Mögliche Auswirkungen von im anterioren Gaumen inserierten Minischrauben auf die Sensibilität der Oberkiefer-Frontzähne

Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnheilkunde
der Medizinischen Fakultät
der UNIVERSITÄT DES SAARLANDES
2015

Klinik für Kieferorthopädie
Leitung: Univ.-Prof. Dr. med. dent. Jörg Lisson

vorgelegt von: Joachim Hammer
geb. am: 23.08.1985 in Oberwesel
Meinen lieben Eltern
<table>
<thead>
<tr>
<th>Kapitel</th>
<th>Seitenzahl</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>Inhaltsverzeichnis</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Zusammenfassung</td>
<td>1</td>
</tr>
<tr>
<td>Summary</td>
<td>3</td>
</tr>
<tr>
<td>Einleitung</td>
<td>5</td>
</tr>
<tr>
<td>Grundlegende Eigenschaften gebräuchlicher orthodontischer Minischrauben</td>
<td>5</td>
</tr>
<tr>
<td>Der anteriore Gaumen als Insertionsareal für Minischrauben</td>
<td>6</td>
</tr>
<tr>
<td>Nullhypothese</td>
<td>8</td>
</tr>
<tr>
<td>Patienten und Methoden</td>
<td>9</td>
</tr>
<tr>
<td>Behandlungsprotokoll</td>
<td>9</td>
</tr>
<tr>
<td>Selektion - Inklusions- und Exklusionskriterien</td>
<td>10</td>
</tr>
<tr>
<td>Diagnostik an Behandlungsunterlagen</td>
<td>11</td>
</tr>
<tr>
<td>Röntgenaufnahmen</td>
<td>11</td>
</tr>
<tr>
<td>Intraorale Fotoaufnahmen</td>
<td>12</td>
</tr>
<tr>
<td>Minischrauben und Apparaturen</td>
<td>12</td>
</tr>
<tr>
<td>Stand der Dentition</td>
<td>13</td>
</tr>
<tr>
<td>Nachuntersuchung</td>
<td>13</td>
</tr>
<tr>
<td>Organisation der klinischen Nachuntersuchung</td>
<td>14</td>
</tr>
<tr>
<td>Aufbereitung der erhobenen Daten</td>
<td>16</td>
</tr>
<tr>
<td>Statistische Analyse</td>
<td>16</td>
</tr>
<tr>
<td>Ergebnisse</td>
<td>17</td>
</tr>
<tr>
<td>Selektion – Inklusions- und Exklusionskriterien</td>
<td>17</td>
</tr>
<tr>
<td>Diagnostik an Behandlungsunterlagen</td>
<td>18</td>
</tr>
<tr>
<td>Röntgenaufnahmen</td>
<td>18</td>
</tr>
<tr>
<td>Intraorale Fotoaufnahmen</td>
<td>19</td>
</tr>
<tr>
<td>Minischrauben und Apparaturen</td>
<td>19</td>
</tr>
<tr>
<td>Stand der Dentition</td>
<td>22</td>
</tr>
<tr>
<td>Nachuntersuchung</td>
<td>23</td>
</tr>
<tr>
<td>Section</td>
<td>Page</td>
</tr>
<tr>
<td>----------------------------------------------</td>
<td>------</td>
</tr>
<tr>
<td>Organisation der klinischen Nachuntersuchung</td>
<td>23</td>
</tr>
<tr>
<td>Studiendesign</td>
<td>33</td>
</tr>
<tr>
<td>Diskussion</td>
<td>35</td>
</tr>
<tr>
<td>Schlussfolgerung</td>
<td>43</td>
</tr>
<tr>
<td>Literatur</td>
<td>44</td>
</tr>
<tr>
<td>Abbildungsverzeichnis</td>
<td>50</td>
</tr>
<tr>
<td>Tabellenverzeichnis</td>
<td>51</td>
</tr>
<tr>
<td>Publikation und Dank</td>
<td>52</td>
</tr>
</tbody>
</table>
Zusammenfassung

Mögliche Auswirkungen von im anterioren Gaumen inserierten Minischrauben auf die Sensibilität der Oberkiefer-Frontzähne

Das Ziel dieser Longitudinalstudie war es nachzuweisen, dass die Insertion von Minischrauben im anterioren Gaumen keine Auswirkung auf die Sensibilität und Vitalität der oberen 6 Frontzähne hat.

Zu Beginn stand ein Patientenpool von 382 Patienten zur Verfügung, der in einer Longitudinalstudie zu 3 Zeitpunkten T0, vor kieferorthopädischer Therapie, T1, während kieferorthopädischer Therapie und T2, Patient bei klinischer Nachuntersuchung, ausgewertet wurde.

Nach Selektion im Studienabschnitt T0 und T1 und einem Dropout von 63 Patienten reduzierte sich die Patientenzahl auf 319.

Erfasst wurden persönliche Daten der Patienten, Röntgenaufnahmen wurden ausgewertet, ebenso wie intraorale Fotoaufnahmen. Des Weiteren wurde die Art der verwendeten Minischraube und Apparatur festgehalten und der Stand der Dentition notiert. Zur Nachuntersuchung, Studienzeitpunkt T2, wurden 100% der zum Zeitpunkt T0 und T1 erfassten 319 Patienten eingeladen.

39 Patienten (12,2%) folgten der Einladung.

Die Nachuntersuchung diente dem Erfragen von Traumata, Narbenbildungen und der Begutachtung parodontaler Erkrankungen und oder Schädigungen, sowie der Vitalitätstestung der 6 oberen Frontzähne mittels Kältetestung. Alle zusammengetragenen Daten zum Zeitpunkt T0, T1 sowie T2 zielten auf einen neuen Erkenntnisgewinn innerhalb des Gebietes der palatinalen Minischraubeninsertion hin, um diese prognostizierbar sicherer zu machen.
Ergebnisse:


Bei allen 3 Patienten mit Vitalitätsverlust konnten die Minischrauben nicht im empfohlenen Bereich des dritten Gaumenfalten Paares inseriert werden. Vitalitätsverluste traten an den Zähnen 13, 22 und 21 auf. Die Längen der Schrauben lagen zweimal bei 8 mm und einmal bei 6 mm Länge. Die Durchmesser aller Schrauben bei 1,7 mm.

Keiner der 3 Patienten wies eine röntgenologisch sichtbare Wurzelverletzung auf.

