

Effizientes Duo: 3xDGNE – Teil 1

Von Dr. Santiago Isaza Penco, Dr. Andrea Nakleh, ZT Stefano Negrini,
Dr. Federica Isaza Giordano und Dr. Thomas Lietz.

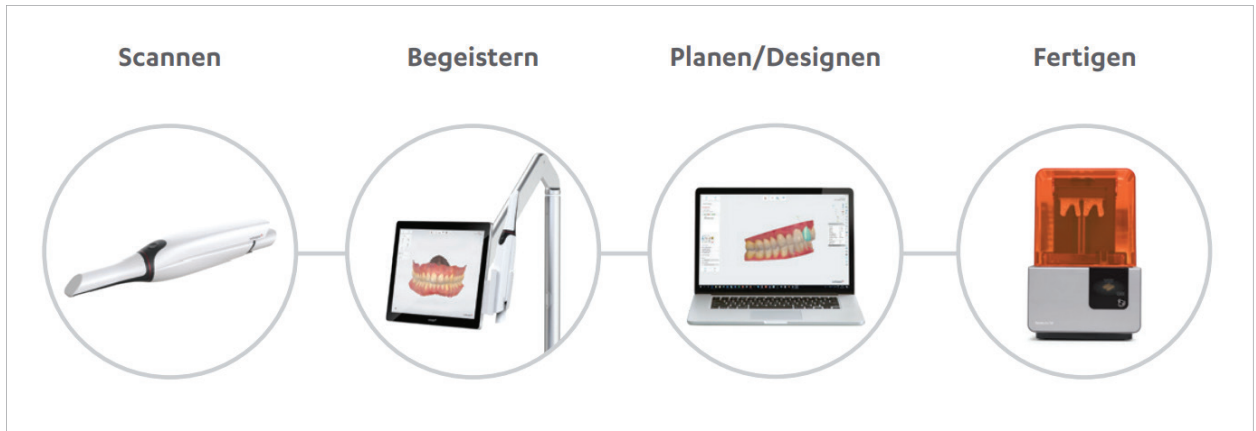


Abb. 1: Die digitale Prozesskette zur Herstellung einer kieferorthopädischen Behandlungsapparatur. (Abbildung mit freundlicher Genehmigung der Firma 3Shape)

Einleitung

3xDGNE??? – ist das wieder so ein kryptischer Computercode oder eine der vielen schwer zu erratenden Abkürzungen? Vielleicht geht es irgendwie um die Erweiterung der Gaumennaht (GNE)? Zugegeben – die Autoren nahmen sich die Freiheit, Ihre Neugierde zu wecken, und spielten ein wenig mit der Verbindung zwischen GNE und 3D-Technologien. 3xDGNE steht hier für: **D**igitale **G**enialität, **D**igitale **N**acharbeit, **D**igitale **E**ndfertigung. Die Digitalisierung liefert inzwischen für alle Phasen der kieferorthopädischen

Behandlung sehr hilfreiche Werkzeuge (Abb. 1).

Im späten Wechselgebiss und bei Erwachsenen ist die transversale Erweiterung bzw. Expansion der Gaumennaht (GNE) eine sehr häufig eingesetzte Möglichkeit, die in ihrem Vorgehen gut bekannt ist. Weniger bekannt mag sein, dass es sich dabei um eine Therapievariante handelt, die schon sehr alt ist. Die Technik der Gaumennahterweiterung durch das Expandieren (Vergrößern) des Zahnbogens wurde erstmals 1860 von dem amerikanischen Zahnarzt Angell publiziert,² später von Black (1893) und Hawley

(1912).¹³ Das Grundprinzip dieser Behandlungsmethode wurde damals entwickelt und hat sich kaum geändert. Mit Hilfe einer an den Zähnen befestigten doppelseitig aktiven Schraube konnte man die Gaumennaht artifizuell eröffnen (Abb. 2 und 3).

Geändert haben sich seit damals das Aussehen und das Material der Expansionsschrauben. Die heutigen Produkte sind international bekannt unter dem Begriff hyrax®. Auch das ist eine Abkürzung. Sie steht für: Hygienic rapid expansion. Dieses neue Schraubendesign wurde 1986 von Biedermann eingeführt.^{1,3} Die

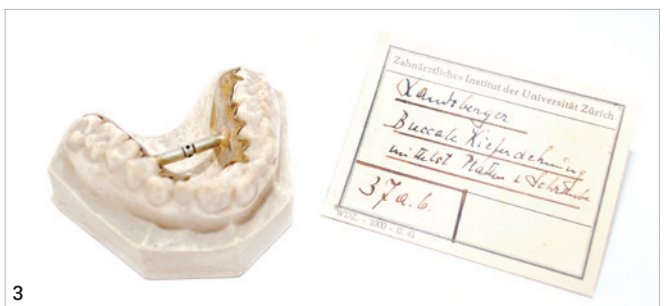
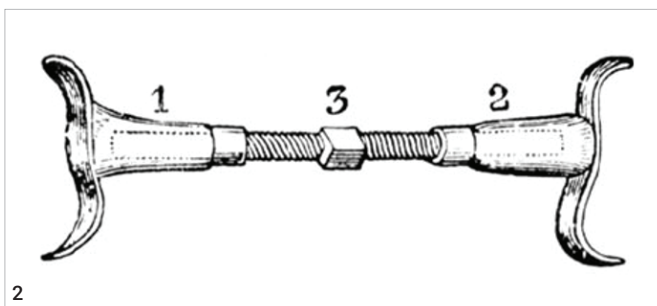


Abb. 2: Expansionsschraube nach E. C. Angell von 1860. Entnommen aus Machado et al.¹⁰ **Abb. 3:** Diese Apparatur vom Anfang des 20. Jahrhunderts ist als „Buccale Kieferdehnung mittelst Platten und Schraube“ beschrieben. (Abbildung mit freundlicher Genehmigung von G. Pedrolí aus der Sammlung der Klinik für Kieferorthopädie und Kinderzahnmedizin am Zentrum für Zahnmedizin der Universität Zürich)

WE LOVE WELL STRUCTURED ALIGNER EDUCATION.

