

Surian Herrmann, Sophie Melissa Werner, Gabriel Krastl, Dirk Nolte

# Update S2k-Leitlinie „Therapie des dentalen Traumas bleibender Zähne“

## Aktuelle evidenzbasierte Empfehlungen

**Indizes:** Adhäsivbrücke, autogene Zahntransplantation, Avulsion, dentales Trauma, Dislokation, Intrusion, kieferorthopädischer Lückenschluss, Kronenfraktur, Leitlinie, Wurzelfraktur

In dem im Oktober 2022 veröffentlichten Update der S2k-Leitlinie „Therapie des dentalen Traumas bleibender Zähne“ (AWMF-Reg.-Nr. 083-004) wurde ein breit konsentierter, evidenzbasierter Rahmen geschaffen, innerhalb dessen die Diagnostik sowie die Primär- und die Sekundärtherapie einschließlich Management von Komplikationen beschrieben werden. In der neuen Fassung wurden sämtliche Kapitel hinsichtlich der aktuellen Evidenzlage geprüft, Therapieoptionen neu aufgelegt und zahlreiche Empfehlungen indikationsbezogen aktualisiert. Dabei wurde die Nomenklatur in Bezug auf die internationale Terminologie definiert, neue Punkte hinsichtlich der Risikofaktoren und der Prävention wurden erfasst und das Glossar zu Heilungsvorgängen und Heilungsstörungen wurde aktualisiert. Darüber hinaus wurde die Empfehlung zur Vorgehensweise bei Kronenfrakturen mit Pulpabeteiligung, bei Pulpanekrose an Zähnen mit nicht abgeschlossenem Wurzelwachstum, bei Kronen-Wurzel-Frakturen und bei Intrusionsverletzungen angepasst. Hinzu kamen neue Empfehlungen bezüglich der Behandlung von posttraumatischer Ankylose und Zahnverlust der traumatisierten permanenten Dentition.

## 1. EINFÜHRUNG

Seit der ersten internationalen Veröffentlichung einer Leitlinie für das dentale Trauma 2001 durch die IADT (International Association of Dental Traumatology) ist der Kenntnisstand über die biologischen Prozesse beim Zahntrauma stetig gewachsen. Die Evidenz aus neueren Studien hat zu einer kontinuierlichen Anpassung der Empfehlungen beigetragen. Behandlungsziel ist die Gewährleistung einer bestmöglichen

und zeitnahen Versorgung dentaler Traumata, um Folgeschäden und Komplikationen zu minimieren und einen langfristigen Zahnerhalt zu ermöglichen. Sollte der Zahnerhalt nicht möglich sein, sollte der behandelnde Zahnarzt in die Lage versetzt werden, über die möglichen Therapieoptionen bei noch vorhandenem Wachstum (Jugendliche und Kinder) aufklären zu können.

Generell ist zu bemerken, dass die Evidenz aus klinischen Studien zum Versorgungsaspekt Zahntrauma niedrig bis sehr niedrig ist. Aus diesem Grund sind die von der Leitliniengruppe formulierten Therapieempfehlungen als Behandlungsvorschläge zu verstehen, deren Nutzen es in weiteren Studien zu überprüfen gilt. Die Klassifikation der einzelnen Zahnverletzungen ist zur besseren Übersicht in Tab. 1 dargestellt.

Eine aktuelle Metaanalyse aus Publikationen von 1996 bis 2016 zur Verbreitung des dentalen Traumas berichtet, dass weltweit eine Milliarde Menschen ein Zahntrauma erlitten haben<sup>60</sup>. Damit ist das Zahntrauma die fünfthäufigste Erkrankung weltweit<sup>60,2</sup>. In Deutschland wird über eine Prävalenz des dentalen Traumas von 6 bis 38 % im Kindes- und Jugendalter berichtet<sup>14,48,50</sup>. So kommen Dislokationsverletzungen der Zähne bevorzugt im Milchgebiss vor, während Kronenfrakturen bevor-

### Autoren der Leitlinie (in alphabetischer Reihenfolge):

Dr. Jörg Beck, Dr. Romy Brodt, Prof. Dr. Henrik Dommisch, Prof. Dr. Kurt Ebeleseder, Dr. Benedikt Eggers, Dr. Jacqueline Esch, Dr. Michael Frank, Prof. Dr. Kerstin Galler, Prof. Dr. Christian R. Gernhardt, Dr. Surian Herrmann (*Korrespondierender Autor des Artikels*), Prof. Dr. Paul-Georg Jost-Brinkmann, Prof. Dr. Norbert Krämer, Prof. Dr. Gabriel Krastl, Dr. Stefan Liepe, Prof. Dr. Christopher J. Lux, Dr. Burkhard Maager, Prof. Dr. Christian Mertens, Prof. Dr. Dr. Andreas Neff, Prof. Dr. Dr. Dirk Nolte (*Leitlinienkoordinator und korrespondierender Autor des Artikels*), Dr. Pantelis Petrakakis, Prof. Dr. Dr. Hendrik Terheyden, PD Dr. Dietmar Wenig, Prof. Dr. Hans-Jürgen Wenz, ZÄ Sophie Melissa Werner, PD Dr. Matthias Widbiller, PD Dr. Thomas Wolf, Dr. Jürgen Wollner.

