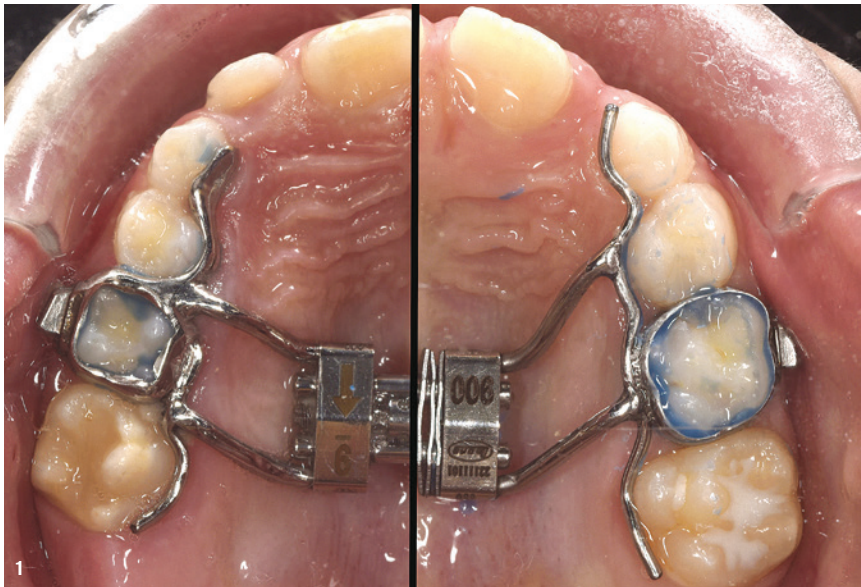




## Expander – analog vs. CAD/CAM

Dr. Alvise Carbulotto stellt die Vor- und Nachteile einer traditionell vs. digital gefertigten Expansionsapparatur aus Sicht des Behandlers, Dentallabors sowie des Patienten gegenüber.

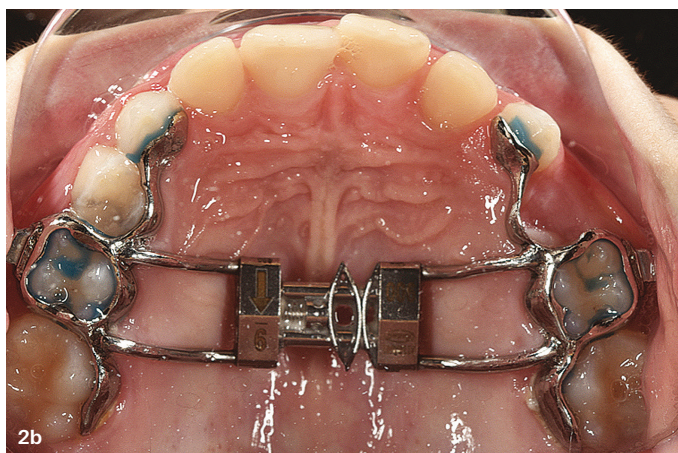
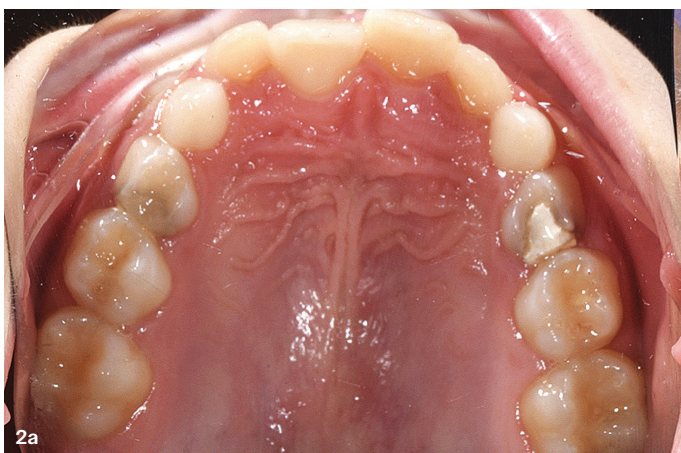


