag lässt sich auf diese Weise deutlich effizienter gestalten. Beim digitalen Workflow sind in der Regel weniger Sitzungen für die Patienten erforderlich (z. B. entfällt das Separieren oder Anpassen von Bändern) und

„Kieferorthopädische Apparaturen selbst digital zu designen, durch einen Fremdanbieter im Metalldruck-, Fräs- oder Gussverfahren herstellen zu lassen und im Eigenlabor gewünschte Teile (z. B. Hyraxschrauben oder Herbst-Sockel) im Anschluss durch Schweißen einzubringen, ist eine innovative Vorgehensweise, die in Zukunft immer mehr an Bedeutung gewinnen wird.“

die Passgenauigkeit und Individualisierung der Apparatur ist deutlich verbessert. Auch die Nachhaltigkeit (weniger unnötiger Modellabfall) und die Wertschöpfung in der eigenen kieferorthopädischen Praxis sprechen für diese digitale Arbeitsweise.



**Abb. 1:** Intraoralscanner Medit i700. **Abb. 2:** Mit dem Planungsmodul Ortho Apps aufgebrauchte Bänder. **Abb. 3a und b:** Virtuelle Platzierung einer Dehnschraube (a). Eingebrauchte Verbinder koppeln die Dehnschraube und die Bänder. Die mittleren Verbinder sind temporär und werden nach der Schweißung der Schraube entfernt (b). **Abb. 4:** Die Dehnschraube wurde für den Export subtrahiert. **Abb. 5a und b:** Schweißmikroskop (a). Einstellung aller Funktionen, der Parameter Leistung und Impulsdauer (b).

## Planungssoftware

Mithilfe des OnyxCeph<sup>3TM</sup>-Planungsmoduls Ortho Apps ist es möglich, selbst anspruchsvolle kieferorthopädische Apparaturen effizient zu designen und das Planungsergebnis in Form eines fertigungsgerechten 3D-Exports vorzubereiten.

Idealerweise wird das Modul von einem segmentierten Arbeitsmodell aus gestartet, was das automatisierte Einfügen kronenspezifischer Bänder mit individuell vordefinierten Parametern ermöglicht.

Wie bei einem Baukastensystem können bei Ortho Apps drei Konstruktionselemente unterschieden werden, aus denen in verschiedenen Kombinationen eine große Zahl an unterschiedlichen kieferorthopädischen Apparaturen virtuell hergestellt werden können:

- Bänder
- 3D-Objekte aus Bibliothek
- Verbinder

Am Beispiel einer virtuell designten GNE sollen die verschiedenen Konstruktionselemente vorgestellt werden.

## Bänder

Bänder können unter Vorgabe vordefinierter Parameter wie der Dicke, dem Abstand zur Krone, dem Abstand zur Gingiva und der Größe der Öffnung des Bandes direkt auf ausgewählte Zähne



5a



5b

ANZEIGE

## Birne oder Zitrone,

Bestmöglichen Nutzen für Ihre Praxis zu bieten ist unser Anspruch.

D.h. perfekte Abrechnung, höchste Verlässlichkeit, freundliche Betreuung zu attraktiven Konditionen. Birne oder Zitrone? Sie dürfen von uns „süße Kost“ erwarten. ZO Solutions AG – macht den Unterschied. Wir beraten Sie gerne und unverbindlich – gerne auch über Zoom!

**zo solutions**  
DIE KFO-ABRECHNUNGSPROFIS

Tel. +41(0)784104391  
info@zosolutions.ag  
www.zosolutions.ag



Wir sind auf der  
**DGKFO 2023**  
in Stuttgart



Feiern Sie unser  
Jubiläum mit uns  
am Stand C2 D41!



**Experts in Orthodontics**  
GC Orthodontics Europe GmbH  
[www.gc.dental/ortho](http://www.gc.dental/ortho)

**Abb. 6a und b:** Konfektionierter und individuell im CAD/CAM-Verfahren hergestellter festsitzender Platzhalter (a). Ein aus zwei Verbindern und zwei Kronen individuell hergestellter festsitzender Platzhalter (b). **Abb. 7a-c:** Digital gefertigte festsitzende Platzhalter in Ober- und Unterkiefer auf Kunststoffmodellen und in situ. **Abb. 8:** CAD/CAM-gefertigter Lingualbogen. **Abb. 9:** CAD/CAM-gefertigter TPA in situ.