Schlussfolgerung:

- Auch wenn sich radiografisch ein Zusammenhang zwischen Sensibilitätsverlust, respektive Vitalitätsverlust, durch direkte Wurzelperforation durch die Minischrauben nicht zweifelsfrei belegen ließ, konnte die Insertionsposition der Minischrauben – unabhängig davon, ob im Wechsel- oder permanenten Gebiss behandelt wurde – als statistisch relevanter Faktor identifiziert werden.

- Die Inklination der oberen Schneidezähne schien keinen ungünstigen Einfluss zu haben.

- Bei allen drei betroffenen Patienten wurden die Minischrauben im Bereich des zweiten Gaumenfaltenpaares inseriert. Es kann daher angenommen werden, dass eine mehr posteriore Position zu bevorzugen ist.

Insgesamt ist festzuhalten, dass unsere Studie erstmals den Zusammenhang des Verlustes sensibler Reaktionsfähigkeit eines Zahnes, respektive Vitalitätsverlust, verursacht durch Minischrauben, evaluiert hat.
Summary

Possible effects of mini screws inserted in the anterior palate on the sensitivity of the maxillary anterior teeth

The aim of this longitudinal study was to demonstrate that the insertion of mini-screws in the anterior palate has no effect on the sensitivity and vitality of the upper front teeth.

It began with a patient pool of 382 patients. In a longitudinal study at 3 time points T0, before orthodontic treatment, T1 during orthodontic treatment, and T2 at clinical follow-up, the patient were evaluated.

After selection of the study section T0 and T1 and a dropout of 63 patients the number of patients was reduced on 319.

Personal data of the patients, radiographs and intraoral photographs were evaluated and recorded. Furthermore, the type of mini screw and apparatus used was recorded in writing and the state of dentition was noted. At time T2 100% of the recorded T0 and T1 patients (319 patients) were invited to the follow-up.

39 patients (12.2%) accepted the invitation.

The follow-up served to ask for trauma, periodontal disease and/or damage, as well as vitality testing of the 6 maxillary anterior teeth by means of cold testing. All data collected at time T0, T1 and T2 were aimed at new insights within the territory of the palatal mini screw insertion to make this forecast safer.

Results:
Three patients suffered a loss of sensitivity. The three patients were female and between 16 and 31 years old (at follow-up). The IOK/NL- angle was 99.2 ° and 98.5 °, which is a slight tendency to retro-inclination. A patient with sensory loss was orthoinclined (110.5°).

In all 3 patients with loss of vitality, the mini screws could not be inserted in the
recommended area of the third rugae pair. Loss of vitality occurred on the teeth 13, 22 and 21. The lengths of the screws were 2 times 8 mm and once 6 mm. The diameter of all three screws was 1.7 mm.

None of the 3 patients had a radiographically visible root injury.

**Conclusion:**

- Even if a connection between sensory loss or loss of vitality, through direct root perforation by the mini screws could not be proved radiographically without a doubt, the insertion position of the mini screws - is identified as statistically significant factor - independently if treated in mixed or permanent dentition

- The inclination of the upper incisors seemed to have no adverse effect

- In all three affected patients, the mini screws were inserted in the region of the second pair of rugae. It can therefore be assumed that a more posterior position has to be preferred

Overall, it should be noted that our study has evaluated for the first time the relationship of the loss of sensitive responsiveness of a tooth, respectively vitality loss, caused by mini screws.
Einleitung
Minischrauben dienen in der Kieferorthopädie der skelettalen Verankerung für spezielle kieferorthopädische Behandlungsaufgaben, die unabhängig von der Mitarbeit (compliance) des Patienten durchgeführt werden müssen. Sie stellen eine Alternative zu extraoralen Verankerungsapparaturen, wie beispielsweise dem Headgear [1] oder der Delaire-Maske [2], dar, die stark compliance-abhängig sind und häufiger Remotivation bedürfen, was sowohl Patientenführung als auch Behandlungserfolg erschweren kann [3, 4].

Grundlegende Eigenschaften gebräuchlicher orthodontischer Minischrauben
Bereits 1945 wurde im Tierversuch eine compliance-unabhängige Verankerungsmöglichkeit gesucht. Hierzu wurden Vitalliumschrauben in den Knochen inseriert, wobei keine Osseointegration stattfand und der Halt lediglich retentiv erfolgte. Alle Schrauben gingen in diesem Versuch verloren (Misserfolgsrate = 100%).
Der Misserfolg wurde Mikroorganismen in der Mundhöhle zugeschrieben [5].

1983 inserierten Creekmore und Eklund eine Vitalliumschraube im Bereich der Spina nasalis anterior und nutzten diese zur Intrusion der Oberkieferfront [6].
Bei den heutigen kieferorthopädischen Minischrauben handelt es sich um eine Modifikation von chirurgischen Kortikalisschrauben. Sie bestehen aus einem Gewinde, dem Hals und einem Kopf.
Der anteriore Gaumen als Insertionsareal für Minischrauben


Minischrauben sind in einem Winkel von 90 Grad (senkrecht) zur Knochenoberfläche des anterioren Gaumens zu inserieren [18]. Hieraus resultiert eine nach anterior kranial gerichtete Insertionsrichtung. Abbildung 1 soll hier zur Veranschaulichung und näherem Verständnis dienen.


Da ein nicht sensibel reagierender Zahn noch Anschluss an das Gefäßnetz haben kann, ein avitaler Zahn demgegenüber jedoch nicht sensibel reagieren kann, wird bei funktionierender Sensibilität von einem vitalitätspositiven Zahn ausgegangen [29].

**Nullhypothese**

Das Ziel dieser Studie ist es nachzuweisen, dass die Insertion von Minischrauben im anterioren Gaumen keine Auswirkung auf die Sensibilität und Vitalität der oberen 6 Frontzähne hat.
Patienten und Methoden

Bei dem Studienkollektiv handelt es sich um 382 Patienten, bei denen Minischrauben zur skelettalen Verankerung inseriert wurden.

Das Studienprotokoll definiert 3 Untersuchungszeitpunkte. Zeitpunkt T0, Patient vor kieferorthopädischer Therapie, Zeitpunkt T1, Patient während kieferorthopädischer Therapie und Zeitpunkt T2, Patient bei klinischer Nachuntersuchung.


