

Persönliche PDF-Datei für

Mit den besten Grüßen vom Georg Thieme Verlag

www.thieme.de

Dieser elektronische Sonderdruck ist nur für die Nutzung zu nicht-kommerziellen, persönlichen Zwecken bestimmt (z. B. im Rahmen des fachlichen Austauschs mit einzelnen Kollegen und zur Verwendung auf der privaten Homepage des Autors). Diese PDF-Datei ist nicht für die Einstellung in Repositorien vorgesehen, dies gilt auch für soziale und wissenschaftliche Netzwerke und Plattformen.

Verlag und Copyright:

Georg Thieme Verlag KG
Postfach 30 11 20
70451 Stuttgart
ISSN

Alle Rechte liegen beim
Verlag



Klinische Anwendung des digitalen Workflows am Beispiel von Mini-Implantaten

Clinical Use of the Digital Workflow Exemplified by Mini Implants

Autoren

Jan H. Willmann¹, Benedict Wilmes¹, Sachin Chhatwani², Dieter Drescher¹

Institute

- 1 Poliklinik für Kieferorthopädie, Universitätsklinikum Düsseldorf, Düsseldorf
- 2 Abteilung für Kieferorthopädie, Universität Witten/Herdecke, Witten

Schlüsselwörter

Digitale Technologie, Mini-Implantate

Key words

digital technology, mini implants

Bibliografie

DOI <https://doi.org/10.1055/a-1162-3794>

Inf Orthod Kieferorthop 2020; 52: 121–127

© Georg Thieme Verlag KG Stuttgart · New York

ISSN 0020-0336

Korrespondenzadresse

Dr. Jan Willmann

Universitätsklinikum Düsseldorf

Moorenstraße 5

40225 Düsseldorf

Tel: +49 (0) 2 11-81 00, Fax: +49 (0) 2 11-8 10 48 55

Jan.Willmann@med.uni-duesseldorf.de

ZUSAMMENFASSUNG

Die Nutzung digitaler Technologien erhält zunehmend Einzug in die Anwendung von Mini-Implantaten und die dazugehörigen Suprakonstruktionen. Der aktuelle Stand der virtuellen Implantatplatzierung und die ein- oder 2-zeitigen Workflows werden beleuchtet. Anhand von Fallbeispielen werden die Workflows, deren klinische Anwendung sowie Vor- und Nachteile diskutiert.

ABSTRACT

The use of digital technologies is increasingly finding its way into the application of mini-implants and associated superstructures. The current status of virtual implant placement and one- or 2-stage workflows will be highlighted. Based on case studies, the workflows, their clinical application as well as advantages and disadvantages will be discussed.

Der Einsatz von Mini-Implantaten hat das therapeutische Spektrum der kieferorthopädischen Behandlung deutlich erweitert [1–6].

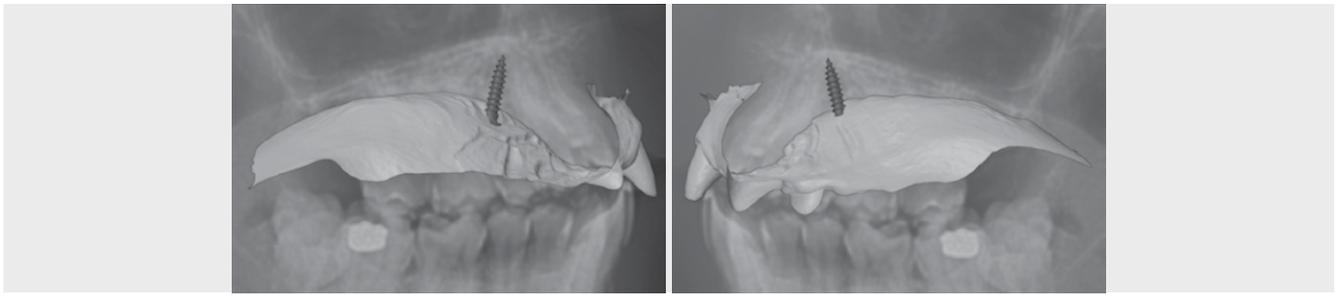
Hierzu hat sich insbesondere die T-Zone im anterioren Gaumen des Oberkiefers als Insertionsregion medianer oder paramedianer Mini-Implantate etabliert [7–9]. In diesem Bereich gesetzte Mini-Implantate haben eine sehr gute Überlebensrate und verfügen über eine klinisch ausreichende und gut dokumentierte Langzeitstabilität [10–15].