**Abb. 10a und b:** Digitale GNE mit Haken zur Aufnahme (a). Konventionell gefertigte Hybrid-GNE einer Gesichtsmaske (b). **Abb. 11a und b:** Hybridhyrax mit Haken zur Aufnahme einer Gesichtsmaske (a). Digitale Planung und in situ (b). **Abb. 12a und b:** Digitale Planung einer Hybrid-GNE (a). Hybrid-GNE in situ (b). **Abb. 13a-d:** Gegossene Schienen eines Herbst-Scharniers (digital geplant) (a, b). Gegossenes Herbst-Scharnier bei Rücklage des Unterkiefers, Nichtanlage 35, 45 und geplantem Lückenschluss von distal (c, d).



„Mit einer CAD/CAM-Planungssoftware ist es möglich, auf virtuellen Modellen kieferorthopädische Apparaturen sehr präzise zu designen, diese als STL-Datei zu speichern und einem 3D-Metalldrucker zur Fertigung zu übergeben.“

platziert werden (Abb. 2). Eine individuelle Anpassung beispielsweise der Randkontur jedes einzelnen Bandes ist möglich. Approximalfächen werden beim Design ausgespart und ein Abstand von 0,1 mm zur Zahnoberfläche definiert, um eine gute Passung zu gewährleisten.

### 3D-Objekte

Diese Komponenten werden in der 3D-Objektbibliothek ausgewählt und können je nach Bedarf in allen drei Ebenen des Raums in der gewünschten Position ausgerichtet werden (Abb. 3a). Es handelt sich hierbei unter anderem

um aktive Elemente wie Dehnschrauben, die noch nicht im Metalldruckverfahren hergestellt werden können. Bei der Konstruktion werden diese Komponenten lediglich als virtuelle Platzhalter benötigt und können als Fertigteile nach Herstellung der Apparatur im Schweißverfahren eingefügt werden.

### Verbinder

Verbinder (Abb. 3b) dienen dazu, 3D-Objekte und Bänder miteinander kraftschlüssig zu koppeln. Initial erscheinen diese Konstruktionselemente als ca. 20 mm lange virtuelle Stäbe, die durch Drag

### Metalldruck

Das selektive Laserschmelzen (englisch: Selective Laser Melting, Abkürzung SLM) ist ein additives Fertigungsverfahren für komplexe Metallteile auf der Basis von 3D-CAD-Daten.

Der zu verarbeitende Werkstoff (z. B. eine Kobalt-Chrom-Metalllegierung) wird in Pulverform in dünnen Schichtstärken zwischen 15 und

„Der Arbeitsalltag lässt sich auf diese Weise deutlich effizienter gestalten. Beim digitalen Workflow sind in der Regel weniger Sitzungen für die Patienten erforderlich (z. B. entfällt das Separieren oder Anpassen von Bändern) und die Passgenauigkeit und Individualisierung der Apparatur ist deutlich verbessert.“

and Drop im Raum bewegt und durch Griffpunkte entsprechend in Länge und Form der Anatomie des Patienten angepasst werden können.

Ist die kieferorthopädische Apparatur nach den Vorstellungen des Behandlers entworfen, kann dieser die Datensätze über die Exportfunktion im offenen 3D-Format (z. B. STL) für die Herstellung exportieren (Abb. 4).

500µm auf einer Bauplattform aufgebracht. Ein Hochpräzisionslaser wird dann auf den pulverförmigen Werkstoff gerichtet, welcher selektiv vollständig umgeschmolzen wird und nach Erstarrung eine Metallschicht bildet.