Behandlungsprotokoll


**Selektion - Inklusions- und Exklusionskriterien**

In das Studienkollektiv wurden nur jene Patienten aufgenommen,

- bei denen Minischrauben palatinal im anterioren Gaumen inseriert wurden. Interradikuläre beziehungsweise alternative Insertionsregionen wurden nicht berücksichtigt.
- bei denen nachfolgende Anforderungen an die Behandlungsdokumentation erfüllt waren:
  - Lückenlose Dokumentation in den Patientenkarteien
  - Vorhandensein von prätherapeutischer Röntgenübersichtsaufnahme (OPG) und prätherapeutischer Fernröntgenseitenaufnahme (FRS)
  - Intraorale Fotoaufnahmen

Für jeden Patienten wurde Name, Vorname, Geburtsdatum (zur Errechnung des Lebensalters), sowie Geschlecht aus der Patientenkartei entnommen. Zur Sicherstellung des Datenschutzes wurde der Patientenname anonymisiert aufgezeichnet und mit einer eindeutigen Identifikationsnummer (Patienten-Id) versehen.
Diagnostik an Behandlungsunterlagen

Röntgenaufnahmen


An den Fernröntgenseitenbildern wurde die Inklination der maxillären Schneidezähne (IOK/NL) ermittelt. Der sich zwischen Oberkieferbasis (Spa-Pm) und Achse des Schneidezahnes (Is-Isa) ergebende Winkel wird von posterior gemessen (eine schematische Darstellung des Winkels zeigt Abbildung 2). Der Normwert dieses Parameters beträgt (112,5° ± 3°) und gibt eine regelrechte Inklination (Orthoinklination) des Zahnes an. Größere Werte zeigen einen labialen „Kippstand“ (Anteinklination), kleinere Werte einen Steilstand (Retroinklination) an.

Weiterhin diente das Fernröntgenseitenbild als weitere Ebene zur Diagnose von potentiellen, durch die Minischraube verursachten, Wurzelverletzungen.
Intraorale Fotoaufnahmen
Zur Bestimmung der Insertionsposition der Minischrauben dienten die Rugae palatinae als anatomisch stabile Strukturen [33]. Die genaue Auswertung wurde durch standardisiert aufgenommene intraorale Fotoaufnahmen ermöglicht, die mit digitaler Spiegelreflexkamera (Nikon D90, Nikon Corporation, Tokyo, Japan) und Makroobjektiv (AF105MM F2.8 EX DG MACRO F, Sigma Corporation, Kanagawa, Japan), sowie eines Okklusalspiegels (E. Hahnenkratt GmbH, Königsbach-Stein, Germany) angefertigt wurden.

Minischrauben und Apparaturen
Aus den Patientenkarteien wurden Art beziehungsweise System/Hersteller sowie Länge der verwendeten Minischrauben und die darauf verankerten kieferorthopädischen Apparaturen ermittelt.
Stand der Dentition


Nachuntersuchung

Alle Untersuchungen zum Zeitpunkt T2 dienten der Verifizierung der vom Zeitpunkt T0 und T1 gesammelten Daten.

Als zentrales Untersuchungskriterium sollen Auswirkungen der Pininsertion auf die Sensibilität der oberen Frontzähne untersucht werden.

Ebenso dienen die Untersuchungen zum Zeitpunkt T2 dem Erfragern von Traumata, die der Behandlung vorausgingen oder folgten, sowie der intraoralen Begutachtung von Narbenbildungen und der Begutachtung parodontaler Schädigungen.

Zusammenfassend zielen alle zusammengetragenen Daten zum Zeitpunkt T0, T1 sowie T2 auf einen neuen Erkenntnisgewinn innerhalb des Gebietes der palatinalen Minischraubeninsertion hin, um diese prognostizierbar sicherer zu machen.

Ethikvotum

Organisation der klinischen Nachuntersuchung

Alle ermittelten Patienten wurden postalisch gebeten, an der klinischen Nachuntersuchung zum Zeitpunkt T2 teilzunehmen. Hierzu wurde ein standardisiertes Schreiben erstellt, welches das Studienziel erläuterte und den Patienten die Möglichkeit gab, sich telefonisch, per Fax, per Email oder auf dem Postweg zu melden.

Als Termine für die Nachuntersuchung standen den teilnehmenden Patienten sieben Freitage und Samstage, in der Zeit von 8.00 Uhr – 16.00 Uhr zur Verfügung.

Anamnestische Befragung

Traumata wurden in der Patientennachuntersuchung in einem kurzen anamnestischen Gespräch erfragt, um den eventuellen Verlust einer positiven Reaktion auf den Kältereiz erklärbar zu machen.

Weiterhin wurde nach dem Empfinden einer Narbenbildung als subjektiv spürbare Narbe (taktil mittels Zunge), sowie nach durchgeführten periapikalen Eingriffen gefragt.

Klinische Diagnostik

Die klinische Diagnostik umfasste Sensibilitätsproben, die Erhebung parodontaler Parameter sowie die Begutachtung peridental Kieferareale. Die Untersuchungen beschränkten sich auf die Regio 13-23.

Sensibilitätsproben

Die Sensibilitätsproben erfolgten mittels Omnident Kältespray 200ml (REF Nr. 75816, Omnident Dental-Handelsgesellschaft mbH Rodgau/Nieder-Roden) und Omnident Schaumstoffpellets Ø 5mm (REF Nr. 56689).
**Parodontale Parameter**

Sondierungstiefen und Attachmentverluste, sowie Lockerungsgrade wurden ermittelt. Die Sondierungstiefen und Attachmentverluste wurden jeweils mesial und distal von oral mittels parodontaler Messsonde (Parodontometer #11 Gr #30 Qulix 3-6-8-11, Art.-Nr. PCP 11, Hu-friedy, Tutlingen) erhoben. Lockerungsgrade wurden für die Frontzähne ermittelt (I, Erstes Anzeichen einer Beweglichkeit größer als die Norm (physiologisch), II, Zahnbeweglichkeit mit Auslenkung der Krone in alle Richtungen um 1 mm, III, Zähne die in der Alveole gedreht oder intrudiert werden können [34]). Sie wurden als zusätzliches Diagnosekriterium festgelegt, welche auf parodontale Schädigungen oder entzündliche Geschehen hindeuten können [35], die nach Verletzung des Parodontalspaltes in Kombination mit entzündlichen Reaktionen auftreten können.