### Methodische Begleitung:

Prof. Dr. Ina Kopp, Dr. Silke Auras, Dr. Birgit Marré, Dr. Anke Weber



Frakturen	Dislokationsverletzungen
<p><b>Schmelzfraktur</b> Sichtbarer Riss des Zahnschmelzes ohne Substanzverlust</p> <p><b>Kronenfraktur, begrenzt auf den Schmelz</b> (= Schmelzfraktur)</p> <p><b>Kronenfraktur (Schmelz, Dentin, ohne Pulpabeteiligung)</b> (= unkomplizierte Kronenfraktur) Schmelz-Dentin-Fraktur</p> <p><b>Kronenfraktur (Schmelz, Dentin, mit Pulpabeteiligung)</b> (= komplizierte Kronenfraktur) Schmelz-Dentin-Fraktur mit Freilegung der Pulpa</p> <p><b>Kronen-Wurzel-Fraktur (mit und ohne Pulpabeteiligung)</b> Bis in die Wurzel extendierte Kronenfraktur. Mobiles Kronenfragment ist oftmals noch an der Gingiva befestigt. Eine Exposition der Pulpa ist nicht zwingend.</p> <p><b>Wurzelfraktur ohne Kommunikation zur Mundhöhle</b> Horizontale bzw. schräge Fraktur der Zahnwurzel. Oftmals erhöhte Mobilität des koronalen Fragments ggf. mit Dislokation.</p> <p><b>Wurzelfraktur mit Kommunikation zur Mundhöhle</b> Horizontale bzw. schräge Fraktur der Zahnwurzel. Oftmals erhöhte Mobilität des koronalen Fragments ggf. mit Dislokation</p> <p><b>Wurzellängsfraktur</b> Vollständiger Längsrisss mit Kommunikation zur Mundhöhle</p>	<p><b>Konkussion*</b> Keine Dislokation, keine Lockerung, lediglich Perkussionsempfindlichkeit</p> <p><b>Lockerung</b> Keine Dislokation, erhöhte Mobilität, Perkussionsempfindlichkeit, Blutung aus dem Sulkus möglich</p> <p><b>Laterale Dislokation**</b> Dislokation nach <i>oral</i>, oftmals Verkeilung in dieser Position, Aufbissstörung. Dislokation nach <i>vestibulär</i> mit oder ohne Verkeilung i. S. e. intrusiven Dislokation (Gemeinsam ist <i>beiden</i> Formen die Dislokation des Zahns mitsamt der frakturierten festhaftenden bukkalen Lamelle.)</p> <p><b>Extrusive Dislokation (Extrusion)</b> Dislokation nach <i>inzisal</i>, hochgradige Mobilität (Zahn hängt an der Pulpa und/oder an einigen dentogingivalen Fasern.)</p> <p><b>Intrusive Dislokation (Intrusion)</b> Dislokation nach apikal, Verkeilung im Alveolarknochen, Diskrepanz zwischen Gingiva und Zahnumfang, Alveole bukkal aufgetrieben, keine Perkussionsempfindlichkeit, keine Sulkusblutung, metallischer Perkussionsschall</p> <p><b>Avulsion</b> Komplette Herauslösung des Zahns aus seiner Alveole</p>

\* Unter Konkussion wird die Erschütterung der Pulpa verstanden, unter Kontusion die Prellung/Stauchung des Zahns/Zahnhalteapparats oder der Weichteile. Im klinischen Sprachgebrauch werden diese beiden Begriffe oftmals synonym verwendet und im Folgetext mit dem Begriff der Konkussion angegeben.  
 \*\* Der Begriff der Luxation bzw. „luxation“ ist im angloamerikanischen Schrifttum synonym mit dem Terminus „dislocation“, der deutsche Terminus Dislokation entspricht dagegen dem englischen Terminus „displacement“.

Tab. 1 Nomenklatur der Zahnverletzungen

Empfehlung	Empfehlung gegen eine Intervention	Beschreibung
soll	soll nicht	starke Empfehlung
↑↑	↓↓	
sollte	sollte nicht	Empfehlung
↑	↓	
kann erwogen werden/ kann indiziert sein	kann verzichtet werden	Empfehlung offen
↔	↔	

Tab. 2 Erklärung der Empfehlungsgrade

zugt im bleibenden Gebiss gefunden werden<sup>50,15</sup>. Ein erhöhtes Risiko für das Auftreten eines dentalen Traumas tragen Patienten mit einem vorausgegangenem Trauma<sup>47</sup>, Patienten mit weit protrudierten Oberkiefer-Frontzähnen bei zurückliegendem Unterkiefer (sog. Angle-Klasse II1)<sup>8</sup> sowie Patienten, die Kontaktsportarten betreiben.

Die Empfehlungen der Leitlinie sollen dem Behandler eine Entscheidungshilfe für eine angemessene Indikationsstellung der Primär- und Sekundärtherapie ermöglichen. Als Grundlage für das Update dieser Empfehlungen diente eine erneute systematische Literaturrecherche. Abhängig von der Evidenz gingen daraus Empfehlungen unterschiedlicher Stärke hervor (Tab. 2), die in einem Konsensusverfahren verabschiedet wurden.