Anschließend erfolgt die Absenkung der Bauplattform um eine Schichtstärke und ein erneutes Aufbringen von Pulver. Dieser Vorgang wird so häufig wiederholt, bis alle Pulver-

### INFO

Wenn Sie noch weiter in die digitale Kieferorthopädie eintauchen wollen und fundierte Fähigkeiten beim Erstellen digitaler Apparaturen erlangen möchten, besuchen Sie den Kurs von Dr. Seung-Woo Yoo: „Der digitale CAD/CAM-Workflow in der Kieferorthopädie – der Kieferorthopäde als Hersteller“ am 21.10.2023 in Frankfurt am Main.

Infos und Anmeldung unter:  
[www.kfo-ig.de/fortbildung](http://www.kfo-ig.de/fortbildung)

ANZEIGE

## TEAM EVENT

ii<sup>e</sup> systems

# Learn to Grow - Gemeinsam in Richtung Zukunft

27.10. & 28.10.2023

in Düsseldorf (Van der Valk Airporthotel)

- Effizientes Zeitmanagement
- Stärkung der Kommunikationsfähigkeiten
- Finanzieller Erfolg für eine sichere Zukunft

- Kreativitätsförderung
- Stressmanagement
- Sicher in die berufliche Zukunft

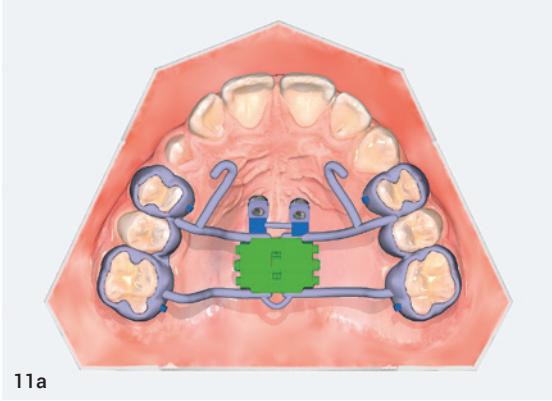
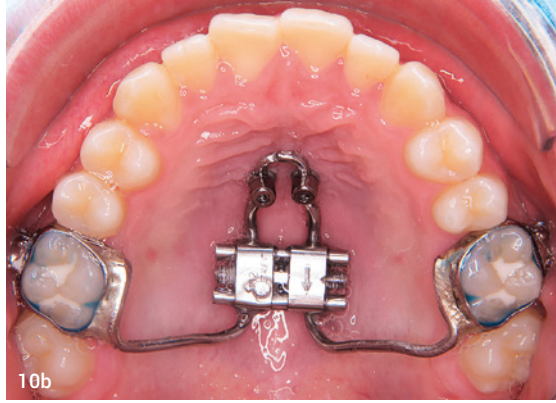
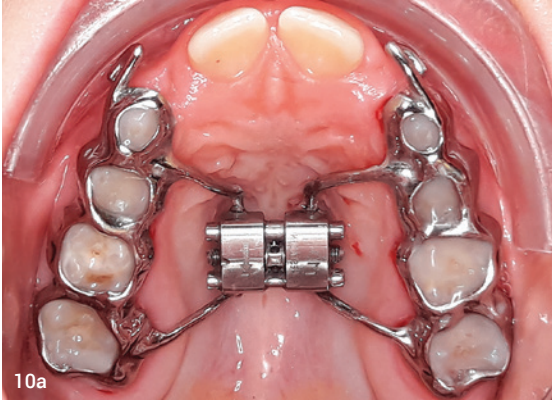
[dr-visse.de/teamevent2023/](http://dr-visse.de/teamevent2023/)

Jetzt anmelden



Steigerung der Praxiseffizienz durch konsequente Umsetzung der ii<sup>e</sup>-systems Philosophie





schichten umgeschmolzen sind und das Bauteil fertiggestellt ist.