**Begutachtung peridentaler Kieferareale**

Das Oberkiefer-Vestibulum wurde ebenso wie der anteriore harte Gaumen auf Fistelgänge hin untersucht, der apikale Bereich auf Druckdolenz geprüft. Schwellungen und Rötungen wurden, falls sichtbar, notiert.

**Röntgenologische Abschlussdiagnostik**

Eine röntgenologische Abschluss-Auswertung erfolgte zum Zweck des Ausschlusses eines sichtbaren Vorliegens einer Wurzelverletzung durch die Minischraubeninsertion (Ausschluss eines sogenannten „trans-fix“). Die Röntgenaufnahmen wurden auf vorhandene Wurzelfüllungen hin untersucht und diese bei Vorhandensein dokumentiert.
Aufbereitung der erhobenen Daten


Statistische Analyse


Ergebnisse

Selektion – Inklusions- und Exklusionskriterien
Diagnostik an Behandlungsunterlagen

Röntgenaufnahmen
Die Inklination der Oberkieferschneidezähne (IOK/NL) betrug im Mittel 109,98° (Standardabweichung ±8,54°; Minimum 85,90°; Maximum 138,3°).

Abb. 3: Histogramm zur Häufigkeit der aufgetretenen IOK/NL-Winkel[°]
Intraorale Fotoaufnahmen
Die Auszählung der Gaumenfaltpaare der Insertionsstellen am anterioren Gaumen ergab mit großer prozentualer Mehrheit (>85%) das dritte Gaumenfaltpaar. Im Mittelwert wurden die Pins im 2,86ten Gaumenfaltpaar platziert.

Abb. 4: Prozentuale Verteilung der Insertionsorte der Minischrauben

Minischrauben und Apparaturen
Schraubenlänge
Unabhängig vom Schraubentyp wurde die Bestimmung der Länge der Minischrauben für jeden der 319 Patienten vorgenommen. Im Mittel lag die Schraubenlänge bei 7,93 mm (SD=0,712 mm; Minimum 6 mm; Maximum 10 mm).
**Schraubendurchmesser**

Von allen inserierten Schrauben wurde der Durchmesser bestimmt. Im Mittel lag der Schraubendurchmesser bei 1,71 mm (SD= 0,06 mm; Minimum 1,6 mm; Maximum 2 mm).

**Schraubentyp**

Das folgende Diagramm zeigt die Verteilung der inserierten Schraubentypen. Mit 94,8% war der Ortho easy pin (Forestadent, Pforzheim) der am häufigsten verwendete Minischraubentyp.

Abb. 5: Prozentuale Verteilung der verwendeten Minischrauben
Mit einer prozentualen Mehrheit von 94,8% wurde die Minischraube Ortho easy (Forestadent, Pforzheim) mit Abstand am häufigsten inseriert. Benefit-Pins (dentaline GmbH & Co. KG, Birkenfeld) wurden mit 2,6% am zweithäufigsten inseriert. Prozentual folgten der tomas®-pin SD 08 (Dentaurum, Ispringen) mit 1,9% und der OrthoLox-Pin (OrthoLox Kopplungssystem, PROMEDIA Siegen) mit 0,6%.

Verwendete kieferorthopädische Apparaturen

Abb. 6: Häufigkeit der verwendeten Apparaturen in absoluten Zahlen

(Frosch, Klasse II-Apparatur / Distalisation, Frosch Apparatur der Firma Forestadent, Pforzheim[36]
Mesialslider, Apparatur zum compliance-unabhängigen Lückenschluss[37]
GNE, Gaumennahterweiterungsapparatur, hier Hybrid-GNE[38]
TPA, Transpalatinalbogen[39]
Frosch-GNE, Kombinationsapparatur aus Frosch und Gaumennahterweiterungsapparatur
Palatinale Bögen, Halte- und Bewegungselemente palatinal gelegen

Space-Jet, Mesialisierung in Kombination mit Ortho easy Pins, Forestadent, Pforzheim[40]

Intrusionsapparatur, Apparatur zum Intrudieren elongierter Zähne

Beneplate, Distalisation Molaren, psm MEDICAL SOLUTIONS, Tuttlingen[41]

Palatinale Pins für prov. Kronen (provisorischer Einzelzahnersatz)

<table>
<thead>
<tr>
<th>Apparatur</th>
<th>Anzahl (n)</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>Frosch-Apparatur</td>
<td>69</td>
</tr>
<tr>
<td>Mesialslider</td>
<td>35</td>
</tr>
<tr>
<td>GNE</td>
<td>79</td>
</tr>
<tr>
<td>TPA</td>
<td>36</td>
</tr>
<tr>
<td>Frosch-GNE</td>
<td>85</td>
</tr>
<tr>
<td>Pal.-Bögen</td>
<td>7</td>
</tr>
<tr>
<td>Space-Jet</td>
<td>2</td>
</tr>
<tr>
<td>Intrusionsapparatur</td>
<td>2</td>
</tr>
<tr>
<td>BENEplate</td>
<td>1</td>
</tr>
<tr>
<td>Palatinale Pins zur Aufnahme provisorischer Kronen</td>
<td>3</td>
</tr>
</tbody>
</table>

Tab.1: Häufigkeit der verwendeten Apparaturen in absoluten Zahlen

**Stand der Dentition**

Nachuntersuchung

Organisation der klinischen Nachuntersuchung
Alle 319 (100%) Patienten wurden postalisch gebeten, an der Nachuntersuchung teilzunehmen. Von den 319 verschickten Briefen waren 5 (1,6%) nicht zustellbar, da unbekannt verzogen. Von den restlichen 314 angeschriebenen Patienten gab es 38 (11,9%) Absagen und 39 (12,2%) Zusagen.

237 (74,3%) der versandten Schreiben blieben von Patientenseite unbeantwortet.

Abb. 7: Darstellung des Antwortverhaltens auf das postalische Anschreiben
Sensibilitätsproben

Die mittels Kältetest untersuchten Zähne 13, 12, 11, 21, 22, 23 sind hier einzeln bezüglich positiver und negativer Testung aufgeschlüsselt worden.