## 2. PRÄVENTION UND DIAGNOSTIK

Zur Prävention **sollte** das Tragen eines Sportmundschutzes bei Kontaktsportarten empfohlen werden, da damit die Inzidenz eines Frontzahntraumas deutlich verringert werden kann<sup>25</sup>. Die Aufklärung der Eltern über das Verhalten bei einem Zahntrauma könnte ebenfalls einen Beitrag leisten und die Komplikationsrate verringern (z. B. durch Aufklärungsbögen der DGZMK). Malokklusionen erhöhen das Risiko für traumatische Zahnverletzungen<sup>8,16,58</sup>. Eine kieferorthopädische Behandlung für Kinder mit derartigen Merkmalen könnte daher hilfreich sein, um Frontzahntraumata sowie die daraus resultierenden Spätfolgen zu verhindern.

Bei der Erstuntersuchung kann der speziellen Anamnese nicht genug Bedeutung zugemessen werden. Die Angaben zu Schwere und Art des Traumas sowie die vorliegenden klinischen und röntgenologischen Befunde erlauben eine Prognose der zu erwartenden Heilungsprozesse. Darüber hinaus **soll** neben allgemein anamnestischen auch die Erfassung des Unfallhergangs zur ggf. notwendigen Vorlage bei Polizei oder Versicherung erfolgen. Bei der Erhebung der Befunde **können** die vorgefertigten Befundblätter der DGZMK/DGET genutzt werden. Das Grundprinzip „Hartgewebe vor Weichgewebe“ und „von innen nach außen“ **sollte** bei der Diagnostik beachtet werden.

Die Fotodokumentation stellt eine hilfreiche Technik dar, da sie eine Ergänzung der Befunde erlaubt und die Klassifikation der Art des Traumas erleichtern kann. Sie **sollte** vor allem aus forensischen Gründen (Haftungsgesichtspunkte) eingesetzt werden und von labial und von inzisal am Unfalltag vor der weiteren Therapie erfolgen.



**Abb. 1** Verschiedene Arten von Zahnverletzungen  
a) Unkomplizierte Kronenfraktur 21, b) Intrusion 21, c) Avulsion 11

Ein Recall zur Verlaufskontrolle **sollte** angepasst an die Art des Traumas und die klinischen sowie röntgenologischen Befunde verbindlich mit dem Patienten vereinbart werden. Für die meisten Verletzungsarten **sollten** nach der Akutbehandlung klinische Kontrollen zu den Zeitpunkten: 3 Wochen, 6 Wochen, 3 Monate, 6 Monate, 12 Monate durchgeführt werden. Ab dem zweiten Jahr **sollten** jährliche Nachkontrollen zumindest in den ersten 5 Jahren durchgeführt werden. Danach **kann** die Nachsorge im Rahmen der üblichen zahnärztlichen Betreuung individuell erfolgen.

### 3. PRIMÄRTHERAPIE ZAHNFRAKTUREN

#### 3.1 Kronenfraktur

Bei der Versorgung der Schmelzfrakturen, Kronenfrakturen (ohne Beteiligung der Pulpa, Abb. 1 a) gibt es keine signifikanten Änderungen. Eine Versiegelung unter Anwendung der Säureätzttechnik **kann** bei ausgeprägten Schmelzfrakturen sinnvoll sein. Die Sensibilität („Vitalität“) des Zahns **sollte** im Rahmen von jährlichen Nachkontrollen überprüft werden. Bei Dentinwunden besteht eine Gefahr der Infektion des Endodonts. Deshalb **soll** bei Kronenfrakturen mit freiliegendem Dentin die restaurative Therapie in erster Linie auf das optimale Abdichten der Dentinwunde ausgerichtet sein. Wenn eine definitive Versorgung nicht sofort möglich ist, **sollte** zum Schutz der Pulpa eine bakterien-dichte Abdeckung mit einem geeigneten Material (beispielsweise Dentinadhäsiv, Glasionomerzement) erfolgen<sup>17,32</sup>.

Bei geringer Restdentinstärke (>0,3–0,5 mm) **kann** die Applikation einer Schutzschicht mittels biokompatibler Materialien wie kalziumhydroxidhaltiger Zemente oder hydraulischer

Kalziumsilikatzemente (z. B. Mineraltrioxidaggregat) im Sinne einer indirekten Überkappung erfolgen<sup>17</sup>.

Bei der komplizierten Kronenfraktur (mit Beteiligung der Pulpa) kam es zu einer Änderung der Empfehlungen. Bei der direkten Überkappung von kleinflächigen Eröffnungen **kann** innerhalb der ersten Stunden nach Trauma die Pulpawunde unabhängig vom Stadium

der Wurzelentwicklung direkt überkappt werden. Die Erfolgssicherheit wird in diesen Fällen mit 43–90 % angegeben<sup>44</sup>.

Als bevorzugte Therapieoption **sollte** jedoch die partielle Pulpotomie durchgeführt werden<sup>45</sup>. Dabei wird die Kronenpulpa von der exponierten Stelle ausgehend um 2 mm reduziert, um potenziell entzündete und irreversibel geschädigte Pulpaanteile zu entfernen<sup>45,29</sup>. Die Erfolgssicherheit ist mit über 90 % unabhängig von der Größe der Freilegung und dem Zustand des Wurzelwachstums<sup>45,10,19</sup> sehr groß und wird auch durch eine zeitliche Verzögerung von mehreren Tagen nicht maßgeblich beeinflusst.

Ergeben sich intraoperativ Hinweise, dass die Pulpa im Zuge der partiellen Pulpotomie nicht bis auf ein gesundes Level reduziert werden konnte (anhaltende Blutung länger als 5 Minuten), **kann** eine vollständige Pulpotomie (Vitalamputation), also die Entfernung der gesamten Kronenpulpa, als letzte Möglichkeit zur Vitalerhaltung erwo-gen werden.