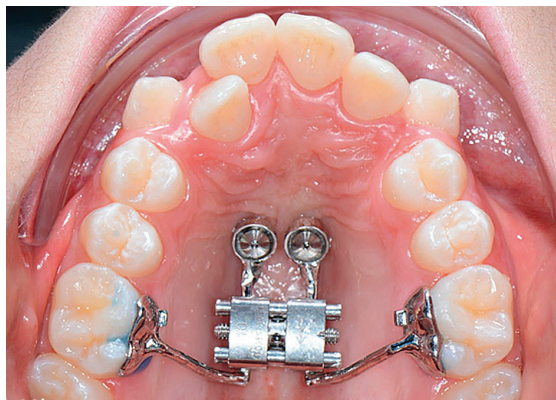
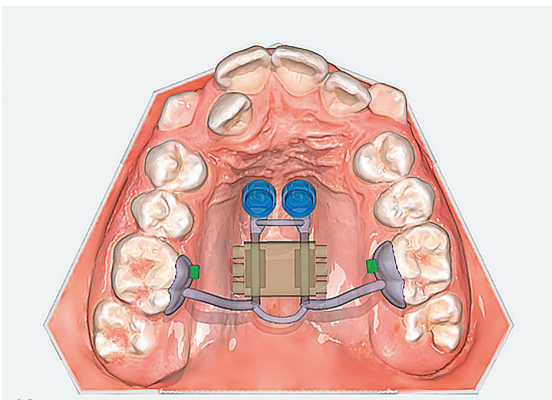
Um eine Kontaminierung des Werkstoffs mit Sauerstoff zu verhindern, erfolgt die Fertigung unter Schutzgasatmosphäre mit Stickstoff oder Argon. Das selektive Laserschmelzen ermöglicht die Herstellung von Bauteilen mit anspruchsvollen Geometrien, die mit konventionellen Gussverfahren oder subtraktiven Techniken nicht zu realisieren sind.

Gewerbliche Dentallabore, die sich auf die SLM-Technik spezialisiert haben, können die Bauteile im

Anschluss durch Elektropolitur nachbearbeiten. Für eine bessere Haftung empfiehlt es sich, die der Krone zugewandte Seite des Bauteils anzustrahlen.

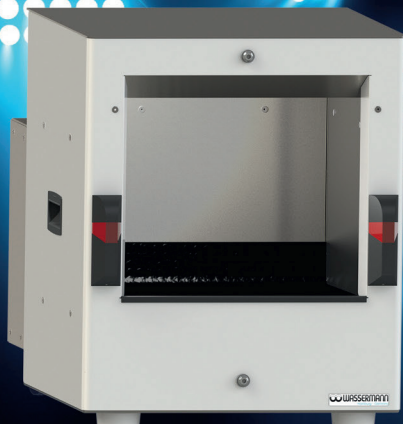
### Schweißen

Es ist aktuell noch nicht möglich, die Dehnschraube einer Gaumennahterweiterungsapparatur im SLM-Verfahren zu drucken. Um die Dehnschraube in die Apparatur einzubringen, bedarf es daher einer Schweißung. Wir nutzen in unserem kieferorthopädischen Labor hierfür den PUK D6 der Firma Lampert.



Germany - Since 1927

Abdampf-Box  
mit integrierter  
Absaugung



Dampfstrahler  
Wasi-Steam  
Classic II



Gipstrimmer  
HSS-99  
KFO



DGKFO 27.-30. September 2023

Besuchen Sie uns auf der DGKFO (Stand C1C10)  
und Erleben Sie alle Geräte live im  
ICS Internationales Congresscenter in Stuttgart.



www.wassermann.hamburg

**Abb. 14a und b:** Digital erstelltes metallgedrucktes Herbst-Scharnier – der gedruckte Okkludator erleichtert die Montage der Stege (a). Schraubenmutter können durch virtuelles Anlegen des Steges entsprechend ausgerichtet werden (b). **Abb. 15a und b:** Anprobe einer Schraubenmutter (a). Durch Schweißung eingebrachte Schraubenmutter (Sokratis Gonidis) (b). **Abb. 16a und b:** Gedrucktes Herbst-Scharnier in situ – Reduktion von Schwachstellen wie Löt- oder Schweißstellen zwischen Verbindern und Band. **Abb. 17:** Virtuelle Planung eines Herbst-Scharniers. **Abb. 18:** Gedrucktes Herbst-Scharnier mit eingebrachtem Steg. **Abb. 19:** MARA frontal in der Planungssoftware. **Abb. 20a und b:** MARA OK-Ansicht in der Planungssoftware (a). MARA UK-Aufsicht in der Planungssoftware (b). **Abb. 21a und b:** MARA elbow rechts (a). MARA elbow links (b). **Abb. 22a–d:** Ansicht frontal – metallgedruckte MARA (a). Ansicht links – metallgedruckte MARA (b). Ansicht rechts – metallgedruckte MARA (c). Aufsicht OK/UK – metallgedruckte MARA (d).