Reclaim control over each aspect of your treatment plan. **We show you how.**



inviSolution is now
www.tpsolution.com

 **TPACADEMY**

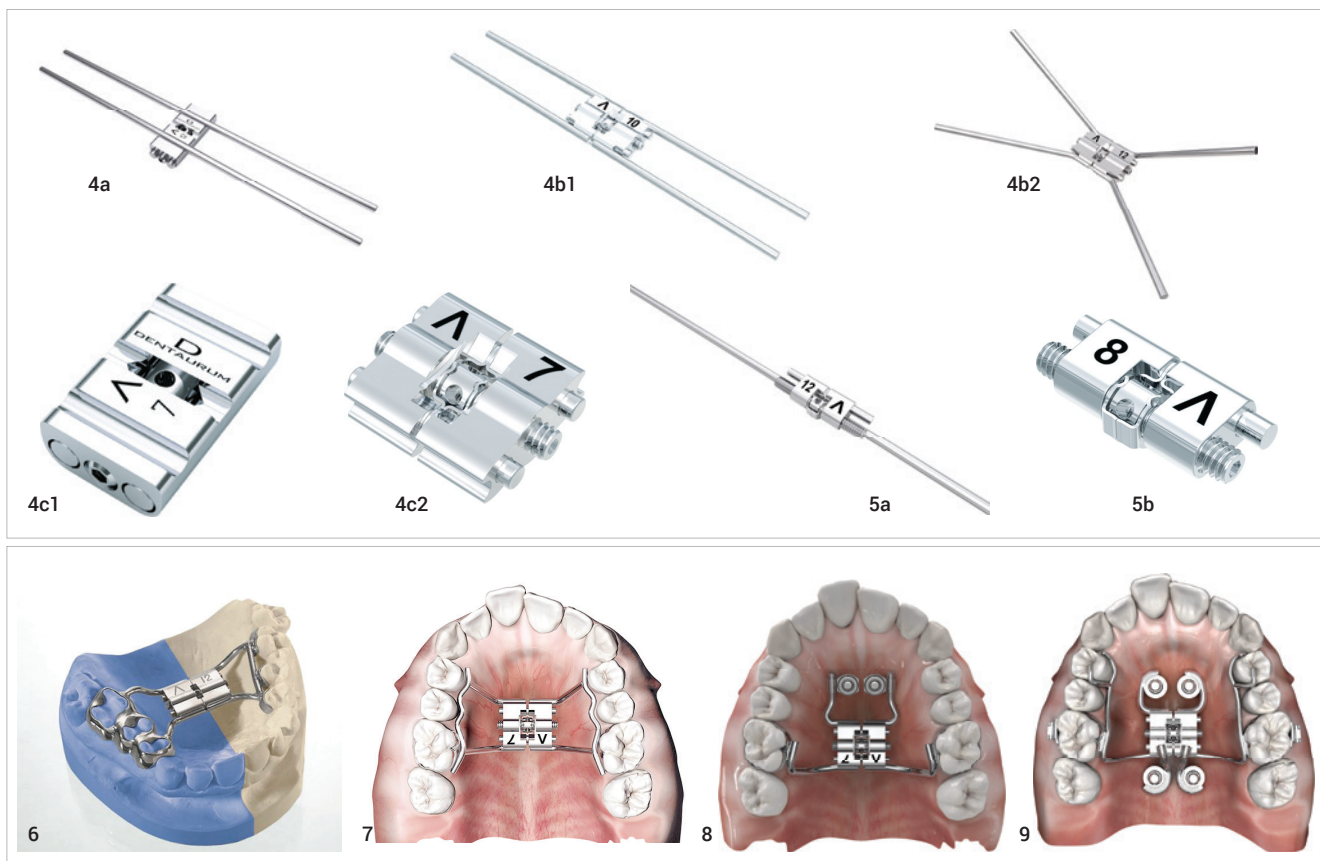


Abb. 4a–c: Die Hyrax® (Fa. Dentauro) gibt es in unterschiedlichen Ausführungen. Die Arme sind sagittal (hyrax® neo; a) oder transversal (hyrax® / hyrax® click; b) angeordnet. Die Versionen ohne Arme (c) sind ideal für die Digitaltechnik. **Abb. 5a und b:** Die Variety und Variety click (Fa. Dentauro) sind zwei Expansionsschrauben für reduzierte Platzverhältnisse (a). Die Versionen ohne Arme (b) sind ideal für die Digitaltechnik. **Abb. 6:** GNE-Apparaturen können komplett aus Titan hergestellt werden, entweder im Gussverfahren (linke Seite) oder aus Einzelelementen (rechte Seite). **Abb. 7:** Eine dentoalveolär verankerte GNE-Apparatur. **Abb. 8:** Bei der Hybrid-Hyrax werden die anterioren Arme an zwei Miniimplantate (z. B. tomas®-pin EP) mittels Abutments (z. B. tomas®-abutment tube 1.5) gekoppelt. Die distalen Arme werden in bekannter Weise an die Bänder geschweißt. **Abb. 9:** Bei einer MARPE-Apparatur erfolgt die skelettale Verankerung mithilfe von vier Miniimplantaten (z. B. tomas®-pin EP). Die Ankopplung an die Expansionsschraube sollte durch vier variabel platzierbare Ösen (z. B. tomas®-RPE eyelet) erfolgen.

Schrauben bestehen aus einem zweigeteilten Grundkörper, der mit einer Spindel verbunden ist.

Seit 1968 werden bei Dentauro hyrax®-Schrauben aus Edelstahl produziert*. Je nach Bauform verfügen sie über zwei Führungsstifte (z. B. hyrax®; Abb. 4) oder nur einen Führungsstift (z. B. Variety; Abb. 5) und entsprechende Arme zur Verbindung mit den Zähnen. In der klinischen Anwendung war immer wieder festzustellen, dass sich die Spindel selbstständig zurückdrehen kann. Einige Expansionsschrauben sind gegen dieses schwer zu erklärende Phänomen mit einer Rückdrehsicherung (Rückstell-Stopp) ausgestattet. Über eine solche Vorrichtung verfügen zum Beispiel die Expansionsschrauben von Dentauro, wie hyrax® click (Abb. 4) und Variety click (Abb. 5).

Anfangs wurden die Arme angelötet. Da Lote in der Mundhöhle mehr oder weniger stark korrodieren, wurde bei Dentauro seit 1984 schrittweise bei der Herstellung der hyrax® das Laserschweißen ein-

geführt. Seit 2002 wird nur noch dieses Fügeverfahren angewendet. Solche Schweißnähte verfügen über eine hohe Biokompatibilität.¹⁵ Bei einigen Patienten treten trotz der hohen Biokompati-

„Mehr als 100 Jahre lang wurde die Expansionschraube nur an die Zähne angekoppelt. Mit der Einführung der skelettalen Verankerung entstanden völlig neue Perspektiven.“

bität von Edelstahl korrosionsbedingte gesundheitliche Probleme auf. Für diese Patienten gibt es seit 2002 die hyrax®-Schrauben auch aus Titan (Abb. 6). Die Ankopplung an die Zähne kann mit Dräh-

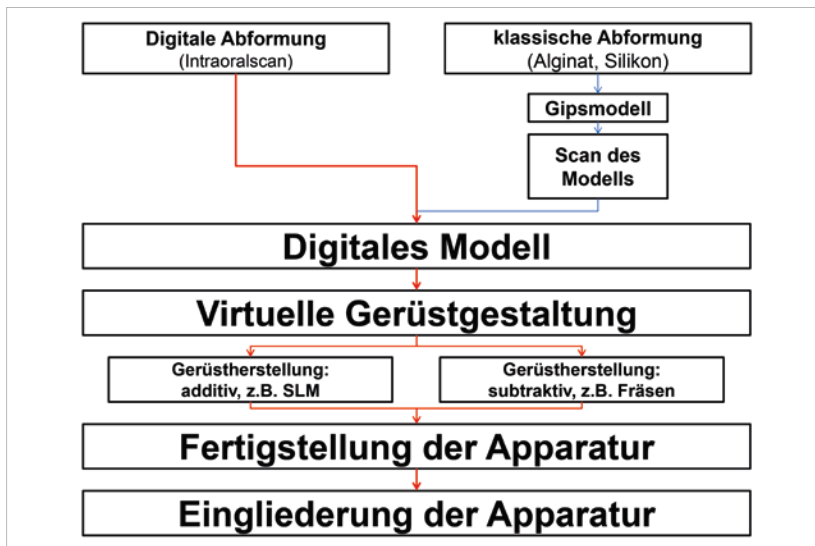


Abb. 10: Die digitale Prozesskette zur Herstellung einer GNE-Apparatur.

Mehr als 100 Jahre lang wurde die Expansionsschraube nur an die Zähne angekoppelt. Mit der Einführung der skelettalen Verankerung entstanden völlig neue Perspektiven. Heute gibt es dadurch für die Erweiterung der Gaumennaht drei Möglichkeiten:

Dentoalveolär verankerte GNE-Apparatur (Abb. 7)

Die vier Arme der hyrax®-Schraube werden an den ersten Prämolaren und Molaren in der digital hergestellten Variante an fortlaufenden Bändern verankert. Es

gibt aber auch die Variante, dass noch zusätzlich Verblockungen aus Kunststoff verwendet werden.

Hybrid-GNE-Apparatur (Abb. 8)

Das ist eine Mischung aus dentoalveolärer und skelettaler Verankerung – darum Hybrid. Die anterioren Arme der hyrax®-Schraube werden an zwei Miniimplantaten gekoppelt, die distalen Arme an die Molarenbänder geschweißt.

Skelettal verankerte GNE (Abb. 9)

Diese Apparaturen werden u. a. als bone-borne maxillary hyrax expander (BBME) oder als miniscrew-assisted rapid palatal expansion (MARPE) bezeichnet.^{9,12} Die Arme oder der Körper der hyrax®-Schraube werden dabei direkt mit zwei oder vier Miniimplantaten gekoppelt.

Alle drei Varianten lassen sich mithilfe digitaler Techniken sehr effizient herstellen. Das prinzipielle Vorgehen (Abb. 10) für alle drei Arten ist immer gleich.

Zur Info 1

Pin-First® approach vs. Pin-Last® approach

Beim Pin-First® approach (auch als „TADs-First“-Methode bezeichnet¹⁶) inseriert man zuerst die Miniimplantate und fertigt danach die Apparatur an. Dies bedeutet, die Apparatur, insbesondere die Koppelungselemente (Abutments), richten sich nach der Position der Miniimplantate. Damit sich letztendlich die Apparatur ohne Probleme mit den Miniimplantaten verbinden lässt, erfordert dies bei der Insertion eine hohe Disziplin hinsichtlich der notwendigen Abstände und der Ausrichtung der Miniimplantate. Die am Computer geplante Position muss exakt im Mund (z. B. mit Insertionsschablone und Vorbohrung!) umgesetzt werden. Stimmen diese Positionen nicht überein, sind Probleme bei der Eingliederung der Apparatur vorprogrammiert. Dies gilt insbesondere für Systeme, bei denen die Verbindungen zwischen Abutment und Miniimplantat über keinen Kompensationsausgleich für leicht divergierende Einschubrichtungen verfügen. Diese Methode kann als einzelstages Vorgehen (Single Appointment Workflow¹⁷) nur digital ausgeführt werden. Es ist aber auch ein zweistages Vorgehen (Two Appointments Workflow¹⁷) in digitaler oder analoger Arbeitsweise möglich. Soll die Apparatur gewechselt werden, müssen die Miniimplantate nicht entfernt werden! Darum sollte diese Methode angewendet werden, wenn für die Miniimplantate nach der Gaumennahterweiterung noch weitere Aufgaben geplant sind.



Beim Pin-Last® approach (auch als „Appliance First“-Methode bezeichnet¹⁶) wird zuerst die Apparatur angefertigt, eingegliedert und dann setzt man beim gleichen Termin die Miniimplantate. Dies bedeutet, die Platzierung der Miniimplantate richtet sich nach der Apparatur. In der Regel sind an der Apparatur oder der Expansionsschraube Ringe oder Ösen vorhanden, durch die Miniimplantate geschraubt werden. Diese Ösen korrespondieren mit entsprechenden Stellen am Kopf oder Hals des Miniimplantats. Dort werden sie dann auch befestigt. Dadurch ergibt sich die Kopplung der Apparatur mit den Miniimplantaten. Bei dieser Methode handelt es sich um ein einzelstages Vorgehen (Single Appointment Workflow¹⁷). Das Vorgehen kann sowohl digital als auch analog realisiert werden. Soll die Apparatur gewechselt werden, müssen die Miniimplantate entfernt werden! Darum ist diese Methode nur anzuwenden, wenn für die Miniimplantate nach der Gaumennahterweiterung keine weiteren Aufgaben geplant sind.