Abb. 8: Sensibilitätsproben an Zahn 13

Hier trat bei der Nachuntersuchung ein nicht sensibel reagierender Zahn auf. Dies sind 0,3% des gesamten Patientenpools (319 Patienten), allerdings 2,5% des nachuntersuchten Patientenpools bezogen auf den Zahn 13.

Bei den Sensibilitätsproben des Zahnes 12 waren alle 38 nachuntersuchten Zähne sensibilitätspositiv (100% sensibilitäts-positiv). Ein Zahn 12 war mittels Pin als „Ersatzzahn“ ersetzt worden.
Bei den Sensibilitätsproben des Zahnes 11 waren ebenfalls alle 39 (100%) der nachuntersuchten Zähne sensibilitätspositiv.

Abb. 9: Sensibilitätsproben an Zahn 12

Abb. 10: Sensibilitätsproben an Zahn 21
Hier trat bei der Nachuntersuchung ein nicht sensibel reagierender Zahn auf. Dies sind 0,3% des gesamten Patientenpools, allerdings 2,5% des nachuntersuchten Patientenpools, bezogen auf den Zahn 21.

Abb. 11: Sensibilitätsproben an Zahn 22


Zahn 23 zeigte keine Auffälligkeiten bezüglich Sensibilitätsverlusts.
**Sondierungstiefen**

Die mittels Parodontometer erhobenen Messwerte sind in folgender Übersichtsgrafik dargestellt.

Bis auf gering erhöhte Sondierungstiefen, die sich mit schlechter Mundhygiene erklären ließen und erhöhten Taschentiefen an zwei Implantaten (Implantate Regio 13 und 23) waren hier allerdings keine Auffälligkeiten erkennbar und die Sondierungstiefen im physiologischen Bereich.

Abb. 12: Übersichtsgrafik Sondierungstiefen

Mittelwert, Median, Standardabweichung, Minimum, Maximum und Perzentile sind dargestellt
Attachmentverlust


Traumata

![Häufigkeit eines Traumas](image)

Abb. 13: Prozentuale Häufigkeit von Traumata

Sechs Patienten, entsprechend 15 % der nachuntersuchten 39 Patienten, berichteten über ein Trauma mit Zahnbeteiligung in der Vergangenheit.
Bei den Patienten mit Sensibilitätsverlust trat nur in einem Fall ein Trauma auf. Vor der Pinsinsertion war aber auch bei diesem Patienten keine negative Vitalität zu beobachten.

**Narbenbildung**

<table>
<thead>
<tr>
<th>Häufigkeit einer Narbenbildung</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>Narben &quot;nein&quot;</td>
</tr>
</tbody>
</table>

Abb. 14: Prozentuale Häufigkeit von Narbenbildungen

Insgesamt bildeten 67% (26 Patienten) der nachuntersuchten 39 Patienten sichtbare Narben im Bereich der Pininsertionsareale des anterioren Gaumens aus.

**Periapikale Chirurgie**

Alle Patienten konnten bei ihrer Befragung periapikal durchgeführte Eingriffe eindeutig ausschließen. Narbenbildungen im Vestibulum waren ebenfalls nicht festzustellen.

**Lockerungsgrade**

Lockерungsgrade größer I waren bei keinem der nachuntersuchten Patienten zu beobachten.
Röntgenologische Schlusswertung bezüglich einer röntgenologisch sichtbaren Wurzelverletzung nach Minischraubeninsertion

Folgende Grafik zeigt, ob auf den Abschluss-Röntgenbildern (OPG/FRS) eine Verletzung der Zahnwurzel sichtbar ist oder ob resorptive Vorgänge darauf hindeuten. Bei 72,8% der Patienten war die Behandlung bereits abgeschlossen und ein Röntgenbild nach Schraubenentnahme vorhanden. Bei den übrigen Patienten war kein Röntgenbild nach Schraubenentfernung, aus Gründen wie Abbruch oder noch laufender Therapie, vorhanden.

Auf allen ausgewerteten Röntgenbildern, die vor dem debonding der festzitzenden Apparatur, beziehungsweise vor Explantation der Minischrauben angefertigt wurden, konnten röntgenmorphologisch Wurzelverletzungen oder apikal-resorpive Vorgänge eindeutig ausgeschlossen werden.

Abb. 15: OPG-Schlussauswertung bzgl. röntgenologisch sichtbarer Wurzelverletzung und / oder resorptiver Geschehen
Keine röntgenologisch-sichtbare Wurzelverletzung 73,3% Patienten
Laufender Fall 24,8% Patienten
Frühbehandlung, keine Röntgenaufnahmen 0,6% Patienten
Retentions-Fall ohne Abschluss-Röntgenbilder 0,3% 1 Patient
Beratungsfall, keine Röntgenunterlagen 0,3% 1 Patient
Abbruch 0,6% Patienten
Gesamt 100% 319 Patienten

Tab.2: Prozentuale Verteilung und Anzahl der behandelten Patienten bezüglich des Orthopantomogramms zum Zeitpunkt T2

Eigenschaften der Patienten mit Sensibilitätsverlust

<table>
<thead>
<tr>
<th>Eigenschaft</th>
<th>weiblich</th>
<th>weiblich</th>
<th>weiblich</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>Geschlecht</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Alter bei Nachuntersuchung</td>
<td>31</td>
<td>17</td>
<td>16</td>
</tr>
<tr>
<td>IOK/NL</td>
<td>99,2°</td>
<td>98,5°</td>
<td>110,5°</td>
</tr>
<tr>
<td>Gaumenfaltenpaar der Insertion</td>
<td>2</td>
<td>2</td>
<td>2 und 3</td>
</tr>
<tr>
<td>Vitalitätsverlust an Zahn (FDI-Notation)</td>
<td>13</td>
<td>22</td>
<td>21</td>
</tr>
<tr>
<td>Schraubentyp</td>
<td>Ortho Easy</td>
<td>Ortho Easy</td>
<td>Ortho Easy</td>
</tr>
<tr>
<td>Schraubenlänge</td>
<td>L=8mm</td>
<td>L=6mm</td>
<td>L=8mm</td>
</tr>
<tr>
<td>Schraubendurchmesser</td>
<td>Ø=1,7mm</td>
<td>Ø=1,7mm</td>
<td>Ø=1,7mm</td>
</tr>
<tr>
<td>Trauma</td>
<td>Ja</td>
<td>nein</td>
<td>nein</td>
</tr>
<tr>
<td>Röntg. sichtbare Wurzelverletzung</td>
<td>Nein</td>
<td>nein</td>
<td>nein</td>
</tr>
<tr>
<td>Narben</td>
<td>Ja</td>
<td>ja</td>
<td>ja</td>
</tr>
<tr>
<td>Lockerungsgrade</td>
<td>0</td>
<td>0</td>
<td>0</td>
</tr>
</tbody>
</table>

Tab. 3: Eigenschaften der Behandlungsfälle mit aufgetretenem Sensibilitätsverlust
Die Tabelle zeigt die Patienten mit dokumentiertem Sensibilitätsverlust nach Minischraubeninsertion.