Bei begleitender Dislokationsverletzung ist die Durchblutung der Pulpa eingeschränkt oder komplett unterbunden und damit das Risiko des Misserfolgs vitalerhaltender Maßnahmen insbesondere nach Abschluss des Wurzelwachstums signifikant erhöht<sup>11</sup>. In solchen Fällen **sollte** die Pulpektomie durchgeführt werden, ebenso bei umfangreichem Hartschubstanzverlust der Zahnkrone, wenn die definitive Restauration zusätzlich mit einem Stift adhäsiv im Wurzelkanal verankert werden muss<sup>45</sup>.

Liegt eine Pulpanekrose vor bzw. wird diese bei den entsprechenden Nachuntersuchungen festgestellt, richtet sich die Art der Sekundärbehandlung nach dem Stadium des Wurzelwachstums. Bei abgeschlossenem oder weitgehend abgeschlossenem Wurzelwachstum **sollte** die konventionelle Wurzelkanalbehandlung und -füllung durchgeführt werden.

Bei Zähnen mit nicht abgeschlossenem Wurzelwachstum und Pulpanekrose gibt es verschiedene weiterführende Therapieverfahren, die sich an die endodontische Notfallbehandlung (Trepanation mit medikamentöser Wurzelkanaleinlage) anschließen und nun in aktualisierter Form vorliegen.

### 1. Apikaler Verschluss durch Langzeiteinlage mit Kalziumhydroxid (Apexifikation)

Die Apexifikation ist eine seit Jahrzehnten etablierte Methode im Rahmen der Wurzelkanalbehandlung von Zähnen mit offenem Apex. Trotz großer klinischer Erfolge in Bezug auf eine periapikale Heilung gibt es Nachteile im Zusammenhang mit dieser Methode. Besonders problematisch ist das hohe Risiko für zervikale Wurzelfrakturen, das abhängig vom Stadium der Wurzelentwicklung zwischen 28 % und 77 % liegt<sup>20</sup>. Dies ist zum einen auf den negativen Einfluss der Langzeiteinlage auf die mechanischen Dentineigenschaften, zum anderen auf die Dauer von in der Regel 6 bis 18 Monaten bis zur definitiven Wurzelkanalfüllung zurückzuführen, während der die dünnen Dentinwände im zervikalen Bereich nicht adhäsiv stabilisiert werden können.

Vor diesem Hintergrund **kann** die Apexifikation mit Kalziumhydroxid zwar zur Behandlung von Zähnen mit offenem Apex durchgeführt werden. Es **sollten** jedoch die Vor- und Nachteile gegeneinander abgewogen werden<sup>13, 34</sup>.

### 2. Apikaler Verschluss mit hydraulischem Kalziumsilikat-zement (MTA-Plug)

Bei Zähnen mit apikalem Durchmesser >0,4 mm wird nach Desinfektion des Kanalsystems ein biokompatibler hydraulischer Kalziumsilikat-zement (z. B. MTA) in einer Schichtstärke von mindestens 4 mm in direktem Kontakt mit den periapikalen Geweben eingebracht; das Restlumen kann mit Guttapercha gefüllt und der Zahn adhäsiv verschlossen werden<sup>52</sup>. Die Erfolgsquoten für den apikalen Verschluss mit MTA liegen nach 4–8 Jahren bei über 90 %<sup>53, 63</sup>. Der Nachteil des MTA-Plugs besteht in der erschwerten Reversibilität (Entfernbarkeit) im Fall einer notwendigen endodontischen Revision. Die Applikation ist im Vergleich zur Apexifikation schwieriger und erfordert Elektivbedingungen mit optischen Vergrößerungshilfen bei kooperativen Kindern. Der Preis des Materials liegt im Vergleich zur Alternative von Kalziumhydroxid um mehrere Größenordnungen höher.

### 3. Revitalisierung oder regenerative endodontische Therapie

Nach Desinfektion des Kanalsystems wird durch mechanische Provokation der apikalen Gewebe eine Einblutung in den Kanal erzeugt. Das Blutkoagel wird mittels hydraulischen Kalziumsilikat-zements abgedeckt und der Zugang bakteriendicht verschlossen. Nach Reorganisation des Koagels kann es zur Gewebeneubildung im Kanal kommen, die eine Apposition von Hartgewebe ermöglicht und somit zur Stärkung fragiler Wurzelwände beitragen kann<sup>30</sup>. Die Erfolgsquoten nach Revitalisierung hinsichtlich der Ausheilung periapikaler Entzündungen entsprechen denjenigen nach apikalem Verschluss<sup>68</sup>. Darüber hinaus ist ein Fortschritt des Wurzelwachstums in seiner Länge und Dicke möglich, aber nicht sicher vorhersagbar<sup>39</sup>.

Die Therapieentscheidung **sollte** individuell getroffen werden, wobei bei frühen Stadien der Wurzelentwicklung der Revitalisierung als wenig invasives Verfahren mit Potenzial zur weiteren Wurzelentwicklung der Vorzug gegeben werden sollte. Ggf. sollte bei der Therapieentscheidung oder auch Durchführung von Maßnahmen, die ein Mikroskop erfordern, ein Endodontologe miteinbezogen werden, sollte diese Möglichkeit in der Praxis nicht gegeben sein.