**Abb. 1:** Vergleich von traditionellem (rechts) und digitalem (links) Expander.

Im Laufe der letzten Jahre konnten wir in unserem Beruf eine zunehmende Digitalisierung wahrnehmen. Die Abdrucktechnik mit Einsatz intraoraler Scanner hat diese digitale Revolution nicht nur erleichtert und beschleunigt, sondern uns ermöglicht, kieferorthopädische Behandlungsapparaturen vollständig digital zu designen und umzusetzen – ohne Gips- oder Acrylmodelle. Diese Veränderungen haben im Zusammenspiel mit der Entwicklung neuer Materialien und der Einführung neuer Verarbeitungsprozesse zum einen dazu geführt, spezifische patientenindividuelle Therapiegeräte zu realisieren (Abb. 1 sowie 2a und b). Zum anderen helfen sie Klinikern und Laboren dabei, Arbeitsabläufe und Herstellungsprozesse zu vereinfachen und zu beschleunigen. Vor Einführung der digitalen Tools in die kieferorthopädische Welt erforderte die Herstellung komplett analoger Apparaturen den Einsatz traditioneller Bänder, die Erstellung eines Abdrucks inklusive Fertigung des Gipsmodells, das manuelle Biegen der Drähte sowie das Löten der verschiedenen Komponenten durch einen erfahrenen Zahntechniker. Die Qualität und Präzision des auf diese analoge Weise hergestellten Therapiegeräts hing dabei vollständig von den Fähigkeiten des Labortechnikers ab.

**Abb. 2a und b:** Transversale Erweiterung eines Oberkiefers mithilfe einer individualisierten Behandlungsapparatur mit Leaf Expander®. **Abb. 3:** Termin zur Platzierung von elastischen Separatoren im Rahmen des analogen Workflows.

„Im Laufe der letzten Jahre konnten wir in unserem Beruf eine zunehmende Digitalisierung wahrnehmen.“



Aus klinischer Sicht erforderte die Versorgung des Patienten mit einer solchen Apparatur mit traditionellen Bändern diverse Termine – und zwar zum Anpassen der Bänder, dem analogen Abdruck sowie zum Einsetzen der elastischen Separatoren (Abb. 3).

Heute ist es möglich, mithilfe eines vollständig digitalen Arbeitsablaufs auf Grundlage der Daten eines Intraoralscans eine hochpräzise Apparatur zu fertigen, ohne hierfür ein physisches Modell der Zahnsituation drucken zu müssen.

Der intraorale Scan, den wir in der Regel beim ersten Termin durchführen, erzeugt eine STL-Datei des Zahnbogens, welche wir direkt an das Labor schicken – ohne dass ein weiterer Abdruck genommen werden muss und ohne die Post bzw. einen Kurier zu bemühen. Das spart Zeit und verkürzt andere notwendige Schritte. Das Gerüst der gewünschten Apparatur wird mithilfe der 3DLeone Designer Software\* digital entworfen. Einem bestimmten Arbeitsablauf folgend, mit einfach realisierbaren Schritten sowie diversen Optionen zur Erkennung etwaiger Fehler, ist der Techniker in der Lage, binnen wenigen Minuten und mittels weniger Mausklicks eine Apparatur zu entwerfen, die perfekt an die Anatomie der Zähne des Patienten angepasst ist und durch ihre hohe Präzision zudem dessen orale Weichgewebe schon (Abb. 4a bis f).

Die 3D-Dateien der aktiven Elemente (Expander, Röhrrchen, TADs) werden hierbei aus der digitalen Bibliothek der fortlaufend durch die Firma Leone aktualisierten Software hochgeladen, um sie später im Herstellungsprozess dem fertigen Gerüst durch Laserschweißen hinzuzufügen (Abb. 5).

Die Standardeinstellungen in der 3DLeone Designer Software sind äußerst hilfreich, da sie die am besten geeignete Stelle für die Platzierung des Expanders anzeigen. Die Form, die Ausdehnung der Arme sowie die individuellen Bänder werden dabei automatisch vorgeschlagen sowie etwaige Weichgewebkontakte deutlich hervorgehoben.

Der finale Entwurf des Gerüsts wird exportiert und mittels Laserschmelzverfahren unter Verwendung einer CrCo-Legierung metallgedruckt. Die hierbei zum Einsatz kommende

Legierung hat sich in klinischen Studien als sehr geeignet für die kieferorthopädische Anwendung erwiesen.