![Fernröntgenseitenbild](image)

Abb. 16: FRS, Patient mit Sensibilitätsverlust an Zahn 22 nach Minischraubeninsertion
Studiendesign
Das Diagramm soll an dieser Stelle den zeitlichen und inhaltlichen Studienablauf nochmals verdeutlichen und zusammenfassen. Beginnend mit einer Patientenliste von 382 Patienten und der anschließenden Selektion. Es folgen aufgeschlüsselt in die Untersuchungszeitpunkte T0 / T1 und T2 das inhaltliche Vorgehen zum Zusammentragen der Fakten für diese Studie.
Diskussion

In der anfangs formulierten Nullhypothese heißt es, dass es das Ziel dieser Longitudinalstudie sei nachzuweisen, dass die Insertion von Minischrauben im anterioren Gaumen keine Auswirkung auf die Sensibilität und Vitalität der oberen 6 Frontzähne haben.


Neben der Kältetestung ist die Wärmetestung möglich. Warmes Guttapercha direkt auf den Zahn appliziert [29], sowie der Einsatz (mittels Flamme oder elektrischer Quelle) erhitzer Instrumente, sind in der Literatur dokumentiert [49].

Zusätzlich zu den thermalen Methoden ist die Sensibilitätsprüfung durch EPT (electric pulp testing) möglich [50]. Hier wird mittels Elektrostimulation ein Aktionspotential erzeugt, welches vom Patienten, akzessorisch zu seiner persönlichen Reizschwelle, registriert wird [51].

Untersucht wurden allerdings nur Sensibilitäten und nicht die Vitalität der Zähne 13 bis 23. Die Sensibilitätsbestestung erfolgte lediglich mittels Kältetestung (Omnident Kältespray 200ml (REF Nr. 75816, Omnident Dental-Handelsgesellschaft mbH Rodgau/Nieder-Roden) und Omnident Schaumstoffpellets Ø 5mm (REF Nr. 56689)) und nicht mittels anderer Verfahren.


Was gegen eine Vitalität bei eingetretenem Sensibilitätsverlust der 3 aufgetretenen Sensibilitätsverluste sprach, war das Auftreten von apikalen Symptomen, welche in allen 3 Fällen zur Therapie durch Wurzelkanalbehandlung führten [54]. Bei noch angeschlossenem Gefäßnetz wären keine Symptome, bis auf den Verlust sensibler Reaktion, aufgetreten.
Im zeitlichen Zusammenhang erscheinen Traumata hier als Ursache für einen Vitalitätsverlust unwahrscheinlich. Ein Patient mit Vitalitätsverlust berichtete von einem Trauma in der Kindheit. Da aus der Traumatologie bekannt ist, dass auch viele Jahre nach dentalen Traumata Vitalitätsverluste auftreten können [55, 56], muss dieser Umstand zumindest mit in Betracht gezogen werden. Die zeitliche Nähe zwischen Pininsertion und Therapie des Zahnes durch Wurzelkanalbehandlung, sowie die vorherige Symptomlosigkeit und der bereits oben erwähnte große zeitliche Abstand zum Traumata lässt die Eventualität dieses Umstands jedoch gering erscheinen.

Parodontale Schädigungen wurden mittels parodontaler Parameter (Sondierungstiefen- und Attachmentverlust-Messungen) untersucht. Alle erhobenen Werte bezüglich Sondierungstiefen, Attachmentverlusten und Lockerungsgraden waren bis auf einige wenige Stellen, die eindeutig auf schlechte Mundhygiene zurückzuführen waren (lokale Plaqueakkumulation), im physiologischen Bereich.

Orale Nachuntersuchungen und röntgenologische Auswertungen schlossen auch kariöse Läsionen als mögliche Ursache für einen Vitalitätsverlust aus.


Um dies zu verstehen, bejahen oder verneinen zu können, müssen die arteriellen Gefäßverläufe erörtert werden.

Arteriell werden die Oberkiefer-Frontzähne durch die Arteria alveolaris superior anterior versorgt, als Ast der Arteria infraorbitalis [57]. Von der A. alveolaris superior anterior gehen dann wiederum Rr. dentalis und Rr. peridentalis ab [58]. Die Abzweigungen der arteriellen Äste während des Verlaufs im Canalis infraorbitalis vorsorgen die Oberkiefer Frontzähne. Eine Verletzung dieser Gefäße und damit einer Devitalisierung sollte aufgrund anatomischer Gegebenheiten nur durch eine Insertion der Minischrauben in einer zu weit anterior gelegenen Gaumenfaltenpaarung in Kombination mit einer Anteinklination der oberen Front möglich sein. Ein Steilstand der oberen Front scheint allerdings bei genauerer Betrachtung als Ursächlichkeit für einen Vitalitätsverlust nicht wahrscheinlich.

Eine durchgeführte röntgenologische Schlussauswertung diente zum radiologischen Ausschluss einer durch die inserierten Minischrauben verursachten Wurzelverletzung.

Bei keinem der 319 Patienten, also auch bei keinem der 3 Patienten mit Sensibilitätsverlust, war eine Verletzung der Zahnharzsubstanz nach Minischraubeninsertion erkennbar. Allerdings muss man hier berücksichtigen, dass die durchgeführten Röntgenaufnahmen lediglich zweidimensionale Orthopantomogramme und zweidimensionale Fernröntgenseitenbilder waren.

Bei einem Patient ist unmittelbar nach Pininsertion und Vitalitätsverlust an Zahn 22 ein FRS vorhanden, was in dem zweidimensionalen Bild einen Kontakt mit der Zahnharzsubstanz an Zahn 22 ausschließt. Allerdings schließt ein Röntgenbild keine Verletzung der apikalen Gefäß-Nerven-Straße aus (unzureichende Weichgewebsdarstellung [59] und die geringe Vergrößerung [60]).