## 3.2 Kronen-Wurzel-Fraktur

Als einfache und zeitsparende Option zur Primärversorgung bietet sich das adhäsive Befestigen des gelockerten Fragments in der meist zugänglichen labialen Region an (ggf. unter Verwendung einer Traumaschiene) ohne vorherige Entfernung frakturierter Fragmente und ohne Beurteilung des Frakturverlaufs<sup>41</sup>. Dieses Vorgehen sorgt in der Mehrzahl der Fälle für Beschwerdefreiheit und befreit alle Beteiligten vom Zeitdruck, um in Ruhe den sinnvollsten Ansatz zur restaurativen Versorgung zu wählen. Bei der definitiven Restauration ist die biologische Breite zu berücksichtigen<sup>64</sup> und bei geplanter Überkronung eine ausreichende zervikale Umfassung des Defekts (ferrule design) gewährleisten<sup>55, 65</sup>.

Erscheint der Zahnerhalt möglich, stehen dazu verschiedene Behandlungsalternativen zur Verfügung, die maßgeblich davon abhängen, ob die Defektlokalisierung eine suffiziente restaurative Versorgung zulässt bzw. mit welchen Mitteln diese erreicht werden kann<sup>42</sup>. Während nach derzeitigem Stand keinem der genannten Verfahren in Bezug auf Langzeitergebnisse der Vorzug gegeben werden kann, gibt es indikationsspezifische Unterschiede.

#### 1. Adhäsive Fragmentbefestigung

Das bei Kronen-Wurzel-Frakturen meist vorhandene koronale Fragment **kann** adhäsiv befestigt werden, sofern durch Elektrotomie oder Aufklappung suffiziente Bedingungen für adhäsive Maßnahmen geschaffen werden können. Klinische Studien zeigen sehr gute Ergebnisse innerhalb der ersten 2 Jahre<sup>24</sup>, aber auch erhöhte Komplikationsraten und einen negativen Einfluss auf die parodontale Gesundheit der versorgten Zähne nach einem Beobachtungszeitraum von 8 Jahren<sup>66</sup>.

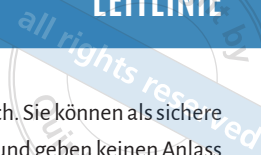
#### 2. Restaurative Versorgung der zugänglichen supragingivalen Bereiche

In Einzelfällen (steiler Frakturverlauf) **kann** bei Kronen-Wurzel-Frakturen als Kompromiss auf eine komplette Fassung der ursprünglichen Defektgrenzen durch die Restauration verzichtet werden mit dem Ziel, invasivere Therapieoptionen zu vermeiden<sup>45</sup>.

#### 3. Restaurative Versorgung nach chirurgischer Kronenverlängerung

In ästhetisch nicht relevanten Bereichen (z. B. palatal in der Oberkieferfront) **kann** der Defekt durch eine gezielte chirurgische Kronenverlängerung für die nachfolgende Restauration zugänglich gemacht und





gleichzeitig die biologische Breite wiederhergestellt werden. Aufgrund der notwendigen Ostektomie handelt es sich bei der chirurgischen Kronenverlängerung um das invasivste Verfahren zur restaurativen Versorgung tief frakturierter Zähne. Als weitere Nachteile werden Rezidive<sup>61</sup> sowie eine mögliche Beeinträchtigung der Ästhetik am traumatisierten Zahn sowie an den Nachbarzähnen<sup>56</sup> beschrieben.

**4. Restaurative Versorgung nach Extrusion der Wurzel (kieferorthopädisch oder chirurgisch)**

Bei infraaleolären Defektanteilen bietet sich die Extrusion der verbliebenen Wurzel an. Diese kann entweder kieferorthopädisch oder chirurgisch im Sinne einer intraaleolären Transplantation erfolgen. Die ästhetische Rehabilitation schließt – in Abhängigkeit von der verbliebenen Restzahnschubstanz – alle Möglichkeiten der restaurativen Versorgung vom Kompositaufbau bis zur Überkronung mit ein.

**5. Extraktion**

Bei sehr weit nach apikal reichenden Kronen-Wurzel-Frakturen und/oder zusätzlichen Frakturen im Wurzelbereich, bei denen die oben aufgeführten Therapieoptionen nicht erfolversprechend erscheinen, **sollte** der Zahn extrahiert und eine in Abhängigkeit vom Patientenalter geeignete Art der Lückenversorgung gewählt werden (Tab. 4).

**3.3 Wurzelfraktur**

Die primäre Therapie einer Wurzelquerfraktur hängt von der Lage des Frakturspalts in Relation zum gingivalen Sulkus (Kommunikation zur Mundhöhle) ab. Bei Wurzelfraktur ohne Kommunikation zur Mundhöhle **sollte** die Schienungszeit 4 Wochen betragen und **kann** auf bis zu 12 Wochen in Abhängigkeit vom Schweregrad der Dislokation und vom Frakturlinienverlauf verlängert werden<sup>22</sup> (Tab. 3). Mit nahezu 80% ist die Prognose der Erhaltung von Zähnen mit intraaleolärer Wurzelfraktur günstig<sup>2,5,6</sup>.