„Heute ist es möglich, mithilfe eines vollständig digitalen Arbeitsablaufs auf Grundlage der Daten eines Intraoralscans eine hochpräzise Apparatur zu fertigen, ohne hierfür ein physisches Modell der Zahnsituation drucken zu müssen.“

Während der generelle Offset (Abstand) für das gesamte Band von der Software automatisch mit etwa 0,05 mm für die spätere Zementierung berechnet wird, ist die übliche Banddicke auf 0,7 mm eingestellt.



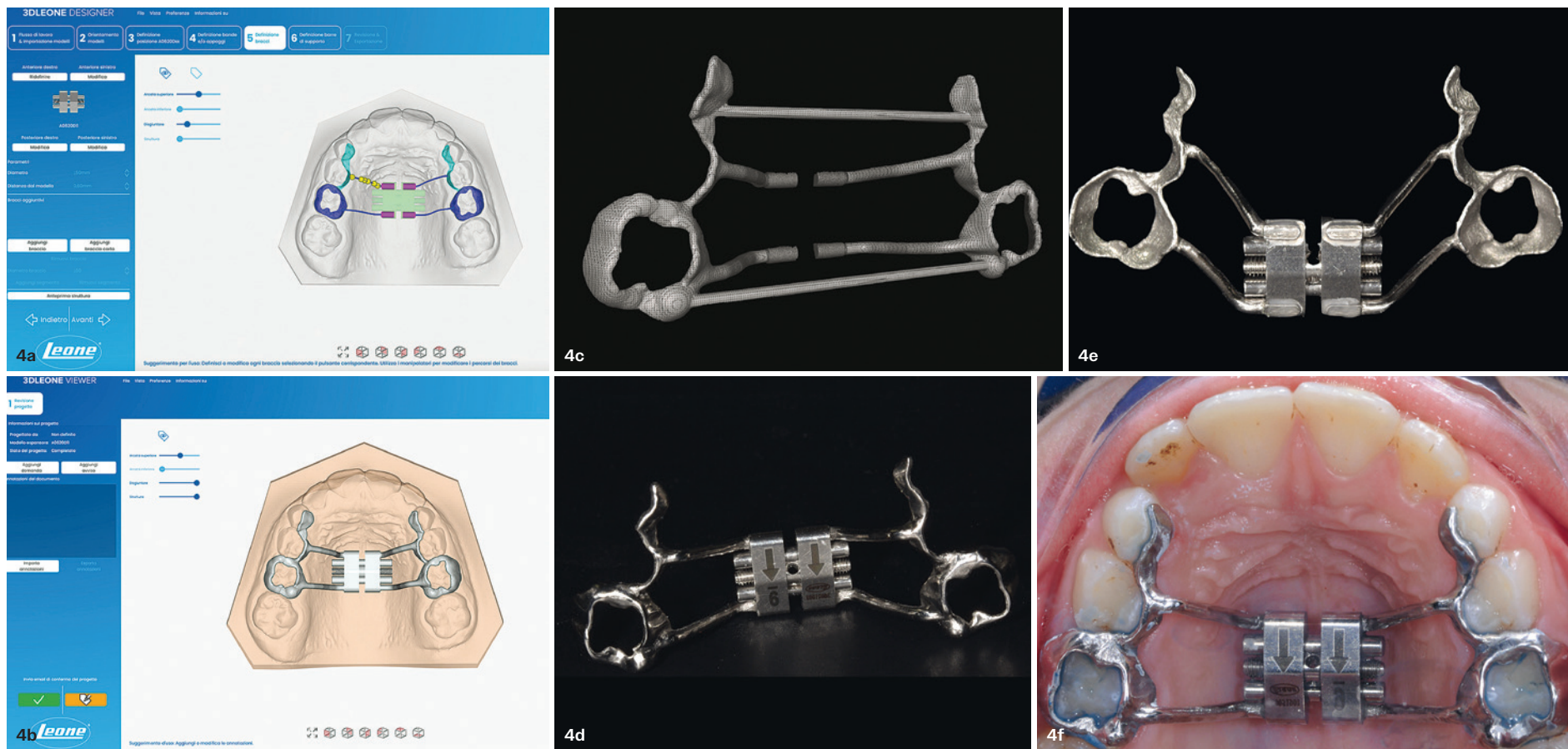
Sobald das Gerüst 3D-gedruckt ist, wird es poliert und in die dafür vorgesehenen Slots des Schraubenkörpers eingesetzt, um anschließend mit diesem laserverschweißt zu werden. Der gewählte CAD/CAM-Expander\* ist dabei jeweils so konzipiert, dass eine optimale und präzise Passung realisiert wird und eine schnelle sowie einfache Montage erfolgen kann.