Mithilfe von, im anterioren Gaumen gesetzten, Mini-Implantaten werden vorwiegend Behandlungsaufgaben zur Distalisierung, Mesialisierung, Molarenintrusion sowie zur Gaumennahterweiterung klinisch umgesetzt.

Die dabei genutzten, auf den Mini-Implantaten verankerten, kieferorthopädischen Apparaturen (wie z. B. Beneslider, Mesialslider, Hybrid-Hyrax-GNE, usw.) wurden bislang vorwiegend analog

im Rahmen eines klassischen Laborworkflows hergestellt [1, 3, 16]. Nach Insertion am Patienten werden die Mini-Implantate mittels Übertragungskäppchen abgeformt und somit die intraorale Situation in ein Gipsmodell überführt. Auf diesem Montagemodell kann der Zahntechniker mithilfe konfektionierter Teile die Behandlungsgeräte fertigen.

Die fortschreitende Entwicklung im Bereich der digitalen Abformung mittels Intraoralscanner als auch der 3D-Druckverfahren von Metallen (Lasersintering) und Kunststoffen erlaubt es den Workflow von der Insertionsplanung bis zum Gerätedesign zu digitalisieren [17–19]. Vorteilhaft erweist sich bei der Anwendung des digitalen Workflows die Möglichkeit, die Insertion von Mini-Implantaten und kieferorthopädischer Apparatur einzeitig durchzuführen [17].



► **Abb. 1** Fernröntgenseitenbild-basierte virtuelle Planung der Mini-Implantate.

Virtuelle Implantatplatzierung

In der dentalen Implantologie ist die computergestützte Implantatplanung bereits langjährig etabliert [20] und wurde in den letzten Jahren auch zu kieferorthopädischen Zwecken implementiert [21].

Die virtuelle Platzierung der Mini-Implantate kann basierend auf dem Fernröntgenseitenbild (FRS), der Gaumenanatomie anhand eines digitalen Modells oder mittels digitaler Volumentomografie (DVT) erfolgen [17, 22]. Dazu werden ein STL-Datensatz des Patienten und die vorliegenden Bilddaten des Patienten überlagert (► **Abb. 1**).

Im klinischen Alltag ist in der Regel ein FRS zur virtuellen, optimalen Positionierung der Mini-Implantate als ausreichend und sicher zu betrachten. Daher ist das DVT, aufgrund der zusätzlichen Strahlenbelastung, zur computergestützten Insertionsplanung nur bei Patienten mit komplexen Befunden wie z. B. palatinal verlagerten Eckzähnen, Lippen-Kiefer-Gaumenspalten indiziert.

Auf der Basis der virtuell festgelegten Implantatposition kann eine Bohrschablone zur Insertion direkt oder indirekt hergestellt werden. Beim indirekten Verfahren wird der Umweg eines physischen Montagemodells zur Platzierung der Insertionshülsen notwendig [22]. Die direkte Herstellung des Insertionsguides mit biokompatiblen Materialien mittels Rapid-Prototyping-Verfahren, bietet den Vorteil keinen analogen Zwischenschritt durchführen zu müssen (► **Abb. 2**).

Zur Vereinfachung der intraoralen Implantatinsertion werden die Implantate virtuell zumeist paramedian platziert. Die schablonengeführte, paramediane Insertion der Mini-Implantate ist klinisch am Patienten deutlich einfacher zu handhaben als die mediane, da beide Implantate dem Behandler während des Vorgangs visuell zugänglich sind (► **Abb. 3**). Da die Langzeitstabilität medianer und paramedianer Implantate als gleich einzustufen ist [14, 15, 23], wird im beschriebenen digitalen Workflow die paramediane Insertion bevorzugt.