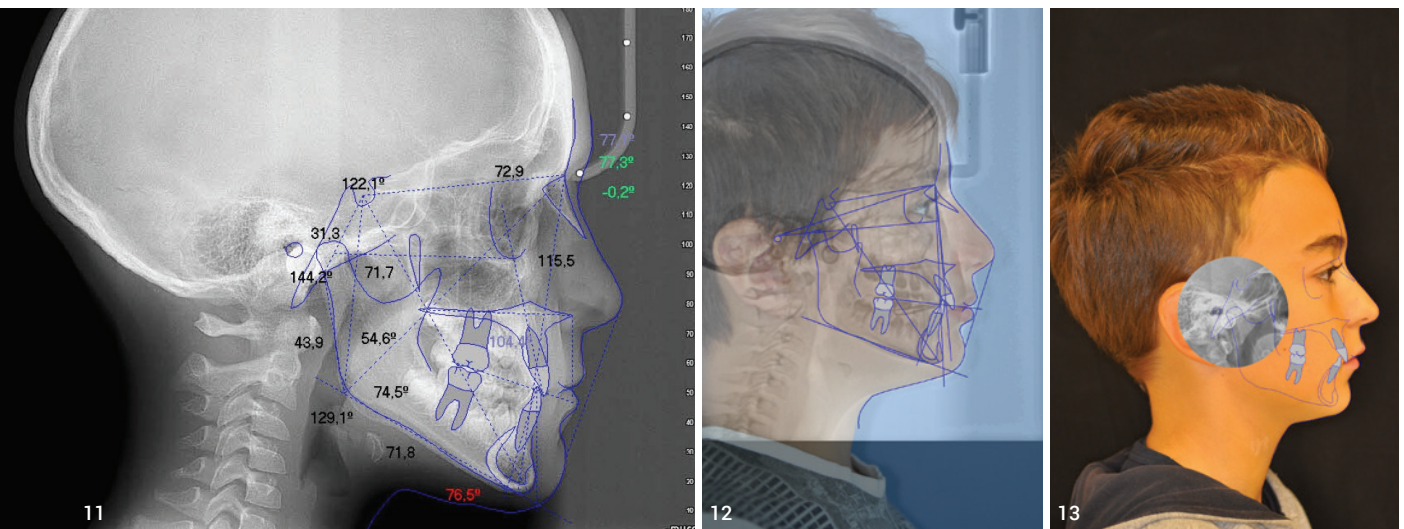


Abb. 11 und 12: Digitale Bilder helfen bei der Befunderhebung, Diagnostik und der Behandlungsplanung: FRS mit automatisierter Auswertung (11) und der Überlagerung mit dem seitlichen Profilbild (12). **Abb. 13:** Überlagerte Bilder sind hilfreich, um z. B. dem Patienten die Problematik zu erklären, und sie können als Basis für das Beratungsgespräch dienen.

2. Digitale Genialität

Über viele Jahrzehnte wurden GNE-Apparaturen nach dem immer gleichen (analogen) Verfahren hergestellt: Anamnese, Befund, Diagnose, Therapieplan, Setzen der Bänder, Abformung, Arbeitsmodell, Herstellung der Apparatur, Eingliederung. Die digitale Prozesskette in der Kieferorthopädie (Abb. 1) ermöglicht es zum Beispiel, die Apparatur zur Erweiterung der Gaumennaht nicht nur effizienter, sondern auch mit besserer Passfähigkeit und u.U. geringeren Nebenwirkungen herzustellen. Insofern steckt in der Anwendung der Digitaltechnik schon Genialität.

2.1. Befund, Diagnose, Behandlungsplanung

Digitale Bilder (extraoral, intraoral, Röntgen) gehören mehr und mehr zum Standard bei der Befunderhebung, Diagnose und Behandlungsplanung (Abb. 11 und 12). Durch die vielen technischen Möglichkeiten lassen sich Bilder überlagern und somit schnell neue Erkenntnisse gewinnen. Solche Bilder (Abb. 13) benutzen wir in unserer Praxis auch für das Beratungsgespräch mit dem Patienten. Das hat aus unserer Sicht zwei Vorteile. Erstens kann man dem Patienten sehr genau die Problematik illustrieren. Zweitens sieht der Patient: Mein Arzt hat sich

viele Gedanken über mich gemacht, um mir zu helfen. Das kann dazu beitragen, dass der Patient sich in Ihrer Praxis gut aufgehoben fühlt und diese Information auch in seinen Umkreis trägt.

2.2. Die Abformung und Modelle

Bei der traditionellen und der digitalen Technik ist für die Anfertigung einer passenden Apparatur die Abformung von Ober- und Unterkiefer inklusive Bissregistrator der erste Schritt. In der analogen Technik erfolgt die Abformung in der Regel mit Alginat. Sie wird anschließend mit Gips ausgegossen. Diese traditionelle Arbeitsweise hat sich in der klini-



Abb. 14: Die digitale Abformung vom TRIOS-Scanner. **Abb. 15:** Das digitale Arbeitsmodell wird mit wenigen Mausklicks aus der digitalen Abformung erstellt. Hier wurde OnyxCeph^{3TM} (Fa. Image Instruments) verwendet. **Abb. 16:** Die zahnindividuelle Gestaltung der Elemente zur Kraftübertragung und Schubverteilung ist besser als konfektionierte Elemente (Bänder, Drähte) zu benutzen. Diese Apparatur wurde komplett aus Titan hergestellt.

WE LOVE NEXT LEVEL ALIGNER KNOWLEDGE.

SAVE THE DATE:

3rd TPAO Congress 24. – 25. NOV 2023

www.tpao-congress.com



 **TPAO CONGRESS**

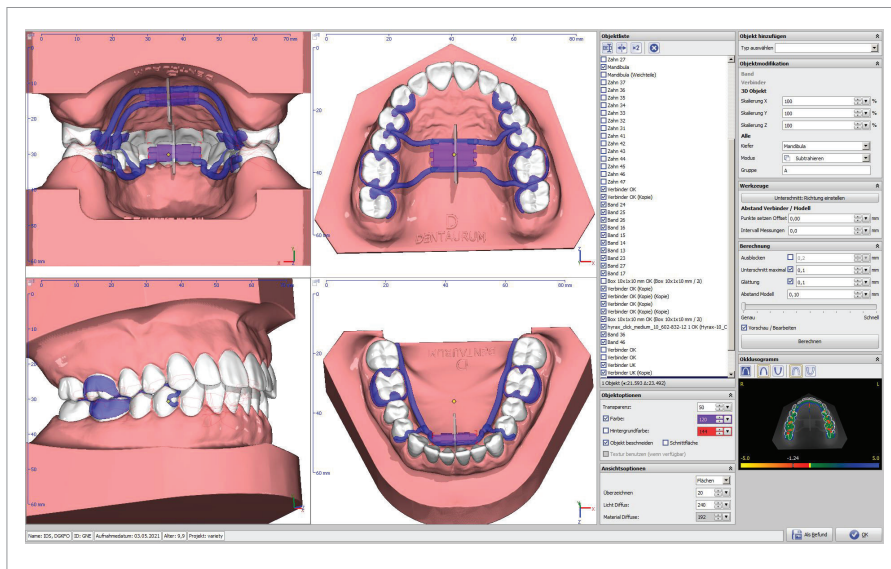


Abb. 17: Mithilfe eines entsprechenden Computerprogramms (hier das Modul Ortho Apps 3D von OnyxCeph^{3TM}) kann die GNE-Apparatur zusammengefügt und von allen Seiten betrachtet werden.

schen Praxis bewährt, obwohl die Abform- als auch die Modellmaterialien Volumenänderungen aufgrund kontinuierlicher chemischer Reaktionen⁶ unterworfen sind. Zum Beispiel dehnt sich der Gips beim Abbinden aufgrund sekundärer Reaktionen aus.¹¹

Bei der klassischen Abformung kommt noch ein weiteres Problem hinzu. Je nach Abformmaterial und -technik kann es zur Kompression der Weichgewebe kommen. Kleinste Veränderungen der Zahnstellungen durch Kompressionen des parodontalen Ligaments sind denkbar, aber unter den Bedingungen einer

kieferorthopädischen Praxis nicht nachweisbar. Derartige Form- und Volumenänderungen können zur Fehlpassung von Apparaturen führen.

Passungenauigkeiten bei festsitzenden oder herausnehmbaren Apparaturen erzeugen unvorhersehbare Kräfte an den Zähnen. Durch die Toleranz der Hart- und Weichgewebe sind geringe Ungenauigkeiten in der Passung primär nur schwer festzustellen. Alle Fehler während der Abformung und Herstellung des Modells können schon in dieser Phase Probleme erzeugen, die sich dann durch den gesamten restlichen Prozess der Herstel-

lung der Apparatur bis in die klinische Anwendung fortsetzen. Bei der digitalen Abformung hat man diese Probleme nicht. Aber es gilt nach wie vor noch der gleiche alte Grundsatz, egal, ob analoge oder digitale Technik, das Modell kann nie besser sein als die Abformung.