Ich persönlich verwende seit Oktober 2018 ausschließlich individualisierte Expansionsapparaturen, da der digitale Workflow zahlreiche Vorteile für mich als Behandler, das Labor (welches die Apparatur fertigt) sowie den Patienten (der das Therapiegerät letztlich im Mund trägt) mit sich bringt. Auf keinen Fall würde ich wieder auf analog gefertigte Expander zurückwechseln.

Nachfolgend finden Sie einen Überblick hinsichtlich der Vor- und Nachteile, wie diese aus meiner Sicht mit einem vollständig digitalen Workflow verbunden sind (Abb. 11 und 12).

### Vorteile des digitalen Workflows für den Behandler

Der 3D-Druck mittels Laserschmelzen (oder durch ein Metallfräszentrum realisiert) bietet viele Vorteile in Bezug auf den Patientenkomfort, die klinische Effizienz, die Präzision, die Designflexibilität sowie die Laborqualität.



Für den Behandler ergeben sich aus der Einführung eines vollständig digitalisierten Prozesses folgende Vorteile: Durch die Verwendung eines Intraoralscanners und den Einsatz einer individualisierten Apparatur entfällt das Handling sämtlicher Abdruckmaterialien sowie des Lagerbestands von Abdrucklöffeln. Außerdem entfällt die Notwendigkeit, einen bestimmten Bestand an Molarenbändern für einen Anpassungstermin vorzuhalten, nur um dann diejenigen auszuwählen, die optimal zur Zahnanatomie passen. Die maßgefertigten Bänder werden nicht im Interproximalraum platziert, sodass keine elastischen Separatoren erforderlich sind. Außerdem ist für die Anpassung und Platzierung der Bänder kein Extra-Termin erforderlich, was eine Menge Zeit am Behandlungsstuhl spart.

möglich, die Apparatur zu visualisieren – entweder allein oder mittels 3D-Grafik auf dem digitalen Modell. Das digitale Projekt kann ausgetauscht und entsprechend dargestellt werden, sodass es in allen Ansichten analysiert werden kann. Darüber hinaus ermöglicht die Viewer-Software die Erstellung einfacher Prüfnotizen, die direkt an das Labor gesendet werden können. Dank all dieser Funktionen ist das Design der Apparatur weder von den handwerklichen Fähigkeiten und dem Wissen eines Technikers noch von einer Standardstärke bzw. -ausführung eines Materials abhängig (vgl. Abb. 7a, 8a–d). Dieser Workflow bietet dem Kieferorthopäden somit eine größere Flexibilität und eine direkte aktive Beteiligung an der Gestaltung der Gerätestruktur, was mit einem

ablauf die Umsetzung eines Ein-Termin-Protokolls. In Anbetracht der Tatsache, dass individuell angepasste Expansionsapparaturen nicht in den Interproximalräumen platziert werden, ist auch deren Positionierung nicht schmerzhaft. Sowohl junge als auch ältere Patienten haben hier positive Erfahrungen gemacht, die sich in einer entsprechend guten Compliance widerspiegeln und zudem einen guten Marketingaspekt für die Praxis darstellen.

### Vorteile des digitalen Workflows für den Patienten

Entscheiden wir uns für eine individualisierte Apparatur, ergeben sich dadurch natürlich auch Vorteile für den Patienten. Dies sind in erster Linie die große Zeitersparnis hinsichtlich der Gesamtdauer der Behandlung sowie die geringere Anzahl an Terminen. Vergleicht man die beiden Workflows (analog vs. digital) vom ers-

Abb. 4a–f: Digitaler Entwurf (a), Freigabe mittels Viewer (b), Herstellung des Geräts (c–e) sowie Auslieferung und Einsetzen der Apparatur (f) – vom digitalen Entwurf zur Realität.