Insertionsguides haben den Vorteil eine sichere parallele und effiziente Insertion zu ermöglichen. Die zum jeweiligen System passenden Insertionsklingen und Vorbohrer verfügen über einen Tiefschlag, der dem Anwender die Insertionstiefe vorgibt (► **Abb. 4**). Während der Insertion wählen die Implantate trotz Insertionsguide den Weg des geringsten Knochenwiderstands. Um so entstehende Achsungenauigkeiten zwischen geplanter und realisierter Implantatposition zu vermeiden ist es empfehlenswert vorzubohren. Insbesondere für Behandler, die mit dem Umgang und der In-



► **Abb. 2** Darstellung eines skelettierten Insertionsguides – Herstellung im direkten 3D-Druckverfahren (Formlabs Form 2, Dental SG Resin, sterilisierbar).

sertion von Mini-Implantaten noch nicht sehr vertraut sind, bieten diese Systeme eine gute Hilfestellung zur sicheren Insertion.

Des Weiteren bietet die virtuelle Positionierung von Mini-Implantaten den Vorteil, dass die Insertion der Apparatur in einer Sitzung erfolgen kann. Für die Implantatplanung und Gestaltung der Bohrschablone und des Geräts kann routinemäßig auf die zur Anfangsbefundung erstellten Unterlagen (FRS/Intraoralscan) zugegriffen werden, sofern noch keine Zahnbewegung durchgeführt wurde. Dadurch erübrigt sich ein weiterer Termin zur Erstellung zusätzlicher Planungsunterlagen. Die Überlagerung von virtuell geplanter Implantatposition und erzielter Implantatposition zeigt in den meisten Fällen eine exakte Übereinstimmung (► **Abb. 5**).

Insertionsplanung und digitales Gerätedesign

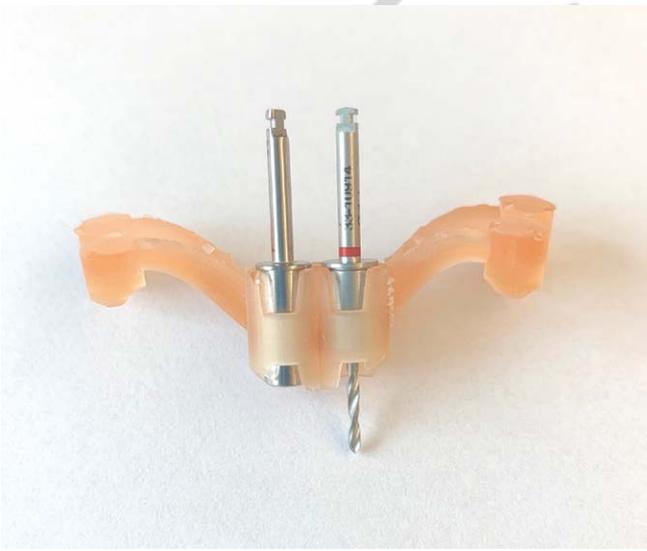
Auf Basis des digitalen Modells mit virtuell inserierten Implantaten erfolgt das Design eines digitalen Benesliders (► **Abb. 6**). Die computergestützte Gestaltung der Apparaturen bietet dabei den Vorteil der Individualisierung und mechanischen Optimierung.

Bei diesem Patientenbeispiel lag aufgrund der Aufwanderung der Seitenzähne mit einhergehendem Platzmangel für die Eckzähne eine Indikation zur Distalisierung vor (► **Abb. 7**).

Der digitale Beneslider erlaubt den Verzicht auf orthodontische Bänder. Für den Patienten entfällt somit das Separieren als auch das Anpassen der Bänder und wird von Patienten und Behandlern sehr



► **Abb. 3** Insertionsguide in situ; Während der Insertion ist darauf zu achten, den Guide mit ausreichendem Fingerdruck in seiner Position zu fixieren.



► **Abb. 4** Insertionsguide mit passender Implantatklinge und Vorbohrer mit Tiefenstop (Digital Motion System, PSM, Gunningen).

positiv wahrgenommen. Anstelle der Bänder werden digitale Bänder, sog. Shells modelliert, die einen vordefinierten Klebespalt aufweisen und zusätzlich das Anbringen von Molarentubes ermöglichen (► **Abb. 8**). Alternativ können auch digitale Tubes von palatinal gestaltet und letztlich physisch übertragen werden (► **Abb. 9**).