Für die digitale Herstellung einer Apparatur ist ein digitales Modell erforderlich. Wird das Gipsmodell durch einen Scanprozess digitalisiert, werden auch die zuvor genannten Fehler digitalisiert. Aus diesem Grund ist eine berührungslose – also rein optische Abformung zu empfehlen. Dies ist nur mit Intraoralscannern möglich. Dadurch können einige der genannten Fehler vermieden werden, die mit der traditionellen Abformung⁸ und der Modellherstellung⁴ verbunden sind. Der Nutzen und die Zuverlässigkeit der intraoralen Scanner waren in den letzten Jahren Gegenstand zahlreicher Publikationen.^{5,7,14}

Die digitale Abformung (Abb. 14) wurde mithilfe eines intraoralen Scanners (TRIOS®, Fa. 3Shape) erstellt. Dabei ist für das Scannen folgendes Vorgehen zu empfehlen:

1. unterer Zahnbogen
2. oberer Zahnbogen mit Gaumen
3. Bissregistrierung auf der rechten und linken Seite.

Die durchschnittliche Scandauer pro Zahnbogen beträgt bei geübten Anwendern knapp drei Minuten. Das ist im Vergleich zur traditionellen Abformmethode deutlich schneller. Die gewonnene Datei (also das mehr oder weniger fertige Modell; Abb. 15) kann sofort online per FTP-Datenübertragung an das kieferorthopädische Dentallabor gesendet werden.

Die durch das intraorale Scannen erzeugten Daten liefern hochpräzise Bilder der Zahnbögen und der Zahnfleischmorphologie. Die digitale Abformung gibt dem Kieferorthopäden die Möglichkeit, sämtliche Modelle elektronisch zu archivieren. Das spart viel Platz in der Praxis und im Labor. Es gibt einen weiteren Vorteil: Während der Konstruktions- und Herstellungsphase der Apparatur kann der Kieferorthopäde von seinem Praxiscomputer aus direkt mit dem Zahntechniker interagieren. Egal, wo sich das Labor befindet.

Zur Info 2

Single Appointment vs. Two Appointment Workflow

Das Setzen der Miniimplantate und die Eingliederung der Apparatur kann einzzeitig (Single Appointment Workflow¹⁷) oder zweizeitig (Two Appointments Workflow¹⁷) erfolgen. Einzeitig bedeutet, beide Schritte werden an einem Termin durchgeführt. Die Kombination von Single Appointment Workflow und Pin-First® approach ist nur bei digitaler Arbeitsweise zu realisieren. Hingegen ist die Kombination von Single Appointment Workflow und Pin-Last® approach für die analoge und die digitale Arbeitsweise möglich. Zweizeitig bedeutet, die Insertion der Miniimplantate (inkl. Abformung) und die Eingliederung der Apparatur erfolgen an getrennten Terminen. Dafür kann der digitale oder analoge Herstellungsweg genutzt werden. Neben den rein technischen Aspekten spielt für die Entscheidung zwischen diesen beiden Wegen auch die Belastungsfähigkeit des Patienten eine Rolle. In der Praxis zeigte sich, dass das einzeitige Vorgehen jüngere Patienten schnell überfordert. Das ist natürlich von Fall zu Fall zu entscheiden und darum gibt es auch keine Regel dafür.

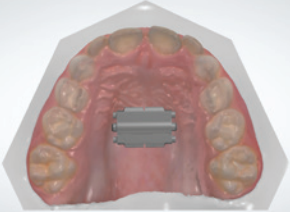
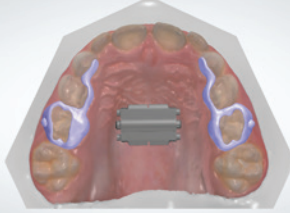
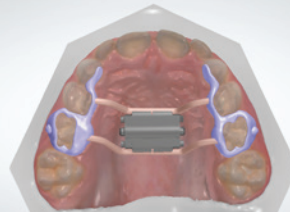
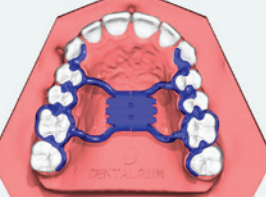
Arbeitsschritt	OrthoAnalyzer™ (3Shape)	Ortho Apps 3D (OnyxCeph™)
GNE-Schraube	hyrax® / hyrax® click 	hyrax® neo 
hyrax® platziert		 
Halte- und Schubelemente		 
Verbinder		 
Fertiges Gerüst		 

Abb. 18: Die Schritte zur Konstruktion einer dentoalveolär verankerten GNE-Apparatur mit den verschiedenen Programmen OrthoAnalyzer™ (Spalte B) und Ortho Apps 3D (Spalte C und D) sowie den verschiedenen Arbeitsschritten (Zeile 3 bis 6).

2.3. Konstruktionsprinzipien

Unabhängig vom Herstellungsverfahren (analog oder digital) haben wir gute Erfahrungen mit zahnindividuellen Halte- und Schubverteilungselementen gemacht. Die Kraftübertragung von der Expansionsschraube erfolgt bei der rein dentoalveolären Verankerung (Abb. 7) via Bänder und Verbinder auf die Zähne. Die damit verbundenen Nebenwirkungen lassen sich minimieren oder verhindern, wenn man Übertragungselemente

anfertigt, die an die Zahnmorphologie und -stellung angepasst sind (Abb. 16). An den ersten Molaren wurden ringförmige Umfassungen mit zwei okklusalen Auflagen gestaltet, die für die Kraftübertragung und sichere Umfassung des Zahnes vollständig ausreichen. Die Umfassung liegt oberhalb des Zahnäquators und stört nicht in der Okklusion, vorausgesetzt, man benutzt einen Artikulator. Bei den klassischen Bändern ist der gesamte Zahn bedeckt. Das kann an sich

schon ein Problem sein. Die mit Bändern nicht zu erreichende Passung im zervikalen und approximalen Bereich ist in vielerlei Hinsicht nicht gewebefreundlich und fördert Plaqueablagerungen und Entzündungen in diesem Bereich. Bei der hier konstruierten ringförmigen Umfassung ist der zervikale Bereich nicht bedeckt und für die Pflege gut zugänglich. Um Bänder platzieren zu können, ist zuvor eine Separation zu den Nachbarzähnen erforderlich. Dies entfällt hier ebenfalls.

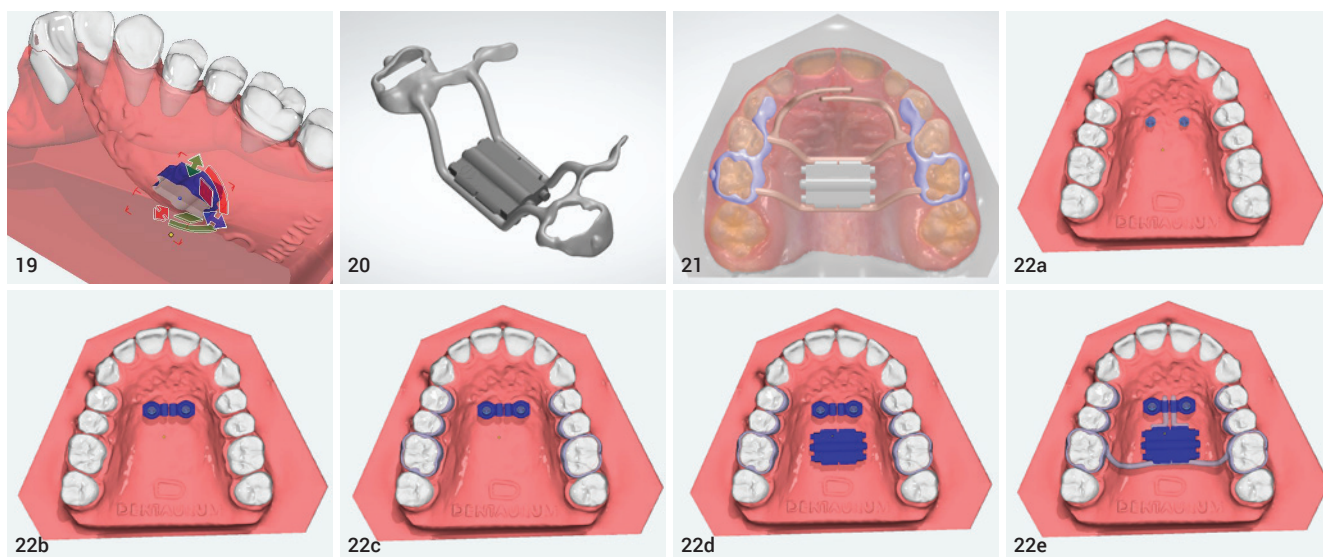


Abb. 19: Die hyrax® muss freischwebend im Gaumen, hier realisiert mit Ortho Apps 3D von OnyxCeph^{3TM}, platziert werden. Der Abstand zur Schleimhaut ergibt sich durch die zu erwartende Abflachung des Gaumens infolge der transversalen Erweiterung des Zahnbogens. **Abb. 20:** Führt man bei der hyrax®/hyrax® click die Verbindungsarme in transversaler Richtung parallel zueinander in den vorgesehenen Vertiefungen lässt sich später das Gehäuse ganz einfach einklipsen. **Abb. 21:** Am Gerüst können auch noch zusätzliche Elemente wie Zungengitter angefügt werden. **Abb. 22a–e:** Die Planung einer Hybrid-GNE nach Pin-First® approach. Auf die Miniimplantate (a) setzt man die Abutments (b), konstruiert die Halte- und Schubverteilungselemente (c), platziert die hyrax® (d) und gestaltet die Verbinder (e).