Zwei der 3 Patienten mit Vitalitätsverlust waren bei der Pininsertion erst elf beziehungsweise zwölf Jahre alt. Posteruptiv endet das Wurzelwachstum bei permanenten Zähnen 3-4 Jahre nachdem der Zahn durchgebrochen ist [61].

Schopf definierte fünf Entwicklungsstufen. Stufe 1 endet mit der vollständigen Mineralisation der Zahnkrone. Stufe 2 ist definiert als Mineralisation von 1/3 der zu


Bezogen auf Narbenbildungen ist aus der Dermatologie bekannt, dass Narben den Endzustand einer Wundheilung darstellen. Das ursprüngliche Gewebe wird hier also durch Fibrose in ein nur dem Wundverschluss dienliches Ersatzgewebe überführt [65]. Primäre Wundheilung (sanatio per primam intentionem [66]) endet fast immer in
einem narbenfreien Zustand, während sekundäre Wundheilung (sanatio per secundam intentionem [66]) meist in einer Narbenbildung endet [67]. Kriterien zu finden, die eine Narbenbildung sicher ausschließen oder vorhersagbar machen, waren nicht zu belegen. Aufgetretene Narben waren aufgrund der anamnestischen Befragung eindeutig nicht auf periapikale Eingriffe zurückzuführen.

Zur stabilen Einbringung von Minischrauben ist als wichtiger Parameter das Knochenangebot mit entscheidend [68]. Nach computertomografischen Studien liegt es im Bereich des anterioren Gaumens durchschnittlich bei > 8,5 mm vertikaler Knochenhöhe [69].


Trotz der Insertion in diesem scheinbar sicheren Bereich erlitten 3 Patienten einen Sensibilitätsverlust. Dies entspricht auf diese gering nachuntersuchte Patientenzahl einer Komplikationsrate von 7,7% und auf die Anzahl der Zähne (39 Patienten mit insgesamt 227 Zähnen, 5 fehlenden Zähnen und 2 Implantaten) immer noch eine prozentuale Misserfolgsrate bei negativen Vitalitätsproben von 1,3%.

Aus dem pharmakologischen Repertoire an Definitionen, die Nebenwirkungen beschreiben, sind Begriffe wie „sehr häufig“, „häufig“, „gelegentlich“ und „selten“ usw. bekannt. Sehr häufig bedeutet >10%, häufig <10%, gelegentlich 1-0,1% und selten 0,1-0,01% [74]. Das bedeutet auf die nachuntersuchten Patienten einen Sensibilitätsverlust im Bereich von „häufig“, auf die Zähne herunterge-rechnet zwar im unteren Bereich mit 1,3 %, aber immer noch häufig, allerdings sollte hier das geringe Studienkollektiv sicher mit berücksichtigt werden, und man muss an dieser Stelle gegebenenfalls relativierend intervenieren. Da sich bis auf 3 Patienten alle 319 Patienten während den Nachuntersuchungen in der Retentionsphase unauffällig verhielten, muss hier von einer deutlich geringeren Komplikationsrate ausgegangen werden, die sicherlich beinahe im Promille-Bereich anzusiedeln ist. Allerdings bleibt es an dieser Stelle bei reiner Spekulation.

Ungeachtet des direkten Wurzelkontakts oder Verletzung der apikalen Gefäß-Nervenstraße, wäre es prinzipiell denkbar, dass zytotoxische Bestandteile, welche aus den Minischrauben freigesetzt worden sein könnten, zum Sensibilitätsverlust der betroffenen Zähne geführt haben könnten.

Die Ergebnisse einer Studie hierzu lassen diesen Umstand aber eher als unwahrscheinlich erscheinen. Hier wurden verschiedene Minischrauben bezüglich ihrer Biokompatibilität untersucht. Die Schrauben zeigten nach 72-stündiger Inkubationszeit in humanen Zellkulturen minimale Herabsetzungen der Zellvitalität, die aber aufgrund ihres geringen Ausmaßes nicht als relevant angesehen werden können. Die Studienergebnisse lassen Unterschiede in der Biokompatibilität kieferorthopädischer Minischrauben vermuten, doch aufgrund der sehr geringen Abweichungen zu den Negativkontrollen war keines der getesteten Produkte als zytotoxisch zu bezeichnen [75].

Um einen Misserfolg gegebenenfalls einem System zuzuschreiben zu können, wurden die verschiedenen Schraubensysteme prozentual erfasst. Das am häufigsten verwendete System war der OrthoEasy® Pin (Forestadent, Pforzheim).

Dieses orthodontische Implantatsystem besitzt einen länglichen Körper mit Gewinde zur Verankerung im Kieferknochen und einen zweiten Abschnitt, der aus dem Kieferknochen herausragt [80]. Da es mit fast 95% Anteil der verwendeten Systeme zur Anwendung kam, war es nicht unerwartet, dass alle negativen Ausgänge auch durch dieses System hervorgerufen wurden, ohne dass es in einem erhöhten Maß gegenüber anderen Systemen hierfür verantwortlich sein muss.

Die Zytotoxizität des Systems und direkte Verletzung (Abschluss Röntgen-Auswertung) erscheinen also bereits als Ursachen für einen Vitalitätsverlust unwahrscheinlich, aber auf Grund des bereits oben erwähnten 2D-Röntgens sicher nicht gänzlich ausschließbar. Die Tatsache, dass ein Vitalitätsverlust bei einer Pin-Länge von 6mm resultierte, macht auch die Schraubenlänge als Parameter für die Devitalisation allein unwahrscheinlich. Bei der Minischraubenlänge wird von den Herstellern gefordert, dass der Abschnitt der Minischraube, der sich im Knochen befindet, mindestens so groß sein muss wie der Teil, der sich außerhalb befindet (Verhältnis des enossalen Anteils zu extraossärem Anteil 1:1). Aufgrund der mindestgeforderten äquivalenten Längen ergibt sich hieraus die Länge der Minischraube [46] (durchschnittliche Schraubenlänge von 7,93 mm im gesamten Patientenkollektiv). Die Länge scheint jedoch nicht allein ausschlaggebend für einen
Vitalitätsverlust zu sein, da auch bei 6 mm Minischraubenlänge (kürzest verwendete Länge) eine Devitalisation stattfand.