Die kurzen Schweißimpulszeiten ermöglichen hochwertige Schweißverbindungen und die Technik ist wartungsfrei.

#### Praktische Erfahrungen

##### 1. Festsitzender Platzhalter

Bei frühzeitigem Milchzahnverlust können festsitzende Platzhalter mögliche unerwünschte Folgen wie Platzmangel und Stützonenverlust verhindern (Abb. 7a–c).

##### 2. Transpalatinal- und Lingualbogen

Durch den Transpalatinalbogen wird der Abstand der Befestigungszähne fixiert. Beim Schluckvorgang drückt die Zunge gegen den Transpalatinal-

bogen und verursacht eine Intrusion der Verankerungszähne. Klinische Studien zeigen, dass es trotz Transpalatinalbogen zu einer Mesialdrift der Verankerungszähne kommt und somit mit einem Verankerungsverlust gerechnet werden muss (Abb. 8 und 9).

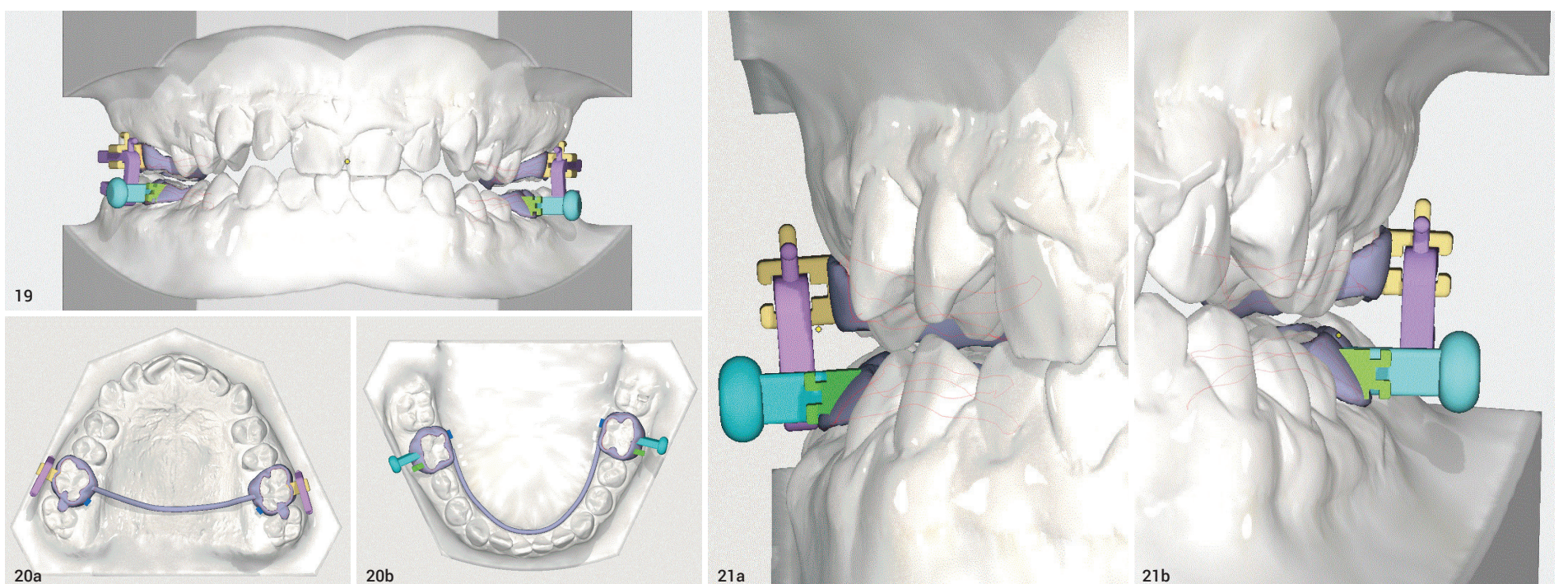
##### 3. Gaumennahterweiterungsapparat

Die Gaumennahterweiterungsapparat ermöglicht durch Sprengung der Sutura palatina eine transversale Erweiterung des Oberkiefers. Sie ist bei Kindern und Jugendlichen eine bewährte Behandlungsmethode, wenn > 5 mm gedehnt werden soll. Eine Protraktion der Maxilla kann durch zusätzlichen Einsatz einer Gesichtsmaske erfolgen. Als mögliche Nebenwirkungen einer