Im Unterschied zu konfektionierten Sliderapparaturen, die einen Querschnitt von 1,1 mm aufweisen, wird der digital gedruckte Slider mit einem vergrößerten rechteckigen Querschnitt gesintert (► **Abb. 8**). Dies bietet den Vorteil einer rigideren Apparatur per Design als auch durch die Materialwahl (CoCr), welches ein höheres E-Modul (220 000) als federharter Stahldraht aufweist (180 000).

Die digital gestalteten Einzelteile (Shells, Slider) werden mittels Lasersinterverfahren materialisiert. Die so gefertigten Teile weisen nach dem 3D-Druck noch Stützstrukturen auf, die entfernt werden müssen, um eine glatte Oberfläche zu erzielen (► **Abb. 10**). Das Einsetzen des Sliders und die folgende Aktivierung erfolgt analog zur bisherigen Vorgehensweise (► **Abb. 11**). Die Shells werden intraoral nach vorheriger Schmelzkonditionierung mittels eines Glasionomerzementes (Band-Lok Blue, Reliance Orthodontic Products, USA) oder Komposits (Trans-Bond, 3M, USA) befestigt.

Das Design dieser komplexen kieferorthopädischen Apparaturen erfordert spezielle Softwarelösungen (z. B. Appliance Designer) oder kann über externe Dienstleister erfolgen (z. B. TADMAN, Ortholize, Dental Digital).

Zweizeitiger Workflow

Das zweizeitige Vorgehen eignet sich für schwierige Situationen, um den Patienten nicht zu überfordern oder auch für Behandler, welche die Mini-Implantate klassisch inserieren und dennoch die Vorteile des digitalen Workflows nutzen möchten.

Nach erfolgter Insertion mittels Insertionsguide oder konventionell frei Hand erfolgt die Digitalisierung der intraoralen Situation mittels eines Intraoralscanners (► **Abb. 12**).

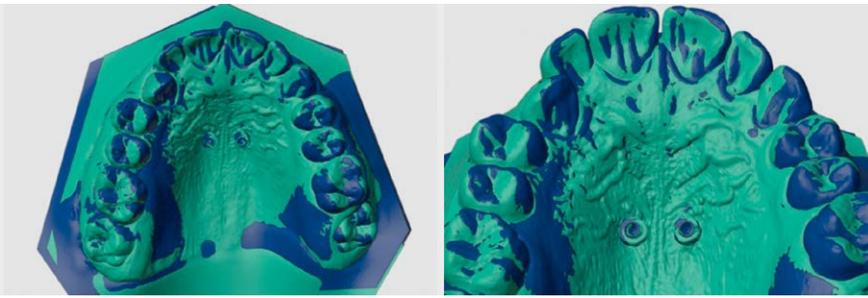
Je nach Implantatposition, Gaumenanatomie und Scanner kann die Situation entstehen, dass die Mini-Implantate vom Scanner nicht erkannt oder von der Software weggerechnet werden (► **Abb. 13**). Um dieses Problem zu vermeiden, können Scansprays zur Mattierung der Implantatoberfläche eingesetzt werden (Cerec Optispray, Denstply Sirona, Deutschland). Zudem ist darauf zu achten, die Mini-Implantate möglichst rundum von allen Seiten zu erfassen, so dass auch unter sich gehende Stellen noch gut erkannt werden. Abhängig von der Qualität der Abbildung der Mini-Implantate im Scan kann eine Überlagerung (Matching) mit virtuellen Implantaten sinnvoll sein.

Bei großen Lücken im Scan und im dadurch erzeugten Mesh wird das Implantat von den Scanner-Algorithmen entfernt. In diesen Fällen kann ein sogenanntes Scan-Abutment genutzt werden (► **Abb. 14**). Die Scan-Abutments werden digital mit virtuellen Analogen gematcht und erlauben eine genaue Übertragung der Implantatposition auf ein digitales Modell, welches zum Design der Apparatur genutzt werden kann (► **Abb. 15**).