Der Schraubendurchmesser, bei allen negativen Vitalitätsproben gleich, verursachte bei allen anderen Patienten keinen negativen Ausgang und scheint deshalb auch nicht explizit zu einem Vitalitätsverlust beizutragen (durchschnittliche Schraubendurchmesser von 1,71 mm im gesamten Patientenkollektiv).

Er et al. [81] berichteten über eine durchgeführte Wurzelkanalbehandlung nach periradikulärer Läsion, verursacht durch unbeabsichtigte Wurzelverletzung aufgrund einer Minischraube, die im anterioren Gaumen inseriert wurde. In dem beschriebenen Fall wurde die Minischraube zwischen lateralem Schneidezahn und Eckzahn inseriert (Schraubenlänge 10 mm). Symptome traten in diesem Fall allerdings früh, nach 2,5 Monaten, auf. Bei den betroffenen Patienten unserer Studie traten die Symptome im Gegensatz relativ spät, das heißt in der Retentionsphase, auf.

Fraglich ist, ob eine sicherere Insertion von Pins mit Bohrschablonen im Bereich des dritten Gaumenfaltenpaaars hätte erreicht werden können. Eine Bohrschablone optimiert die Stelle der Implantatinsertion, den Winkel der Implantatposition in anterior-posteriorer Richtung und die Insertionstiefe [82]. Weiterhin minimiert sie das Risiko von Wurzelverletzungen und hilft dem Behandler die radiologischen Informationen der präoperativen Planung auf den Patienten zu übertragen [83]. Hätten also durch die Verwendung von Bohrschablonen Devitalisierungen vermieden werden können?

Die Frage muss an dieser Stelle offen bleiben, da eine Referenzstudie hierzu nicht vorliegt. Was eine Bohrschablone allerdings leistet, ist bei allen Insertionen auch ohne diese gelungen, nämlich das Nichtbeschädigen anatomisch, röntgenologisch sichtbarer Strukturen (im 2D-Röntgenbild).

Insgesamt ist festzuhalten, dass unsere Studie erstmals den Zusammenhang des Verlustes sensibler Reaktionsfähigkeit eines Zahnes, respektive Vitalitätsverlust, verursacht durch Minischrauben, evaluiert hat.
Aufgrund der hier gewählten Untersuchungsperiode konnten Latenzzeiten in der Entwicklung endodontischer Komplikationen berücksichtigt werden. Dennoch muss man annehmen, dass weitere Studien mit verfeinerten Studiendesigns auf diesem Gebiet nötig sind.

**Schlussfolgerung**

Eine Frage, die an dieser Stelle leider unbeantwortet bleibt, ist die nach absoluter Sicherheit bei der Insertion von compliance-unabhängiger Verankerungsmöglichkeiten (durch Minischrauben) in der Kieferorthopädie.

- Auch wenn sich radiografisch ein Zusammenhang zwischen Sensibilitätsverlust, respektive Vitalitätsverlust, durch direkte Wurzelperforation durch die Minischrauben nicht zweifelsfrei belegen ließ, konnte die Insertionsposition der Minischrauben – unabhängig davon, ob im Wechsel- oder permanenten Gebiss behandelt wurde – als statistisch relevanter Faktor identifiziert werden.
- Die Inklination der oberen Schneidezähne schien keinen ungünstigen Einfluss zu haben.
- Bei allen drei betroffenen Patienten wurden die Minischrauben im Bereich des zweiten Gaumenfaltenpaares inseriert. Es kann daher angenommen werden, dass eine mehr posteriore Position zu bevorzugen ist.


81. Er, K., M. Bayram, and T. Tasdemir, *Root canal treatment of a periradicular lesion caused by unintentional root damage after*


Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Insertionsrichtung der Minischraube Abbildung mit freundlicher Genehmigung Prof. Dr. med. dent. Sebastian Baumgärtel, D.M.D., M.S.D. FRCD (C), Cleveland, Ohio, USA

Abb. 2: Schematische Darstellung des IOK/NL-Winkels

Abb. 3: Histogramm zur Häufigkeit der aufgetretenen IOK/NL[^°]

Abb. 4: Prozentuale Verteilung der Insertionsorte der Minischrauben

Abb. 5: Prozentuale Verteilung der verwendeten Minischrauben

Abb. 6: Häufigkeit der verwendeten Apparaturen in absoluten Zahlen

Abb. 7: Darstellung des Antwortverhaltens auf das postalische Anschreiben

Abb. 8: Sensibilitätsproben an Zahn 13

Abb. 9: Sensibilitätsproben an Zahn 12

Abb. 10: Sensibilitätsproben an Zahn 21

Abb. 11: Sensibilitätsproben an Zahn 22

Abb. 12: Übersichtsgrafik Sondierungstiefen

Abb. 13: Prozentuale Häufigkeit von Traumata

Abb. 14: Prozentuale Häufigkeit von Narbenbildungen

Abb. 15: OPG -Schlussauswertung bzgl. Röntgenologisch sichtbarer Wurzelverletzung und / oder resorptiver Geschehen

Abb. 16: FRS, Patient mit Sensibilitätsverlust an Zahn 22 nach Minischraubeninsertion
Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Häufigkeit der verwendeten Apparaturen in absoluten Zahlen

Tab. 2: Prozentuale Verteilung und Anzahl der behandelten Fälle bezüglich des Abschluss Orthopantomogramms

Tab. 3: Eigenschaften der Behandlungsfälle mit aufgetretenem Sensibilitätsverlust
Publikation und Dank

Publikation


Danksagung

Besonderer Dank gilt Dr. Björn Ludwig und Dr. Jan Hourfar, die mich bei dieser Arbeit betreuten, sowie der gesamten Praxis Dr. Ludwig und Dr. Glasl, welche mir das Studienkollektiv zur Verfügung stellten und mich tatkräftig bei Recherchearbeiten mit Raum und Zeit unterstützten.

Ebenso danken möchte ich den Patienten, die sich zur Nachuntersuchung zur Verfügung stellten.

Weiterhin danke ich Prof. Dr. Jörg Lisson für die finale Unterstützung.

Weiterer Dank gilt Prof. Dr. Sebastian Baumgärtel (Cleveland, Ohio, USA) für die Zurverfügungstellung der Abb. 3: Insertionsrichtung der Minischraube.