zahngetragenen Gaumennahterweiterungsapparat sind Bukalkippungen der Verankerungszähne und Rezessionen zu nennen, welche durch den Einsatz von Mini-Implantaten (Hybridhyrax), als zusätzliche Verankerung, verringert werden können. Bei Erwachsenen ist in der Regel eine chirurgische Schwächung erforderlich (Abb. 10a–12b).

##### 4. Herbst-Scharnier

Das Herbst-Scharnier zählt zu den am besten wissenschaftlich untersuchten Apparaturen in der Kieferorthopädie. Die Rücklage des Unterkiefers kann durch das festsitzende Herbst-Scharnier sehr effizient und zuverlässig behandelt werden. Die komplexe Fertigung und die, bei dem

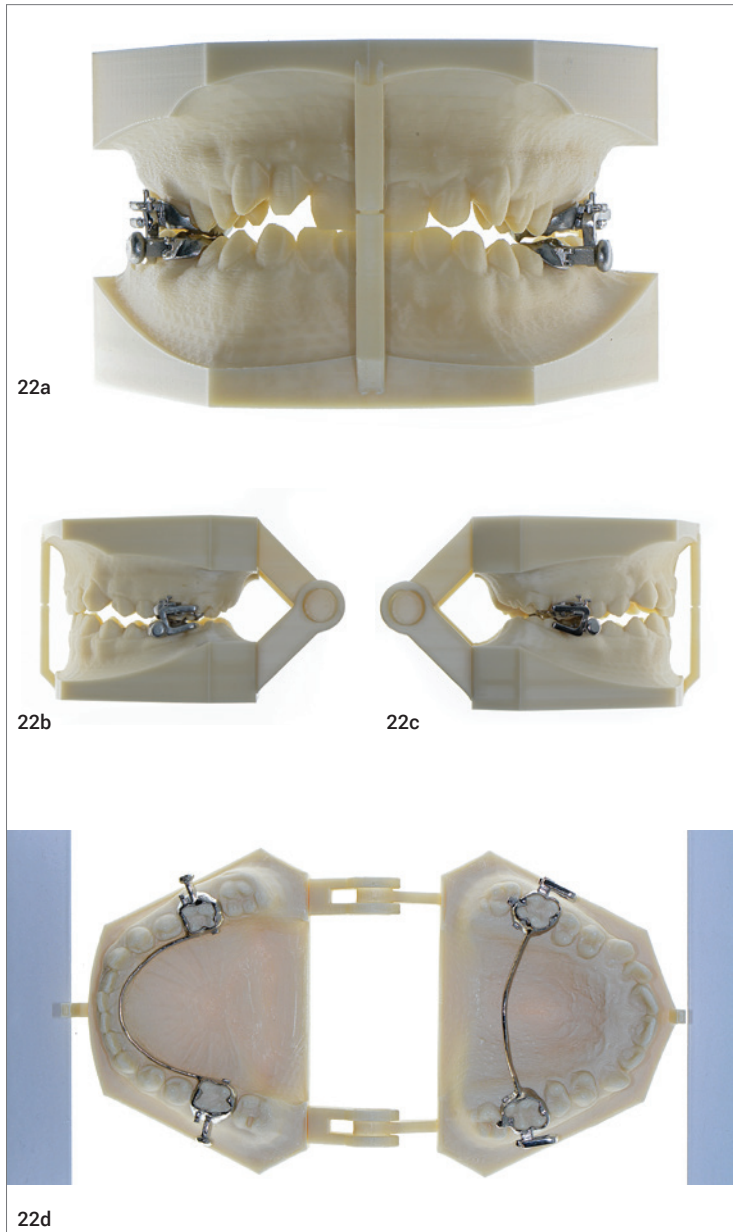


# plug and print

SIMPLEX, das erste 3D-Filament-Druckersystem speziell für die Modellherstellung im KFO-Bereich.