Dislokationsverletzung	Empfohlene Schienung
Konkussion	ca. 1–2 Wochen (flexibel)
Lockerung	ca. 1–2 Wochen (flexibel)
Extrusion	ca. 1–2 Wochen (flexibel)
Laterale Dislokation	2–4 Wochen (flexibel)
Intrusion	2–4 Wochen (flexibel)
Avulsion	1–3 Wochen (flexibel)
Wurzelfraktur	ca. 4 Wochen (bei zervikalen Frakturen und ausgeprägter Lockerung: Extension der Schienungszeit auf bis zu 12 Wochen (flexibel) oder Dauerschienung mittels Retainer)
Alveolarfortsatzfraktur	4–6 Wochen (rigide)

**Tab. 3** Schienungszeiten nach Zahntrauma

Das Auftreten von Obliterationen ist möglich. Sie können als sichere Zeichen pulpaler Vitalität interpretiert werden und geben keinen Anlass zur Wurzelkanalbehandlung des betroffenen Zahns<sup>9</sup>. Bei negativem Sensibilitätstest und klinisch und röntgenologisch sicheren Hinweisen auf vom infizierten Endodont ausgehende Veränderungen wie laterale Aufhellungen im Bereich des Frakturspalts und zunehmende Diastase<sup>35</sup>, anhaltende Lockerung des koronalen Fragments, deutlicher Perkussionschmerz und verbreiteter Frakturspalt im Röntgenbild **sollte** eine auf das koronale Fragment beschränkte Wurzelkanalbehandlung erfolgen.

**3.4 Alveolarfortsatzfraktur**

Bei einer Alveolarfortsatzfraktur sollte eine zeitnahe manuelle Reposition des dislozierten zahntragenden Kieferabschnitts erfolgen, sodass keine Stufenbildung mehr nachweisbar ist. Anschließend sollte eine Immobilisation des betroffenen Kieferabschnitts für ca. 4 bis 6 Wochen über eine rigide Schienung der Zähne stattfinden. Diese soll durch eine zahngetragene Draht-Kunststoff-Schiene durchgeführt werden. Ist auf dem Weg der geschlossenen manuellen Reposition keine zufriedenstellende okklusale Relation wiederherzustellen und durch die Schienung keine ausreichende Stabilität der Fragmente zu erreichen, sollte die Darstellung der Fraktur mit offener Reposition und ggf. Fixation durch Mikroplattenosteosynthese erfolgen<sup>37</sup>.

**4. PRIMÄRE DISLOKATIONSVERLETZUNGEN**

Zahnlockerungen und Dislokationsverletzungen treten in unterschiedlichem Ausmaß auf und schädigen primär das Parodont. Je nach Schweregrad der Verletzung sind auch das Endodont, der Alveolarknochen sowie die Gingiva betroffen.

Die Sofortmaßnahmen (Reposition und Schienung) zielen auf die Stabilisierung der betroffenen Zähne in ihrer ursprüngliche Position ab, wodurch eine Heilung von Pulpa und parodontalen Strukturen ermöglicht wird<sup>38</sup>.

Während früher die rigide Schienung auch nach Zahntrauma noch Anwendung fand, besteht mittlerweile Konsensus darüber, dass mittels flexibler Schienung eine physiologische Zahnbeweglichkeit ermöglicht und die Schienungsdauer möglichst kurz gehalten werden sollte<sup>48</sup>. Ein Zahntraumasplint sollte dabei leicht applizierbar und entfernbar sein, Sensibilitätstests und die Präparation einer endodontischen Zugangskavität erlauben, die Hygienefähigkeit gewährleisten und die Okklusion nicht behindern.

Während verschiedene Materialien für Zahntraumasplints erhältlich sind, erfüllt insbesondere die Titan-Trauma-Schiene (TTS) diese Anforderungen<sup>72, 73</sup>. Die Schienung wird mittels Säureätztechnik und fließfähigen Kompositen an den Labialflächen der Zähne befestigt, wobei nicht mehr als ein unverletzter und nicht gelockerter Nachbar-

zahn in die Schienung einbezogen wird. Eine unilaterale Fixierung reduziert den Effekt der Schienung<sup>23</sup>, ist aber als bestmöglicher Kompromiss anzusehen, wenn Nachbarzähne fehlen oder für die Schienung nicht herangezogen werden können (z. B. vor der Exfoliation stehende Milchzähne oder im Durchbruch befindliche bleibende Zähne). Opake oder fluoreszierende Komposite erleichtern die spätere Entfernung des Splints<sup>21</sup>. Dabei wird zwischen der flexiblen Schienung (z. B. durch die TTS mit punktueller kunststoffadhäsiver Fixierung an den Zähnen, Abb. 2) und der rigiden Schienung (z. B. mittels TTS mit punktueller kunststoffadhäsiver Fixierung an den Zähnen und zusätzlicher Verblockung der flexiblen Anteile der TTS durch Komposit) unterschieden.

Die Schienungsdauer **sollte** die primäre Stabilisierung des Zahns berücksichtigen und ist abhängig von der Art der Verletzung (Tab. 3). Sie sollte sowohl den Verletzungstyp auch als auch dessen Ausmaß berücksichtigen und kann je nach Primärstabilität des Zahns (= Lockerungsgrad nach Reposition/Replantation) und Ankyloserisiko (= Schweregrad der parodontalen Schädigung) variiert werden<sup>43</sup>.

Die heute üblichen flexiblen Schienungen erhöhen das Ankyloserisiko nicht zusätzlich und **sollten** deshalb so lange belassen werden, wie es praktikabel erscheint (erhöhter Kaukomfort vs. erhöhter Pflegebedarf).