Die digitale Vorgehensweise insbesondere in Bezug auf die Gestaltung von Apparaturen gibt dem Behandler die Möglichkeit der Individualisierung und steigert somit die Behandlungseffizienz.

Auf Basis eines digitalen Implantatmodells, erfolgte das Design eines virtuellen Transpalatinalbogens (V-TPA) bei einem Patienten mit palatinaler Verlagerung eines Eckzahnes (► **Abb. 16, 17**). Die digitalen Designmöglichkeiten erlauben eine zungenfreundliche Gestaltung und die optimale Anpassung an die individuelle Gaumenanatomie.

Beim Einsetzen des V-TPA zeigte sich die durch dieses Vorgehen erzielte exakte Passgenauigkeit der 3D-gedruckten Apparaturen (► **Abb. 18**).



► **Abb. 5** Beispielhafte Überlagerung von virtuell geplanter (blau) und erzielter Implantatposition (grün) mit Insertionsguide.



► **Abb. 6 a** Digitale Planung des Benesliders in geraderter Ansicht, **b** fertig ausgearbeiteter Slider mit passendem Insertionsguide.



► **Abb. 7** Aufwanderung der rechten Seitenzahnreihe mit totalem Platzverlust für Zahn 13.

Zusammenfassung

Die beschriebenen Workflows sind klinisch sicher und effizient. Der digitale Gestaltungsprozess erlaubt es, die vorgestellten Apparaturen Schritt für Schritt neu zu denken und die Einzelteile zu verbessern.

Dabei ist zu beachten, dass die virtuelle Planung und das digitale Gerätedesign in der Umsetzung in der eigenen Praxis und im Praxislabor sehr viel Einarbeitungszeit und Mitarbeiterressourcen benötigt. Mittlerweile gibt es spezialisierte kommerzielle Lösungen, die diese Aufgabe übernehmen können (TADMAN, RKS-Ortho, Ortholize, Ortho-Easy).

Vorteile

- Insertion mit Guide ist einfach zu handhaben, insbesondere für unerfahrene Behandler
- Verzicht auf Separieren und Anpassen von Bändern
- keine Abdrucknahme notwendig
- Insertion der Mini-Implantate und des kieferorthopädischen Gerätes in einer Sitzung

Nachteil

- im Vergleich zur Freihandplatzierung höhere Kosten



► **Abb. 8** Ansicht des Sliders von dorsal – gut erkennbar ist der rechteckige Querschnitt des Benesliders.



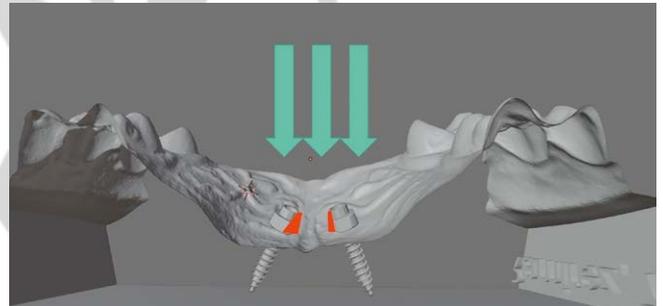
► **Abb. 9** Alternativ zu Molarenshells können auch geklebte Tubes individuell gefertigt werden.



► **Abb. 12** Intraoralscan nach konventioneller Insertion eines para-medianen Mini-Implantates.



► **Abb. 10** Beispielhafte Darstellung eines gedruckten Sliders nach dem Sinterprozess. Die Stützstrukturen sind bereits entfernt und das Gerüst gestrahlt.