**„Sobald das Gerüst 3D-gedruckt ist, wird es poliert und in die dafür vorgesehenen Slots des Schraubenkörpers eingesetzt, um anschließend mit diesem Laserverschweißt zu werden.“**

Das digitale Design ermöglicht zudem eine bessere Kommunikation zwischen Behandler und Zahntechniker, indem es die Möglichkeit bietet, selbst für die komplexesten Apparaturen das digitale Projekt vorab zu prüfen und ggf. Änderungen zu initiieren, bevor die reale Apparatur hergestellt wird. Bei multidisziplinären Fällen kann das Projekt sogar mit Kollegen anderer Fachdisziplinen geteilt und abgestimmt werden. Dank des kostenlosen Viewers der 3DLeone Software (Abb. 6) ist es

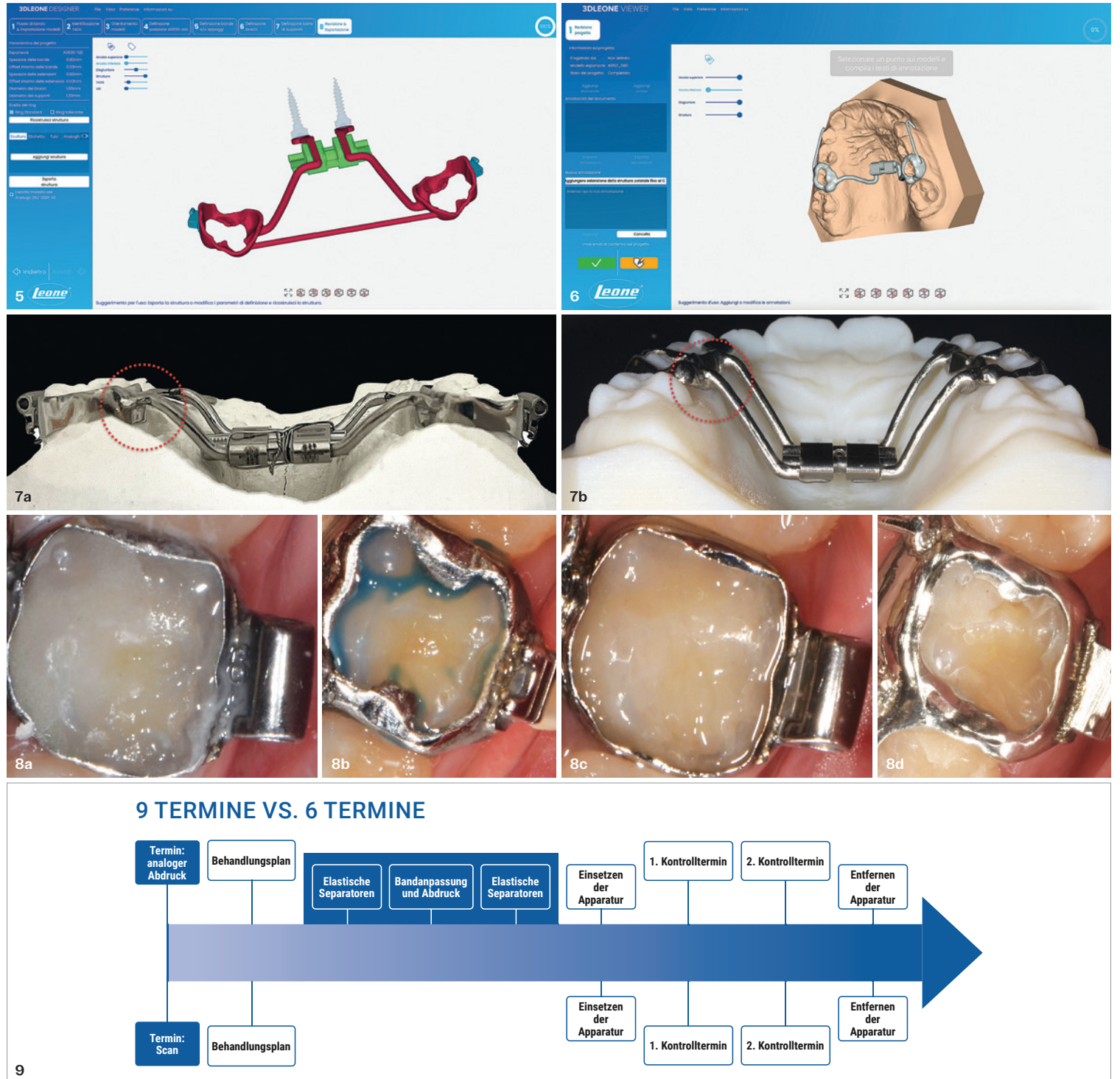
standardmäßigen analogen Arbeitsablauf nicht so einfach möglich ist. Da die Bänder entsprechend der Anatomie der Zähne designt werden, ist die Apparatur sehr präzise. Dabei ist die gesamte Oberfläche des Bandes in Kontakt mit dem Zahn, wodurch Zementüberschüsse vermieden werden, die ein Ablösen des Bandes verursachen können. In den Fällen mit Einsatz von MARPE-Geräten (Mini-Implant Assisted Rapid Palatal Expansion) ermöglicht der digitale Arbeits-