## So einfach gelingt der Einstieg:

1. Auspacken und installieren
2. Druckbett nivellieren
3. Filament laden
4. SIMPLEX sliceware installieren
- ✓ **Drucken**



Bänderherbst, sehr hohe Reparaturanfälligkeit führten in der Vergangenheit dazu, dass die Apparatur selten zum Einsatz kam. Auch die hohen Fremdlaborkosten bei einem gegossenen qualitativ hochwertigen Herbst-Scharnier (Abb. 13a–d) förderten nicht dessen Verbreitung in den kieferorthopädischen Praxen. Mittels CAD/CAM-Technik lässt sich heutzutage das Herbst-Scharnier (Abb. 14a und b) designen und herstellen. Lediglich Fertigteile wie Schrauben, Schraubenmutter und Stege müssen separat erworben werden. Nach Erhalt der metallgedruckten Schienen werden die Schraubenmutter angeschweißt und die Stege montiert (Abb. 15a–18).

### 5. MARA

Die Mandibular Repositioning Appliance (MARA) ist ein von James Eckhart und Douglas Toll entwickeltes festsitzendes Gerät zur Korrektur von mandibulären Rückbissen. Studien belegen, dass die dentoalveolär-skelettale Wirkung ähnlich effektiv ist wie beim Herbst-Scharnier.

Die CAD/CAM-Technik ermöglicht es, diese Apparatur selbst zu designen. Hierbei ist es möglich, einen passiven Slot zu gestalten, der eine Kombination von MARA und einer Multibracketapparatur in Ober- und Unterkiefer ermöglicht. Die hiermit deutlich verkürzte Behandlungsdauer gehört mit zu den größten Vorteilen dieser Behandlungstechnik (Abb. 19–23b).

### 6. BENEslider

Der anteriore Gaumen als Insertionsort für paramedian/median gesetzte Mini-Implantate zum Zwecke der Distalisation, Mesialisierung oder Intrusion wurde durch Prof. Dr. Benedict Wilmes und Prof. Dr. Dieter Drescher national und international populär gemacht.

Herkömmliche Distalierungsapparaturen sind häufig von der Mitarbeit des Patienten abhängig. Mitarbeitsunabhängige Distalisierungsapparaturen (z.B. Pendulum oder Fast Back) lassen aufgrund eines Verankerungsverlustes die Prämolaren nach vorne laufen.

Die skelettale Verankerung mit Mini-Implantaten erweist sich aufgrund der nicht erforderlichen Mitarbeit und einem vernachlässigbaren Verankerungsverlust in vielen Fällen als überlegen.

Das TADmatch™ Modul in OnyxCeph<sup>3TM</sup> ermöglicht heutzutage einen kompletten digitalen Workflow. Virtuelle Positionsplanung der Mini-Implantate unter Berücksichtigung des erstellten Röntgenbildes (FRS, DVT) und des intraoralen Scans sowie die Herstellung von Insertionshilfen können gerade für den Anfänger äußerst hilfreich sein, aber auch in anatomisch schwierigen Fällen (z.B. verlagerte Eckzähne oder LKG-Patienten) zusätzliche Sicherheit bieten. Neben der digitalen Planung und Herstellung der Insertionshilfen können mittlerweile auch die erforderlichen Elemente wie Bänder oder BENEplates individuell am Compu-