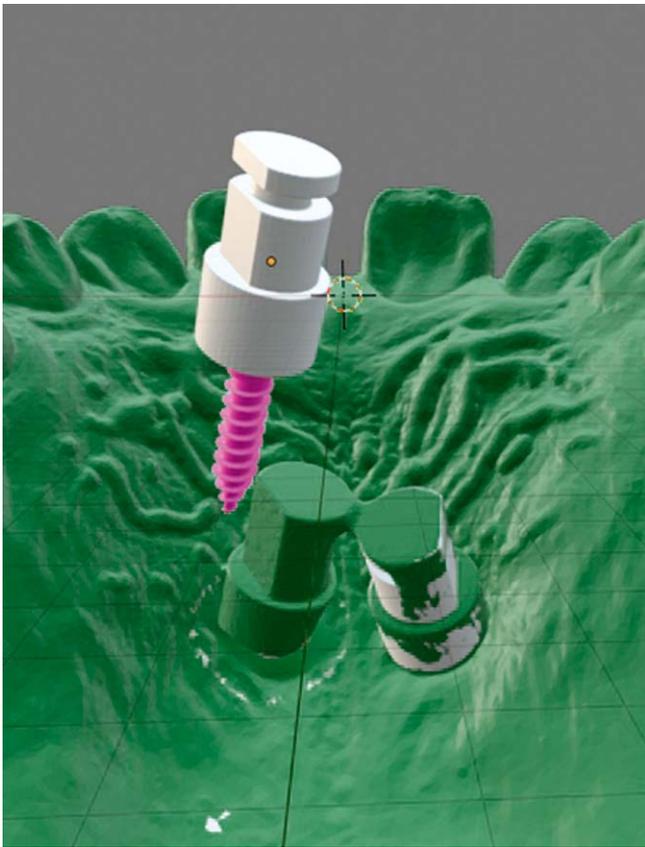
► **Abb. 13** Eine mögliche Ursache eines Scanfehlers können zu starke Achsabweichungen der Mini-Implantate darstellen. Unter sich gehende Bereiche werden nicht erfasst und das Mesh kann nicht geschlossen werden.



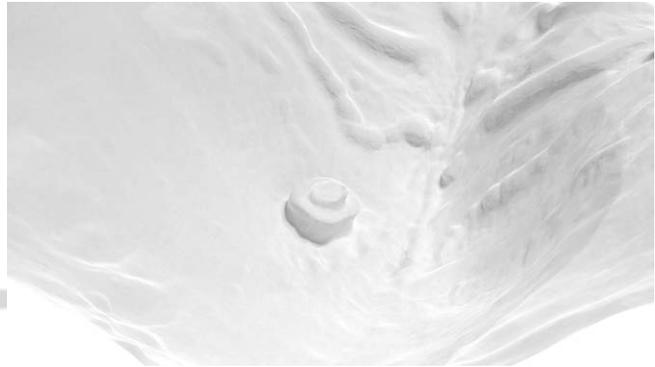
► **Abb. 11** Digital geplanter Slider in situ. Die Insertion der Implantate und des Gerätes erfolgte in einer Sitzung.



► **Abb. 14** Scan-Abutments aus PEEK (PSM, Gunningen, Germany).



► **Abb. 15** Beispielhafte Darstellung der virtuellen Überlagerung von Scan-Abutment und Mini-Implantaten zur weiteren Verarbeitung des Scan-Datensatzes.



► **Abb. 16** Die Darstellung des Mini-Implantats ist ausreichend für das Design einer kieferorthopädischen Apparatur.



► **Abb. 18** V-TPA in situ mit palatinalen TMA-Teilbögen.



► **Abb. 17** **a** Darstellung des Designs des V-TPA. **b** Das Implantat-Abutment kann perfekt aus dem Implantatkopf ausgerichtet werden. Zusätzlich enthält das Abutment sog. Antirotationsnocken, die ein unerwünschtes Ausdrehen des Mini-Implantates verhindern.

Interessenkonflikt

Die Autorinnen/Autoren geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Literatur