## Von Ihrem Wissen kann man sich eine Scheibe abschneiden?

### Werden Sie **Dentalautor!**

JETZT Kontakt aufnehmen unter [dentalautoren.de](http://dentalautoren.de)

**Abb. 5:** Hinzufügen von Komponenten im digitalen Entwurf. **Abb. 6:** Der kostenlose Viewer ermöglicht eine einfache Kommunikation zwischen Kieferorthopäde und Labor. Der Behandler kann die Apparatur in 3D betrachten, prüfen und dem Labor Notizen übermitteln bzw. laborseitige Änderungen initiieren. **Abb. 7a und b:** Die Bilder zeigen, dass der analoge Expander (a) durch das am Markt erhältliche Material begrenzt ist. Im digitalen Workflow ist es hingegen möglich, maßgeschneiderte Gerüste für eine optimale Passung herzustellen (b). **Abb. 8a-d:** Vergleich zwischen traditionellen Bändern (a, c) und digital umgesetzten Bändern (b, d). **Abb. 9:** Vergleich der Anzahl der Termine im traditionellen vs. digitalen Workflow.



ten Besuch in der Praxis bis hin zum Ende der Behandlung, so wird deutlich, dass der Patient bei einem vollständig digitalen Workflow einer GNE-Apparatur mindestens drei Termine vermeiden bzw. einsparen kann (Abb. 9), und zwar:

- das Einsetzen der elastischen Separatoren

- die Anpassung der Bänder und Abdrucknahme
- sowie das Einsetzen elastischer Separatoren vor Eingliederung der Apparatur.

Jeder dieser Termine ist sowohl für den Behandler als auch für den Patienten zeitaufwendig und kostspielig, insbesondere für diejenigen, der nicht in der Nähe der KFO-Praxis wohnt. Insofern stellt die Möglichkeit, eine lediglich auf dem während des Dokumentations- und Datenerfassungstermins durchgeführten Intraoralscan basierende Apparatur herzustellen, sowohl für den Patienten als auch für die Praxis eine Kosten- und Zeitersparnis dar.

Berdem passt sich das individualisierte Band perfekt an die Anatomie der Zahnkrone an, wodurch das Zahnfleisch nicht beeinträchtigt wird, somit Schmerzen vermieden werden und zudem eine häusliche Mundpflege ohne Einschränkungen erfolgen kann (Abb. 10a und b).

**Vorteile des digitalen Workflows für das Dentallabor**

Die Vorteile für das Labor sind zum einen die Möglichkeit eines gesteuerten, schrittweise geführten Workflows zur Konstruktion der Apparatur, der die manuellen Fähigkeiten eines Zahntechnikers zum Biegen der benötigten Drähte überflüssig macht und zudem den

„Der 3D-Druck mittels Laserschmelzen (oder durch ein Metallfräszentrum realisiert) bietet viele Vorteile in Bezug auf den Patientenkomfort, die klinische Effizienz, die Präzision, die Designflexibilität sowie die Laborqualität.“

Ein weiterer klinischer Vorteil für den Patienten ist der Komfort. So sind weder elastische Separatoren (die mitunter doch sehr unangenehm sein können) noch Bänder (die im interproximalen Bereich platziert werden müssen) erforderlich, wodurch das Einbringen der Apparatur bequemer und schneller erfolgt. Au-

Qualitäts- und Präzisionsstandard der gesamten Palette an Expandern erhöht. Die Fertigung wird präziser und standardisierter und ist weniger von etwaigen Fehlern involvierter Personen abhängig. Die Entwürfe und Behandlungsgeräte können leichter umgesetzt werden. Die Projekte kön-

ANZEIGE

**Sie sollten mit uns rechnen!**

Eine Zusammenarbeit bietet Ihnen viele Vorteile! Beste Referenzen. Lassen Sie sich jetzt unverbindlich informieren