Der anteriore Kraftansatz für die Expansionsschraube ist an den ersten Prämolaren. Hier ist eine ringförmige Umfassung nicht notwendig. Aus kosmetischen und prophylaktischen Gründen können die approximalen und die Vestibulärflächen freigelassen werden. Auf der Oralseite wird eine Halbschale konstruiert.

Die an den Molaren und Prämolaren applizierte Kraft führt zur Öffnung der Gaumennaht und zur Transversalbewegung dieser Zähne. Um den therapeutischen Effekt zu optimieren und die Apparatur zu stabilisieren, sind gegebenenfalls weitere Zähne in die Apparatur einzubeziehen, vorausgesetzt, die permanenten Zähne sind komplett durchgebrochen. Bei der Hybrid-GNE (Abb. 8) erfolgt die Kraftübertragung der hyrax® im anterioren Bereich auf zwei paramedian gesetzte Miniimplantate. Je nachdem, ob Pin-First® approach oder Pin-Last® approach, sind die entsprechenden Abutments auszuwählen. An den Molaren sollte man die zuvor dargestellten zahnindividuellen Halteelemente verwenden. Bei vollständig durchgebrochenen Zähnen können zusätzliche Schubverteilungselemente, die bis zum ersten Prämolaren reichen, konstruiert werden.

2.4. Das Computerwerk im Labor

Für die Konstruktion der verschiedenen GNE-Apparaturen benutzen wir das Programm OrthoAnalyzerTM (3Shape), es sind aber auch andere Programme dafür geeignet (z. B. Modul Ortho Apps 3D von OnyxCeph^{3TM} von Image Instruments (Abb. 17). Am Computer können die verschiedenen Konstruktionselemente einer GNE-Apparatur zusammengefügt werden. Ein Teil kann aus einer Bibliothek mit Bauteilen (hyrax®-Schraube) übernommen werden und andere (Bänder, Verbinder) sind individuell zu konstruieren. Es ist empfohlen, die weiteren Arbeitsschritte unabhängig vom verwendeten Programm in der dargestellten Reihenfolge durchzuführen (Abb. 18).

Platzieren der hyrax®

Bei der rein digitalen Arbeitsweise benutzt man die hyrax® ohne Arme und fügt diese in die virtuelle Konstruktion ein. Wie man es vom analogen Weg kennt, muss auch beim digitalen Vorgehen die GNE-Schraube freischwebend im Gaumen positioniert werden. Das ist virtuell viel einfacher als analog. Sie soll mindestens 1 bis 2 mm über dem Gaumendach/Gingiva liegen (Abb. 19). Der Abstand sollte jedoch so gering wie möglich sein. Dabei

ist aber die im Verlauf der Expansion entstehende Abflachung des Gaumens zu berücksichtigen. Das dorsale Ende der GNE-Schraube bildet mit den mesiopalatalen Höckern der ersten Molaren eine Linie. Um Hebelwirkungen zu vermeiden, ist auf eine parallele Lage zur Okklusionsebene zu achten. Damit das Einführen des Sicherheitsschlüssels bzw. das Aktivieren der Schraube leicht erfolgen kann, wird die hyrax® mit der Drehrichtung nach dorsal eingebaut.

Halte- und Schubverteilungselemente

Die in Abbildung 16 gezeigte Konstruktion der Halte- und Schubverteilungselemente könnte im klassischen Modellgussverfahren hergestellt werden. Das bedeutet: Arbeitsmodelle dublieren, Einbettmassemodell herstellen, Wachsmodellation, Einbetten, Vorwärmen, Gießen, Ausbetten, Ausarbeiten und Polieren. Einfacher und schneller geht es mithilfe der Digitaltechnik (Abb. 18). Hier lassen sich die ringförmigen Zahnumfassungen und Kraftverteiler in Form von Halbschalen je nach verwendetem Programm mit wenigen Mausklicks realisieren (Abb. 18, Zeile 4). Das Vorgehen ist ähnlich wie das digitale Konstruieren von Klammern bei einer Prothese.

„Die digitale Prozesskette ermöglicht es z.B., die Apparatur zur Erweiterung der Gaumennaht nicht nur effizienter, sondern auch mit besserer Passfähigkeit und u.U. geringeren Nebenwirkungen herzustellen.“

Die weiteren Schritte hängen davon ab, welche der hyrax® (Abb. 4 und 5) zur Anwendung kommt. Benutzt man solche mit Armen, müssten die weiteren Schritte zur Vervollständigung der Apparatur, wie später noch dargestellt wird, analog erfolgen.

Verbinder

Anschließend gestaltet man die runden Verbinder. Bei der semidigitalen Arbeitsweise müsste man später im Rahmen der Fertigstellung die Arme der hyrax® manuell biegen, damit sie in Kontakt zu den Halte- und Schubverteilungselementen kommen. Bei der digitalen Arbeitsweise gestaltet man den Verlauf der Arme virtuell (Abb. 18, Zeile 5). Das ist natürlich viel einfacher, als einen Draht von 1,5mm Durchmesser per Hand in die gewünschte Form zu biegen.

Damit sich die Verbinder später leichter mit der hyrax® verschweißen lassen, führt man die beiden Drähte im Bereich der hyrax® parallel zueinander und legt sie in die entsprechenden Vertiefungen im Gehäuse. Bei der hyrax® und der hyrax® click verlaufen die beiden Arme transversal (Abb. 18, Spalte B und C) und bei der hyrax® neo sagittal (Abb. 18, Spalte D) zum Körper der Schraube. Am Gehäuse sind entsprechende Vertiefungen für die Arme vorgesehen. Legt man die virtuellen Arme dort hinein, erleichtert dies später das Zusammenfügen der realen Teile der Apparatur. Bei der hyrax® und der hyrax® click klemmt man den Schraubenkörper später zwi-

schen die beiden Arme (Abb. 20) und kann alles verschweißen, ohne dass eine Hilfskonstruktion erforderlich wäre. Die virtuelle Gestaltung des Gerüsts bietet die Möglichkeit, noch zusätzliche Elemente an das Gerüst anzufügen. Dies könnten zum Beispiel Zungengitter sein (Abb. 21).

Hybrid-GNE

Die virtuelle Gestaltung einer Hybrid-GNE läuft im Prinzip genauso ab, wie zuvor geschildert. Es sind lediglich die Ankopplungen an die Miniimplantate vorzusehen. Um welche Art von Ankopplungen es sich handelt, hängt davon ab, ob nach Pin-First® approach oder Pin-Last® approach gearbeitet wird. Für erstere Methode benötigt man Abutments, die zusammen mit der Apparatur auf den Miniimplantaten befestigt werden. Für die letzte Methode sind Ringe bzw. Ösen erforderlich, durch die nach der Eingliederung der Apparatur die Miniimplantate geschraubt werden.

Beim Pin-First® approach müssen die Miniimplantate im virtuellen Modell vorhanden sein (Abb. 22). Arbeitet man einzzeitig, setzt man die Miniimplantate zuvor am Computer und arbeitet dann mit diesem Modell weiter. Parallel zur Apparatur ist auch eine Insertionsschablone anzufertigen. Arbeitet man zweizeitig, sind die Miniimplantate bereits im digitalen Modell vorhanden. Dabei muss sichergestellt sein, dass die virtuellen Miniimplantate lagerichtig (horizontal und vertikal!) positioniert sind. Andern-

falls wird die fertige Apparatur mit Schwierigkeiten oder überhaupt nicht einzugliedern sein. Auf die Miniimplantate setzt man ebenfalls in lagerichtiger Position die Abutments. Dann gestaltet man, wie zuvor beschrieben, die Apparatur (Abb. 22).

Beim Pin-Last® approach setzt man an den Stellen, an denen später die Miniimplantate sein sollen, die beiden Ringe (z.B. tomas®-RPE eylets). Diese liegen der Schleimhaut auf. Soweit dies nicht schon erfolgt ist, platziert man die hyrax® und stellt die Verbindungen zu den Ösen her. Das weitere Vorgehen ist wie zuvor beschrieben.

* www.dentaurum.de

kontakt



Dr. Santiago Isaza-Penco

CLINICA ISAZA

Via del Rondone 1/2a

40122 Bologna, Italien

Tel.: +39 051 6490904

isaza.santiago@studiodentisticoisaza.it

www.studiodentisticoisaza.it

co-autoren



Effizientes Duo: 3x DGNE – Teil 2

Altbewährte Technik und moderne Technologie

Von Dr. Santiago Isaza Penco, Dr. Andrea Nakleh, ZT Stefano Negrini,
Dr. Federica Isaza Giordano und Dr. Thomas Lietz.

3. Digitale Endfertigung

Alle Planungen und Arbeiten am Computer enden spätestens dann, wenn man aus der Virtualität in die Realität übergehen muss. Der Zeitpunkt dafür ergibt sich daraus, ob man semidigital oder rein digital arbeitet (siehe Infokasten).

3.1. Von der Soft- zur Hardwarearbeit

Die Gerüste für die Apparatur kann man auf verschiedene Weise herstellen. Entweder man nutzt den semidigitalen oder den volldigitalen Weg.