Die Wurzelkanalbehandlung ist **primär nicht indiziert**, wenn der Pulpaschaden gering ist und die Vitalerhaltung realistisch erscheint oder eine spontane Revaskularisierung der geschädigten Pulpa wahrscheinlich ist. Andererseits ist eine frühzeitige Wurzelkanalbehandlung von entscheidender Bedeutung, wenn ein hohes Risiko für die Entwicklung einer infektionsbedingten externen Wurzelresorption besteht<sup>45</sup>.

#### 4.1 Laterale Dislokation

Betroffene Zähne sollten möglichst exakt reponiert und abhängig vom Ausmaß der Knochenverletzung flexibel geschient werden. Bei der lateralen Dislokation von Zähnen mit abgeschlossenem Wurzelwachstum und einer Dislokation  $\geq 2$  mm sollte nach den aktualisierten Empfehlungen die endodontische Behandlung wegen der erhöhten Komplikationsrate bereits in der Schienungsphase eingeleitet werden<sup>26</sup>. Wird bei Dislokationsverletzungen mit einer Verlagerung von  $< 2$  mm zugewartet, **sollte** in engmaschigen Nachuntersuchungen die Entwicklung einer Pulpanekrose und/oder externen Resorption ausgeschlossen werden. Spätestens bei Auftreten dieser Komplikationen sollte die entsprechende endodontische Therapie eingeleitet werden.

#### 4.2 Extrusion

Extrudierte Zähne **sollten** vorsichtig reponiert und flexibel geschient werden. Bei ausgeprägten Extrusionen **sollte** bei Zähnen mit abgeschlossenem Wurzelwachstum bzw. weitgehend geschlossenem For-



Abb. 2 Flexible Zahnschienung mittels TTS

men apicale in Anlehnung an die Empfehlung für laterale Dislokationen eine Wurzelkanalbehandlung eingeleitet werden.

#### 4.3 Intrusion

Bei der Intrusion von Zähnen (Abb. 1b) mit offenem Apex **kann** bei geringgradiger Intrusion ( $< 3$  mm) eine spontane Re-Eruption in den folgenden 3 Wochen abgewartet werden<sup>70, 74</sup>. Eine Fotodokumentation **sollte** zur Prüfung des Heilungsverlaufs herangezogen werden. Zeigt das Abwarten bei geringgradiger Intrusion keinen Erfolg oder ist der Zahn mittelgradig intrudiert (3 bis 6 mm), **kann** eine chirurgische oder kieferorthopädische (allmähliche) Reposition erfolgen<sup>9, 51, 71</sup>. Bei starker Intrusion ( $> 6$  mm) **kann** die chirurgische oder kieferorthopädische Reposition sofort beginnen<sup>18, 36, 70</sup>. Nach Abschluss der chirurgischen oder kieferorthopädischen Reposition **kann** sich eine flexible Schienung anschließen (Tab. 3). Bei der Weiterversorgung **sollte** bei einer Dislokation von  $\geq 2$  mm das frühzeitige Einleiten der Wurzelkanalbehandlung innerhalb der ersten Woche nach dem Trauma im Fokus stehen. Bei geringfügiger Dislokation bei Zähnen mit nicht abgeschlossenem Wurzelwachstum **kann** zugewartet werden.

#### 4.4 Avulsion

Bei der Avulsion von Zähnen (Abb. 1c) **sollten** neben den diagnostischen Maßnahmen die folgenden wichtigen Sofortmaßnahmen beachtet werden:

- Austrocknung oder mechanische Schädigung der Zahnwurzeloberfläche vermeiden
- Möglichst zeitnahe Replantation des Zahns anstreben
- Vorzugsweise zellphysiologische Lagerung (Zahnrettungsbox)
- Alternativen (nach Prognose in absteigender Reihenfolge): Alveolenfach, (H-)Milch, isotoner Kochsalzlösung, Mundspeichel<sup>28, 59</sup>
- Tetanusschutz abklären

Aus klinischer Sicht ist für die Einschätzung der Prognose des avulsierten Zahns wichtig, den Zustand der desmodontalen Zellen aufgrund der anamnestischen Angaben über Traumahergang, Lagerung und extraorale Verweilzeit einzuschätzen. Eine klinische Hilfe dazu gibt die folgende Einteilung:

- Die PDL-Zellen des avulsierten Zahns sind wahrscheinlich vital, d. h. zeitnahe Replantation bzw. kurze extraorale Verweildauer (**< 60 Minuten**).
- Die PDL-Zellen sind aufgrund der unphysiologischen Lagerung sehr wahrscheinlich nicht mehr vital (Trockenlagerungszeit **> 60 Minuten**).

Der Replantation **sollte** eine sorgfältige und schonende Reinigung/Spülung der Wurzeloberfläche z. B. mit physiologischer Kochsalzlösung vorausgehen, ohne dabei die Wurzeloberfläche mechanisch zu verletzen. Danach sollten die vorsichtige Entfernung des verfestigten Koagulums unter Schonung der Alveolarwände durch Spülen mit physiologischer Kochsalzlösung und die Inspektion der Alveole erfolgen. Hindernisse, die einer schonenden Replantation entgegenstehen, sollen erkannt und ggf. beseitigt werden.