**zosolutions**  
DIE KFO-ABRECHNUNGSPROFIS

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



nen in einer digitalen Bibliothek auf dem Computer gespeichert werden, um als Vorlagen für zukünftige Apparaturen zu dienen, was wiederum Designprozesse vereinfacht. Verkürzte Produktionszeiten bei gleichbleibend hohem Qualitätsstandard. Ein Beispiel: Die Software platziert den Expander automatisch und optimal auf dem Oberkiefer-Zahnbogen. Anschließend fordert sie einige Anpassungen, um jeglichen Kontakt mit dem Weichgewebe zu vermeiden. Vielseitigkeit: Es ist möglich, nicht nur das Basiselement eines Geräts, sondern auch andere nützliche Elemente wie Haken, Knöpfchen, Röhrchen und zusätzliche Arme für Gesichtsmasken hinzuzufügen und das Design sowohl hinsichtlich der Form als auch der Materialstärke anzupassen. Das Design ist also nicht auf das beschränkt, was der Zahntechniker manuell formen kann, sondern wird nur durch die eigene Vorstellungskraft begrenzt. Einsparung von Material, da sich z. B. der Acrylmodelldruck als überflüssig erweisen kann.

**Nachteile und Grenzen**

Wie bei jeder neuen Technologie gibt es auch hier eine Kehrseite der Medaille mit einigen Nachteilen und Einschränkungen. Diese hängen zum Beispiel mit den wenigen geeigneten Metalllegierungen zusammen, die für den Metalldruck zur Verfügung stehen. Chrom-Kobalt-Legierungen sind die am häufigsten verwendeten Materialien; sie sind jedoch sehr starr und verzeihen daher keine Scan-, Design- oder Druckfehler. Ein zu nennendes Risiko ist an dieser Stelle zum Beispiel ein Gerüstbruch. Die Steifigkeit des Materials lässt zudem keine klinischen Modifikationen am Behandlungsstuhl zu: Anpassungsbiegungen (z. B. bei einem Zahnwechsel) oder Aktivierungen mittels Zange sind nicht möglich, ohne dabei einen Bruch zu riskieren. Daher ist dieses Ma-

terial nicht für Apparaturen geeignet, die Flexibilität erfordern. Außerdem erfordert das Laserschmelzverfahren während der Herstellungsphasen Stützstrukturen, was wiederum einen zusätzlichen Arbeitsschritt (Entfernen und Polieren) nach der Konstruktion des Gerüsts erforderlich macht. Aus klinischer Sicht kann es schwierig sein, Apparaturen mit individualisierten Bändern mithilfe von Debonding-Protokollen zu entfernen, wie sie üblicherweise bei einer Apparatur mit Standardbändern zur Anwendung kommen. Individuell angepasste Molarenbänder sind zu glatt und bieten dadurch einerseits zwar mehr Komfort für den Patienten, andererseits erschweren sie jedoch auch deren Ablösung. Dieses Problem kann jedoch leicht überwunden werden, indem während der Entwurfsphase kleine Kerben zur Ablösung palatinal wie vestibulär hinzugefügt werden, um der Bandentfernungszange einen zusätzlichen Kontaktpunkt zu bieten. Aufgrund der hohen Präzision dieser Bänder und des maßgeschneiderten Kontakts mit der Zahnanatomie können die Apparaturen außerdem eine sehr starke Haftung mit den Zähnen eingehen, sodass die Gefahr von Schmelzfrakturen während des Ablösens besteht, wenn dieses (wie auch das Zementierungsprotokoll) nicht korrekt befolgt wird. Wenn der Widerstand beim Ablösen mit der Bandentfernungszange zu groß sein sollte, empfehlen wir dringend, stattdessen einen Kronentrenner zu verwenden, um die vestibuläre Seite des Bandes zu durchtrennen und dann die Ablösung zu erleichtern. Diese neue Technologie ist im Vergleich zur herkömmlichen analogen Methode mit etwas höheren Kosten verbunden. Für den Techniker, den Kieferorthopäden und die Mitarbeiter der Praxis ist des Weiteren eine zusätzliche Ausbildung erforderlich. Heutzutage stellt die einzige Indikation zur Verwendung von Stan-