Semidigitaler Weg

Bei einem semidigitalen Weg druckt man die Konstruktion zum Beispiel in einem rückstandslos verbrennbaren Kunststoff (Abb. 23). Dieser Weg ist fast so aufwendig wie der rein analoge über eine Wachsmodellation, denn man muss zunächst die Unterstützungsstrukturen vom Drucken entfernen. Dabei ist sehr vorsichtig vorzugehen, da dieser Rohling mehr oder weniger empfindlich ist. Anschließend

erfolgen das Einbetten, Gießen und Ausarbeiten.

Eine weitere semidigitale Herstellungsvariante wäre, wie zuvor schon andeutungsweise erwähnt, dass man die Halte- und Schubverteilungselemente komplett digital herstellt. Wenn diese dann gegenständlich vorliegen, muss die Hyrax® entsprechend eingepasst werden. Das bedeutet, die Arme so anzupassen (biegen), dass die Schraube sich in der richtigen Position zum Gaumen und zur Okklusionsebene befindet. Wenn dies gegeben ist, verschweißt man die Schraube mit den anderen Elementen.

Dieses Verfahren stammt aus der Zeit, als Hersteller noch nicht die STL-Daten ihrer GNE-Schrauben zur Verfügung stellten. Sofern diese STL-Daten sich nicht in der Programmbibliothek der verwendeten Software befinden, sollte man diese selbst beim Hersteller anfragen. Dentaforum stellt zum Beispiel die STL-Daten von vielen Produkten auf seiner Homepage zum Download zur Verfügung (Abb. 24).

Digitaler Weg

Beim komplett digitalen Weg erfolgt die Gestaltung des Gerüsts nur am Computer (siehe Teil 1, Abb. 18 und 22). Mit entsprechender Übung geht dies bedeutend schneller als der rein analoge oder auch semidigitale Weg. Die rein virtuelle Konstruktion der Apparatur wird in Form von STL-Daten zu einer Maschine (i.d.R. eines externen Dienstleisters) exportiert, die ein reales Gerüst herstellt.

Dafür gibt es zwei Möglichkeiten: Die Umsetzung der virtuellen Daten in ein reales Werkstück kann durch subtraktive oder additive Verfahren erfolgen. Bei der subtraktiven Herstellung wird die Schiene aus einem Materialblock herausgefräst. Bei der von uns angewandten additiven Methode wird die Schiene durch gezieltes bzw. selektives Verschmelzen von Metallpulver gefertigt (Abb. 25). Das Verfahren nennt sich selektives Laserschmelzen (Selective Laser Melting, SLM). Wir benutzen als Metallpulver remanium® star (Fa. Dentaforum*).

Gefräste Konstruktionen haben nach der Herstellung eine glatte Oberfläche. Im Bereich der Klebeflächen müssen jedoch Retentionen geschaffen werden, die das Ankleben an die Zähne ermöglichen. Jede mechanische Bearbeitung an den Klebeflächen kann die hervorragende Passung auf den Oralflächen der Zähne und die Haftung negativ beeinflussen. Die mechanische Bearbeitung dieser Retentionsflächen hat Einfluss auf die Breite des Klebspalts. Je größer dieser ist, umso schlechter ist der Halt. Im Fall der GNE-Apparatur wirkt sich dies vermutlich kaum aus, da die Schienen durch die Expansionschraube gegen die Zähne gedrückt werden. Beim SLM-Verfahren ist die gesamte Oberfläche der Schienen mehr

Zur Info

Analoge Arbeitsweise

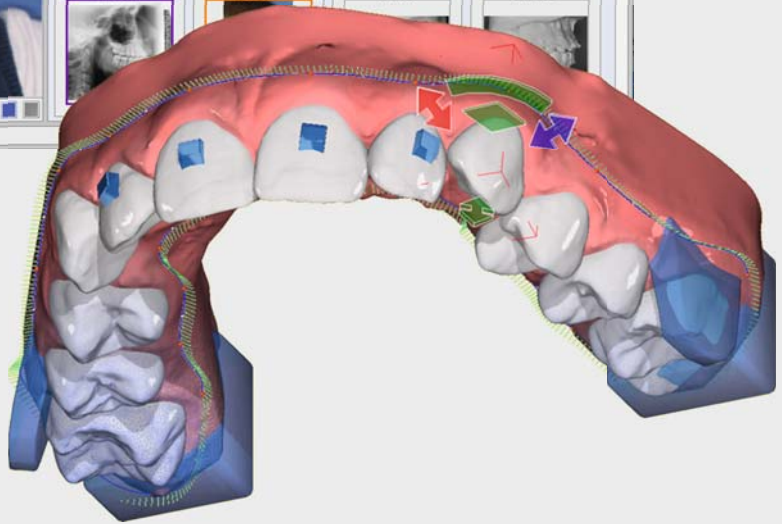
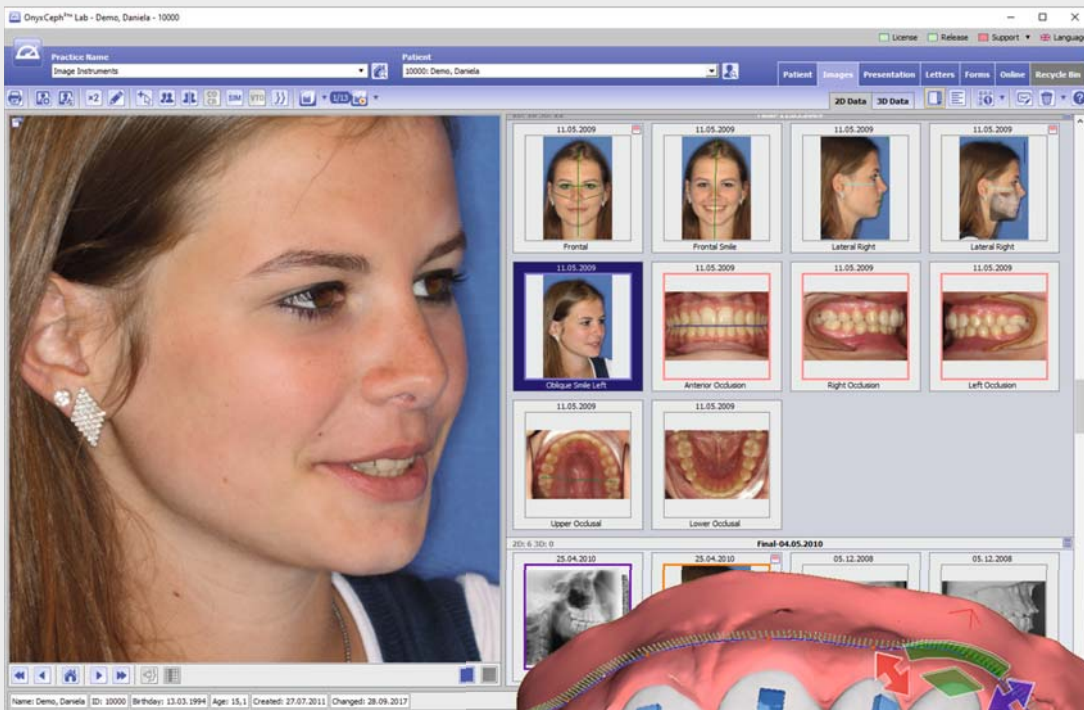
Bei der rein analogen Arbeitsweise werden für die Herstellung der GNE-Apparatur keinerlei digitale Hilfsmittel oder Herstellungsverfahren verwendet.

Semidigitale Arbeitsweise

Für die Herstellung der GNE-Apparatur werden für bestimmte Teilschritte digitale Hilfsmittel genutzt. Das kann z. B. die digitale Herstellung der Halte- und Schubelemente sein, an die dann die Hyrax® mit Armen gekoppelt wird. Oder das digital erstellte Gerüst der Apparatur wird in Kunststoff gedruckt, eingebettet und gegossen.

Digitale Arbeitsweise

Bei der rein digitalen Arbeitsweise werden für die Herstellung der GNE-Apparatur ausschließlich digitale Hilfsmittel oder Herstellungsverfahren verwendet.