- [1] Wilmes B, Drescher D. A miniscrew system with interchangeable abutments. *Journal of clinical orthodontics : JCO* 2008; 42: 574–580, quiz 595
- [2] Wilmes B, Olthoff G, Drescher D. Vergleich skelettaler und konventioneller Verankerungsmethoden bei der präoperativen Dekompensation einer skelettalen Klasse III. *Journal of Orofacial Orthopedics* 2009; 70: 297
- [3] Wilmes B, Nienkemper M, Drescher D. Application and effectiveness of a new mini-implant and tooth-borne rapid palatal expansion device: The hybrid-hyrax. *World J Orthod* 2010; 11 (4): 323–330
- [4] Wilmes B, Nienkemper M, Ludwig B et al. Early Class III treatment with a hybrid hyrax-mentoplate combination. *Journal of clinical orthodontics: JCO* 2011; 15–21, quiz 39
- [5] Nienkemper M, Wilmes B, Pauls A et al. Multipurpose use of orthodontic mini-implants to achieve different treatment goals. *Journal of Orofacial Orthopedics/Fortschritte der Kieferorthopädie* 2012; 73: 467–476
- [6] Nienkemper M, Wilmes B, Lübberink G et al. Extrusion of impacted teeth using mini-implant mechanics. *Journal of clinical orthodontics: JCO* 2012; 46: 150
- [7] Ludwig B, Baumgaertel S. Mini-Implants in Orthodontics Innovative Anchorage.
- [8] Ludwig B, Glasl B, Bowman S et al. Anatomical guidelines for miniscrew insertion: palatal sites. *Journal of clinical orthodontics: JCO* 2011; 45: 433–441, quiz 467
- [9] Wilmes B, Ludwig B, Vasudavan S et al. The T-Zone: median vs. paramedian insertion of palatal mini-implants. *Journal of clinical orthodontics: JCO* 2016; 50: 543–551
- [10] Karagkiolidou A, Ludwig B, Pazera P et al. Survival of palatal miniscrews used for orthodontic appliance anchorage: a retrospective cohort study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2013; 143: 767–772. doi:10.1016/j.ajodo.2013.01.018
- [11] Nienkemper M, Wilmes B, Ludwig B, Pauls A, Drescher D. Klinische Untersuchung skelettal verankerter Mechaniken zur Einordnung retinierter Zähne. *Kieferorthopädie* 2012; 26 (1): 7–17
- [12] Nienkemper M, Wilmes B, Pauls A et al. Impact of mini-implant length on stability at the initial healing period: a controlled clinical study. *Head & face medicine* 2013; 9: 30
- [13] Nienkemper M, Wilmes B, Pauls A et al. Mini-implant stability at the initial healing period: A clinical pilot study. *The Angle Orthodontist* 2014; 84: 127–133. doi:10.2319/040813-271.1
- [14] Nienkemper M, Willmann JH, Drescher D. Long-term stability behavior of paramedian palatal mini-implants: A repeated cross-sectional study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 2020; 157: 165–171
- [15] Nienkemper M, Willmann JH, Becker K et al. RFA measurements of survival midpalatal orthodontic mini-implants in comparison to initial healing period. *Progress in Orthodontics* 2020; 21: 5. doi:10.1186/s40510-020-0305-x
- [16] Wilmes B, Nienkemper M, Drescher D. Der Beneslider zur Distalisierung im Oberkiefer. *Informationen aus Orthodontie & Kieferorthopädie* 2013; 45: 42–50
- [17] De Gabriele O, Dallatana G, Riva R et al. The easy driver for placement of palatal mini-implants and a maxillary expander in a single appointment. *Journal of clinical orthodontics: JCO* 2017; 51: 728–737
- [18] Graf S, Vasudavan S, Wilmes B. CAD-CAM design and 3-dimensional printing of mini-implant retained orthodontic appliances. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics: official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics* 2018; 154: 877–882. doi:10.1016/j.ajodo.2018.07.013
- [19] Willmann JH, Chhatwani S, Drescher D. Blender – Freeware als dentales CAD-Programm. *Kieferorthopädie* 2018; 32: 161–165
- [20] Colombo M, Mangano C, Mijiritsky E et al. Clinical applications and effectiveness of guided implant surgery: a critical review based on randomized controlled trials. *BMC Oral Health* 2017; 17: 150
- [21] Qiu L, Haruyama N, Suzuki S et al. Accuracy of orthodontic miniscrew implantation guided by stereolithographic surgical stent based on cone-beam CT-derived 3D images. *The Angle Orthodontist* 2012; 82: 284–293
- [22] Eigenwillig P, Chhatwani S, Ludwig B. Digitaler Workflow bei der Anwendung von Miniimplantaten. *Kieferorthopädie* 2017; 31: 411–416
- [23] Asscherickx K, Vannet BV, Bottenberg P et al. Clinical observations and success rates of palatal implants. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics* 2010; 137: 114–122