3D Druck mit  
**SIMPLEX**

Besuchen Sie uns  
auf der DGKFO!  
Stand C2C05

making work easy

**Renfert**



**Abb. 23a und b:** SLM-gedruckte MARA auf Montagemodell mit je einem 0,017 x 0,025 ss Bogen: von der Seite (a), von vorne (b). **Abb. 24:** Ausrichtung Mini-Implantat anhand eines FRS. **Abb. 25:** Mini-Implantate mit paramedianer Ausrichtung. **Abb. 26:** Virtuell geplante Bohrschablone. **Abb. 27a und b:** Gedrucktes Labormodell (a). Gedrucktes Labormodell mit Mini-Implantatanaloga (b). **Abb. 28:** Analog auf dem Arbeitsmodell erstellter Distalslider. **Abb. 29:** Bohrschablone in situ. **Abb. 30:** Analoges Distalslider mit aktivierten Druckfedern. **Abb. 31:** Digitale Planung von BENEplate und Bändern mit Konnektoren. **Abb. 32:** Im SLM-Verfahren gefertigte BENEplate und Bänder mit Konnektoren. **Abb. 33:** Im SLM-Verfahren gefertigte BENEplate und Bänder. **Abb. 34:** Modifikation des BENEsliders.

(Bilder: © Dr. Matthias Himmelreich, Dr. Jan-Tobias Süß und Dr. Seung-Woo Yoo)

## ANZEIGE



### Scannen. Zeigen. Begeistern.

Zeigen Sie Ihren **jüngeren Patienten** ihr potenzielles zukünftiges Lächeln mit dem **Invisalign Ergebnissimulator** auf dem **iTero Intraoralscanner**. 96 % der mit dem Invisalign System erfahrenen Kieferorthopäden stimmen zu, dass das Angebot einer **transparenten Aligner Behandlung für Teenager** zum Wachstum ihrer Praxis beiträgt.\*

Aus diesem Grund lohnt es sich mehr als je zuvor zu überdenken, wie Ihre Patienten vom **Invisalign System** in Ihrer Praxis profitieren könnten.

Erfahren Sie mehr unter [www.invisalign.de/provider](http://www.invisalign.de/provider)



align

© 2023 Align Technology Switzerland GmbH. Alle Rechte vorbehalten. Invisalign, ClinCheck und SmartTrack sowie weitere Bezeichnungen sind Handels- bzw. Dienstleistungsmarken von Align Technology, Inc. oder dessen Tochtergesellschaften bzw. verbundenen Unternehmen, die in den USA und/oder anderen Ländern eingetragen sein können.

Align Technology Switzerland GmbH, Suurstoffli 22, 6343 Rotkreuz, Schweiz.

\*Daten aus einer Umfrage unter 78 Kieferorthopäden (aus den Regionen Nordamerika, EMEA, APAC) mit Erfahrung in der Behandlung von Teenagern (mindestens 40 Fälle, in den letzten 8 Monaten) mit Invisalign Alignern bei Teenagern mit bleibendem Gebiss; die Ärzte erhielten ein Honorar für ihre Zeit.

ter designt und im Anschluss im SLM-Verfahren hergestellt werden (Abb. 24–34).

### Fazit

Die CAD/CAM-Technologie ermöglicht es dem Kieferorthopäden, eine Vielzahl an Apparaturen selbst, individuell an den Patienten ange-

passt, zu erstellen. Die hierfür erforderlichen STL-Daten können durch einen Intraoralscanner schnell generiert werden. Individuell designte kieferorthopädische Apparaturen können im Metalldruck von Fremdlaboren produziert und Fertigteile im kieferorthopädischen Eigenlabor durch Schweißung eingebracht werden.



**Dr. Matthias Himmelreich**  
himmelreich@  
kieferorthopadie-langen.de  
www.kieferorthopaedie-langen.de



**Dr. Seung-Woo Yoo**  
info@kfo-yoo.de  
www.kfo-neu-isenburg.de

# TPAO CONGRESS

powered by TP SOLUTION

REGISTER NOW TO  
THE LARGEST CONGRESS  
ON DIGITAL TREATMENT  
PLANNING IN ALIGNER  
ORTHODONTICS



REGISTER NOW:  
[tpao-congress.com](https://tpao-congress.com)

24-25 NOV 2023 HAMBURG



Includes  
6-months  
membership  
to the  
TP ACADEMY  
ONLINE\*



\*Join monthly **live webinars** with technical and clinical experts, **discuss your cases** and keep up to date with the latest **software developments** – starting Jan 2024. Yearly membership fee: €599. More information: [tpacademy.me](https://tpacademy.me)

TP ACADEMY