**Diagnostik
Planung
Beratung
Dokumentation**

2D/3D



OnyxCeph^{3™}

www.onyxceph.com

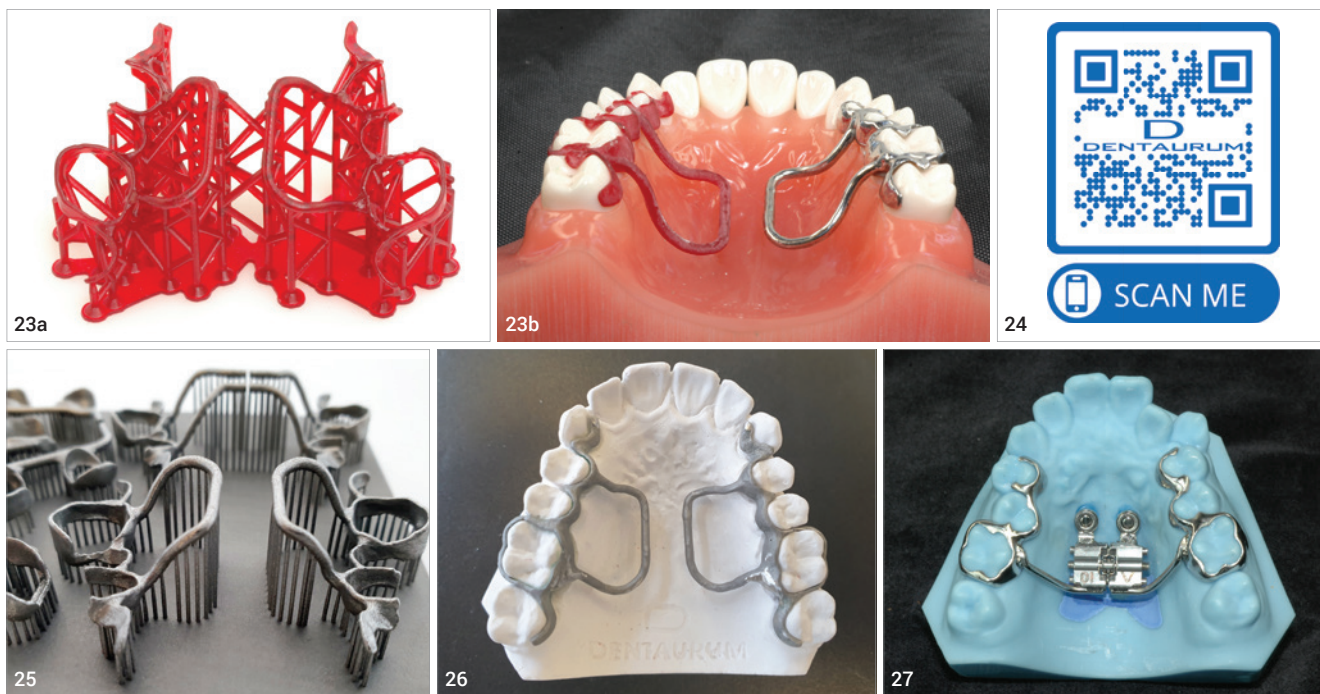


Abb. 23a und b: Das Gerüst für eine GNE-Apparatur kann zunächst in Kunststoff gedruckt (a) und anschließend im klassischen Gussverfahren in Metall überführt werden (b). **Abb. 24:** Hier kann man sich die STL-Daten von vielen Dentaureum-Produkten herunterladen. **Abb. 25:** SLM-Gerüste auf der Bauplattform. Im Vordergrund befindet sich das Gerüst für eine GNE-Apparatur mit einer hyrax® neo. Dahinter befindet sich das Gerüst für eine hyrax® click. Gut zu erkennen ist der notwendige Spalt zwischen der rechten und linken Hälfte der Apparatur. **Abb. 26:** Anprobe des Gerüsts nach dem Abtrennen der Unterstützungsstrukturen. **Abb. 27:** Hybrid-GNE: Kontrolle der Passung auf dem Modell.

oder weniger rau. Damit verfügen die Klebeflächen schon über die notwendigen Retentionen.

Nach dem Entfernen der Unterstützungsstrukturen erfolgt eine erste Anprobe auf dem Arbeitsmodell (Abb. 26). Bei manchen digital hergestellten Apparaturen kann man auf ein Arbeitsmodell verzichten. Wenn jedoch individuell hergestellte mit konfektionierten Teilen kombiniert werden sollen, wie das bei der Herstellung einer GNE-Apparatur notwendig ist, halten wir ein Arbeitsmodell für unerlässlich. Nur so kann der Zahntechniker seine Arbeit kontrollieren. Das Arbeitsmodell ist ein 3D-Druck des virtuellen Modells.

Wenn die einzelnen individuell hergestellten Elemente ausgearbeitet sind, fügt man sie mit den konfektionierten Teilen (hyrax®*) durch Laserschweißen zusammen. Das Lötensolcher Verbindungen kann, einmal abgesehen von den technischen Schwierigkeiten, aufgrund der erhöhten Korrosion des Lotmaterials nicht mehr empfohlen werden.¹⁵ Wird die GNE-Apparatur aus Titan hergestellt, ist ein Lötens ohnehin nicht möglich. Nach entsprechender Politur ist die GNE-Apparatur fertig zur Eingliederung (siehe Teil 1, Abb. 18, Zeile 5).

Die Hyrax-Schrauben gibt es aus Edelstahl und Titan. Das Gerüst der GNE-Apparatur muss aus dem gleichen Material hergestellt werden. Andernfalls lassen sich die Elemente nicht miteinander verschweißen. Das ist jedoch kein Problem, da sowohl die subtraktiven als auch die additiven Fertigungsverfahren mit Edelstahl oder Titan durchführbar sind.

Die digitale Herstellung einer GNE-Apparatur kann bis auf das Formen des Metallgerüsts im eigenen Labor erfolgen. Es gibt auch Firmen, die den kompletten Prozess (von der Planung bis zur Fertigstellung) als externe Dienstleistung anbieten.

Die digitale Herstellung einer GNE-Apparatur kann bis auf das Formen des Metallgerüsts im eigenen Labor erfolgen. Es gibt auch Firmen, die den kompletten Prozess (von der Planung bis zur Fertigstellung) als externe Dienstleistung anbieten.

3.2. Eingliederung und Aktivierung

Die Arbeitsschritte bei der Eingliederung richten sich nach der verwendeten Herstellungsmethode:

- Pin-First® approach im Single Appointment Workflow
- Pin-First® approach im Two Appointments Workflow
- Pin-Last® approach im Single Appointment Workflow

Pin-First® approach im Single Appointment Workflow

Bevor die Miniimplantate gesetzt werden, kontrolliert man die Passfähigkeit der GNE-Apparatur auf dem Modell (Abb. 27) und dann im Mund (Abb. 28). Wenn das alles in Ordnung ist, können die Miniimplantate inseriert werden. Damit deren zuvor am Computer geplante Position sicher im Mund erreicht werden kann, ist eine Insertionsschablone nicht nur erforderlich, sondern ein absolutes Muss!

Da es bei diesem Arbeitsschritt auf sehr hohe Präzision ankommt, muss man die Passfähigkeit der Schablone sehr genau kontrollieren. Wenn die Schablone in Ordnung ist, sollte man mit einem auf die Schablone abgestimmten Vorbohrer arbeiten. Sowohl der Vorbohrer als auch das Insertionsinstrument müssen zwar exakt in die Führungshülsen passen, haben aber immer ein wenig Spiel. Sie sollen auch eine Orientierung für die richtige Insertionstiefe geben (Abb. 29).

Obwohl man für die gängigen Miniimplantate keine Vorbohrung benötigt, da diese selbstbohrend sind, ist das Perforieren der Kortikalis mit dem Vorbohrer wichtig.

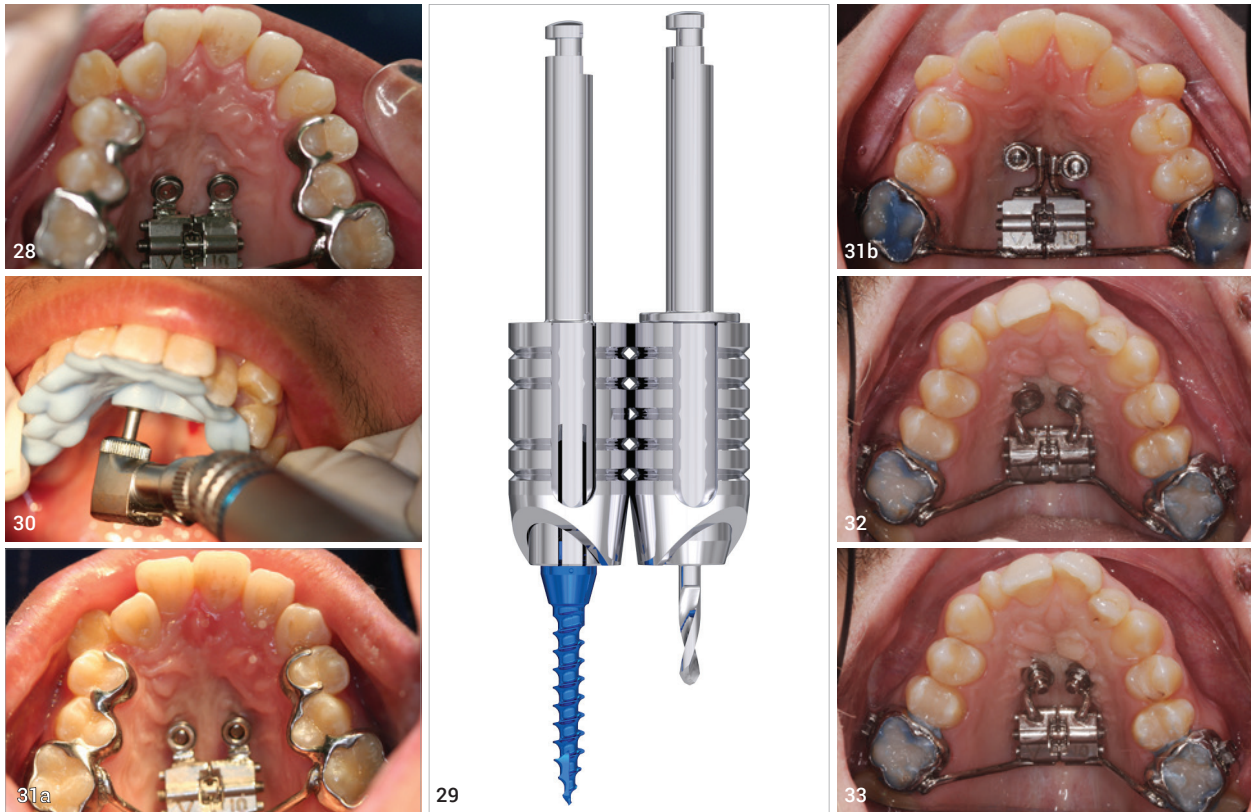


Abb. 28: Hybrid-GNE: Kontrolle der Passung im Mund ohne Miniimplantate. **Abb. 29:** Hilfsmittel für die schablonengeführte Insertion von tomas®-pin. **Abb. 30:** Bei der Insertion mit der Schablone ist auf die richtige Insertionstiefe zu achten. **Abb. 31a und b:** Die eingegliederte GNE-Apparatur von Abb. 28 (a) und von Abb. 22 (Teil 1) (b). **Abb. 32:** Kontrolle der Passfähigkeit der Apparatur, bevor die Miniimplantate inseriert werden (Pin-Last® approach). Die tomas®-RPE eyelets müssen drucklos auf der Schleimhaut liegen. **Abb. 33:** Nach der Insertion der Miniimplantate (tomas®-pin EP).