VOLLSTÄNDIG DIGITALE METHODE		
<p><b>PROS KLINIKER</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Möglichkeit, das Projekt vorher zu validieren</li> <li>• Möglichkeit, das Projekt zu teilen</li> <li>• keine Bänder-Lagerhaltung</li> <li>• weniger Termine</li> <li>• kürzere Stuhlzeiten</li> <li>• höhere Sicherheit</li> <li>• präzisere Anwendung</li> <li>• kein Schmerzmanagement</li> </ul>	<p><b>PROS LABOR</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kürzere Fertigungszeiten</li> <li>• höhere Präzision</li> <li>• Voreinstellung für optimierte Software-Anpassung</li> <li>• Standardisierung der Apparaturen</li> <li>• mehr Vielseitigkeit</li> </ul>	<p><b>PROS PATIENT</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• weniger Termine</li> <li>• Zeitersparnis</li> <li>• höherer Komfort bei Terminen</li> <li>• besseres Behandlungsergebnis</li> </ul>
<p><b>CONTRAS KLINIKER</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• höhere Laborkosten</li> <li>• keine Geräteanpassung am Stuhl oder Aktivierungen mittels Zangen</li> <li>• Debonding etwas komplizierter</li> </ul>	<p><b>CONTRAS LABOR</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lernkurve</li> <li>• Anschaffung Software</li> <li>• höhere Kosten</li> </ul>	<p><b>CONTRAS PATIENT</b></p>

11

	ANALOGER WORKFLOW	DIGITALER WORKFLOW
Individualisierung der Apparatur	++	++++
Zeit vom Abdruck bis zum Einsetzen	+++	++
Lernkurve	++++	++
Flexibilität der Komponenten	+++	+
Biokompatibilität der Materialien	++++	++++
Kommunikation zwischen Techniker und Behandler	+	++++
Möglichkeit der Verwendung von Titan	-	++++
Integration von DVT-Daten	-	++++
Möglichkeit zur Änderung der Materialstärke	-	++++
Unterstützung durch KI	-	++++
Bandpräzision	++	++++
Notwendigkeit des Drahtbiegens	++++	-
Software-Bedarf	-	++++
Modelldruck-Bedarf	++++	-
Herstellungskosten	+	+++
Möglichkeit, präzisierende Maßnahmen zu ergreifen	++	++++
Materialüberschüsse	+++	+
Kontinuierliche Aktualisierung	-	+++
Laser-Melting-Druckservice-Bedarf	-	++++

12

dardbändern eine zu niedrige Höhe der Ankerzähne dar. Der geringere Zeitbedarf und die verkürzten Stuhlzeiten bieten jedoch eine größere Flexibilität für den Patienten sowie einen besseren Komfort beim Termin. Abgesehen davon, dass die Geräte technisch perfekt sind, ist der digitale Workflow dank der speziellen Software effizient und vorhersehbar in den Ergebnissen und rechtfertigt daher in vollem Umfang die höheren Kosten.

**Zusammenfassung**

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass vollständig individualisierte GNE-Apparaturen im Rahmen des kieferorthopädischen Digitalisierungsprozesses viele neue Möglichkeiten bieten. Wir hoffen, dass hierbei der Fertigungsprozess in Zukunft immer weiter vereinfacht und die digitale Bibliothek fortlaufend umfangreicher wird, sodass wir künftig in der Lage sein werden, auch andere Arten an Materialien zu inte-

grieren bzw. für den Druck solcher Apparaturen zu verwenden – zum Beispiel flexible Legierungen wie NiTi oder thermoaktive Legierungen, welche sich für Transpalatinalbögen oder Federn eignen.

\* Fa. Leone (Deutschland-Exklusivvertrieb über die dentalline GmbH, www.dentalline.de)



**Dr. Alvise Carbulotto**  
Oralee – Clinica odontoiatrica e dentista, Vicenza / Italien  
segreteria@oralee.it  
www.oralee.it

**Abb. 10a und b:** Vergleich zwischen traditionellem (a) und digitalem Molarenband (b). Das digitale Band geht nicht unter die Gingiva und bietet dem Patienten somit einen bequemeren Tragekomfort. **Abb. 11:** Zusammenfassende Übersicht der Vor- und Nachteile für Behandler, Labor und Patient. **Abb. 12:** Zusammenfassende Gegenüberstellung eines analogen vs. digitalen Workflows.

(Bilder: © Dr. Alvise Carbulotto: Abb. 1–8, Abb. 10; © Dr. Alvise Carbulotto / Leone: Abb. 9, 11, 12)