Nur so lässt sich sicherstellen, dass die Miniimplantate genau oder annähernd in die geplante Position gebracht werden können. Durch die Schablone ist die Ausrichtung der Miniimplantate in der Horizontalebene vorgegeben. Bei der Insertion muss man auf die richtige Vertikalposition achten (Abb. 30).

Nach der erfolgreichen Insertion ist die Passfähigkeit der Apparatur zu prüfen. Verwendet man Abutments mit integriertem Ausgleich für unterschiedliche Insertionsrichtungen (z. B. tomas®-Abutments) wird die Apparatur sofort passen (Abb. 31). Bei Abutments, die nicht über dieses konstruktive Merkmal verfügen, kann es sein, dass die Apparatur nicht sofort passt und befestigen lässt. In diesen Fällen muss man ermitteln, ob die Vertikal- oder die Horizontalposition der Miniimplantate nicht stimmt. Die Vertikalposition lässt sich ggf. am Miniimplantat korrigieren. Bei Fehlern in der Horizontalposition sind soweit wie möglich Korrekturen an den Abutments bzw. Verbindern vorzunehmen.

Pin-First® approach im Two Appointments Workflow

Bei dieser Methode sollte die Apparatur sofort passen, da die Position der Miniimplantate im Arbeitsmodell von der Mundsituation abgegriffen wurde. Hier kann jedoch eine Hauptursache für Fehler liegen. Wie im analogen Weg (mit Übertragungskappen) muss auch im digitalen Weg (mit Scanbodies) auf hohe Präzision bei allen Arbeitsschritten von der Platzierung der Transfermittel, der Abformung und Modellherstellung geachtet werden. Wenn die Apparatur nicht sofort passt, kann man wie im Abschnitt zuvor beschrieben vorgehen.

Pin-Last® approach im Single Appointment Workflow

Das ist die unkomplizierteste Variante der Eingliederung. Zunächst prüft man die Passfähigkeit der Apparatur (Abb. 32), was im gezeigten Fall recht einfach ist. Die Ringe für die Miniimplantate (hier tomas®-RPE eyelets) sollen drucklos der

Schleimhaut aufliegen. Wenn alles in Ordnung ist, kann die Apparatur einzementiert werden.

Als abschließenden Schritt inseriert man die Miniimplantate (Abb. 33). Die Richtung wird durch die Ösen vorgegeben. In gewisser Weise dienen sie als Insertionshilfe. Wichtig ist, dass man weiß, wie tief die Miniimplantate inseriert werden müssen. Man muss über diesen Punkt informiert sein, damit ein sicherer Halt der Apparatur gegeben ist, aber andererseits das Gewinde nicht im Knochen zu Zerstörungen führt. Beim tomas®-pin ist dieser Punkt erreicht, wenn das Insertionsinstrument auf dem tomas®-RPE eyelet aufsitzt (Abb. 34). Sind die Verbindungsarme zur hyrax® nur kurz, werden diese beim Einschrauben des Miniimplantats kaum nachgeben. Irgendwann ist der Punkt erreicht, an dem das Miniimplantat in der Öse aufsitzt und nicht mehr tiefer eindringen kann. Würde man jetzt weiterdrehen, finge das Gewinde an, den Knochen zu zerstören.

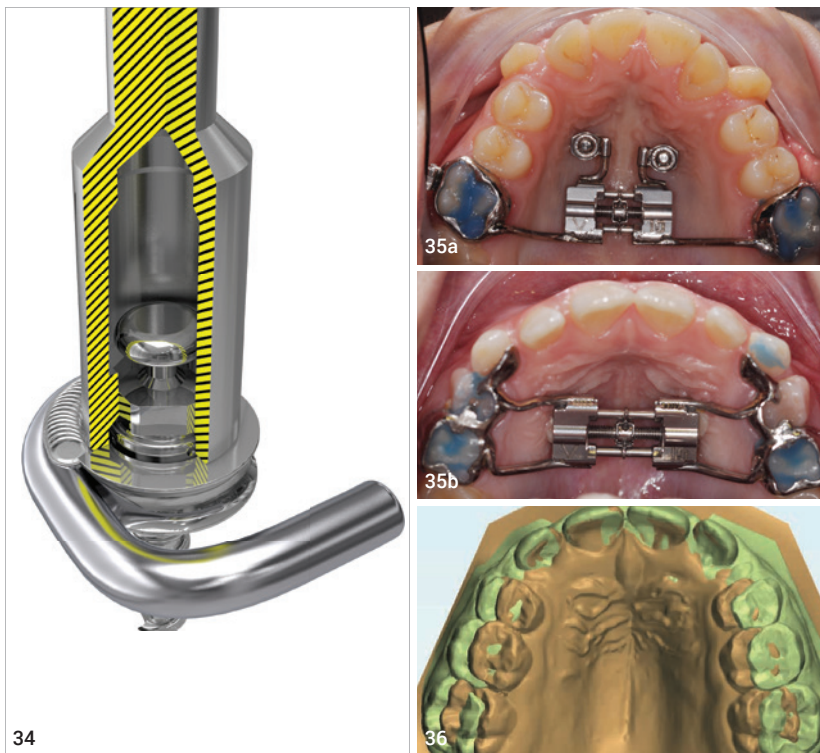


Abb. 34: Wenn das Insertionsinstrument das tomas®-RPE eyelet berührt, hat der tomas®-pin EP die richtige Insertionstiefe erreicht. Es darf nicht mehr weitergedreht werden! **Abb. 35a und b:** Aktivierte Hybrid-GNE, vergleiche mit Abb. 31b. **Abb. 36:** Durch die Überlagerung von Intraoralscans kann man den Behandlungsfortschritt nicht nur visualisieren, sondern auch metrisch erfassen.

Aktivierung

Bei der rein dentoalveolär verankerten und der Hybrid-Apparatur aktivieren wir die hyrax®-Schraube am ersten Tag um eine ganze Umdrehung (Abb. 35). Dem folgt täglich eine Viertelumdrehung, bis die gewünschte Öffnung der Expansions-schraube erreicht wird. Mit jeder Viertelumdrehung öffnet sich eine Variety oder hyrax® um 0,2 mm.

4. Digitale Nacharbeit

Die Digitaltechnik kann auch genutzt werden, um den Therapieverlauf und das Behandlungsergebnis zu doku-

mentieren und auszuwerten. Zum Beispiel kann man nach einer Verweildauer der Apparatur von sechs Monaten erneut intraorale Scans durchführen. Die Abstände zwischen den Molaren und den Eckzähnen können mithilfe der geeigneten Software gemessen und digital ausgewertet werden. Das könnte man natürlich auch an einem Gipsmodell machen. Man könnte auch die beiden Modelle auf den Tisch legen und rein optisch die Unterschiede ermitteln. Das geht mit digitalen Modellen noch viel einfacher, da sich die Modelle elektronisch überlagern und auswerten lassen (Abb. 36).

Zusammenfassung

Die digitale Prozesskette von der Diagnostik, über die Herstellung der GNE-Apparatur bis zur Auswertung der Therapieergebnisse bietet zahlreiche Vorteile. Das intraorale Scannen erzeugt Bilder der Zahnbögen und Zahnfleischmorphologie mit hoher Präzision. Dadurch werden die Ungenauigkeiten, die durch den Einsatz von Abformmaterialien und Gipsmodellen entstehen, vermieden. Die digitale Speicherung der Modelle schafft Platz in Praxis und Labor. Die virtuelle Konstruktion der Apparatur gibt dem Kieferorthopäden die Möglichkeit, den Prozess zu begleiten – egal, wie weit das Labor des Zahntechnikers entfernt ist. Die GNE-Apparatur kann sehr grazil bei verbesserter Passfähigkeit ausgeführt werden. Das reduziert die unerwünschten Nebenwirkungen.

* www.dentaurum.de

kontakt



Dr. Santiago Isaza-Penco

CLINICA ISAZA

Via del Rondone 1/2a

40122 Bologna, Italien

Tel.: +39 051 6490904

isaza.santiago@studiodentisticoisaza.it

www.studiodentisticoisaza.it

co-autoren



www.oemus-shop.de

Holbeinstraße 29 · 04229 Leipzig · Deutschland · Tel.: +49 341 48474-201 · s.schmehl@oemus-media.de