Bei Fixation des replantierten Zahns an beiden Nachbarzähnen **kann** bei der Schienenentfernung zunächst nur eine Verbindung zum Nachbarzahn gelöst werden. In Abhängigkeit vom klinischen Lockerungsgrad des replantierten Zahns **kann** die Fixation zum zweiten Nachbarzahn bei Bedarf um einige Tage verlängert werden.

Nach Abschluss dieser Akutmaßnahmen folgt die weitere Behandlung des replantierten Zahns, die zwei wesentliche Entscheidungskriterien berücksichtigen **soll**:

- Handelt es sich um einen Zahn mit geschlossenem oder offenem Apex?
- Wie ist die Prognose des replantierten Zahns aufgrund der anamnestischen Angaben zum Zustand der desmodontalen Zellen zu bewerten (extraorale Lagerung und Verweilzeit)?

Die Wurzelkanalbehandlung von replantierten avulsierten Zähnen mit geschlossenem Apex **sollte** unmittelbar vor der Schienenentfernung innerhalb von 7–10 Tagen nach dem Trauma eingeleitet werden. Dies **kann** zunächst durch ein Mischpräparat, bestehend aus Triamcinolonacetonid und Demeclocyclin oder Kalziumhydroxid, als temporäre Einlage erfolgen. Zähne mit offenem Apex und extraoraler Trockenlagerungszeit < 60 Minuten **sollten** nach Replantation primär nicht wurzelkanalbehandelt werden. Es sollte ein engmaschiger Recall durchgeführt und bei pathologischen Befunden eine Apexifikation eingeleitet, ein apikaler Verschluss mit hydraulischem Kalziumsilikatzement<sup>31, 52</sup> oder eine Revitalisierung durchgeführt werden<sup>30, 54</sup>.

Im Fall einer extraoralen Trockenlagerungszeit von > 60 Minuten **sollte** auch bei Zähnen mit offenem Apex die endodontische Behand-

lung zeitnah eingeleitet werden. Dies **kann**, analog zur Behandlung von Zähnen mit abgeschlossenem Wurzelwachstum, kurz vor der Schienenentfernung erfolgen. Die Verwendung von bioresorbierbaren Materialien wie Kalziumhydroxid zum dauerhaften Verbleib im Wurzelkanal **kann** empfohlen werden, da in diesen Fällen die Wahrscheinlichkeit einer knöchernen Ersatzresorption mit Ankylosierung und damit der Wachstumshemmung des Alveolarfortsatzes als sehr groß einzustufen ist<sup>4</sup>.

Die Entscheidung über das weitere Vorgehen (Zahnerhalt durch chirurgische Anluxation mit sofortiger kieferorthopädischer Einstellung des Zahns oder Dekoronation sowie Zahnersatz durch autogene Zahntransplantation oder Adhäsivbrücke oder Implantation) **kann** in Folgesprechstunden und nach Konsultation eines Kieferorthopäden, Zahnarztes und Chirurgen erfolgen.

## 5. MANAGEMENT VON KOMPLIKATIONEN

Das Management von Komplikationen beim dentalen Trauma erfordert eine interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Hauszahnärzten, Endodontologen, Chirurgen und Kieferorthopäden. Bei der Auswahl der Therapieoptionen müssen vor allem die Wachstumstendenz der Kiefer und die Progredienz der Komplikationen in die Entscheidung einbezogen werden. Eine orientierende Übersicht über die zur Verfügung stehenden Therapieoptionen gibt die Tab. 4.

### 5.1 Behandlung der posttraumatischen Ankylose

Da eine „Heilung“ der Ankylose nicht möglich ist, **sollte** im Rahmen der Therapie der altersabhängig (Patient noch im Wachstum befindlich) sinnvollste Kompromiss gewählt werden. Dieser schließt das temporäre Belassen des Zahns mit kunststoffadhäsiver Kronenverlängerung, die chirurgische Anluxation, die Dekoronation und die (vollständige) chirurgische Entfernung des Zahns mit ein.

Während des Wachstums führt eine zunehmende ankylosebedingte Infraposition zu biologischen, funktionellen und ästhetischen Einbußen aufgrund des vertikalen Wachstumsdefizits des Alveolarfortsatzes. Bei Patienten nach Abschluss des Wachstums **kann** die Ankylose als langfristiges Therapieergebnis akzeptabel sein, insofern diese nicht so weit fortgeschritten ist, dass die Gefahr einer Zahnfraktur oder einer Infektion aufgrund der Verbindung zwischen Resorptionsprozess und gingivalem Sulkus besteht.

### 5.2 Therapieoptionen bei Zahnverlust

Zur Versorgung der entstehenden Zahnücke stehen in Abhängigkeit vom Patientenalter verschiedene Therapieoptionen zur Verfügung. Die Versorgung mit einer Kinderprothese hat als schleimhautgetra-

Zeitfenster	Therapieoption
Frühes Wechselgebiss (6.–10. LJ)	Chirurgische Anluxation
	Chirurgische Zahntfernung
	Kinderprothese
	Adhäsivbrücke
	Autogene Milchzahn-TX
Spätes Wechselgebiss (11.–14. LJ)	Chirurgische Anluxation
	Dekoronation
	Chirurgische Zahntfernung
	Adhäsivbrücke
	KFO-Lückenschluss
	Prämolaren-TX
Jugendliches Gebiss (ab 14. LJ)	Chirurgische Anluxation
	Dekoronation
	Adhäsivbrücke
	KFO-Lückenschluss
	Prämolaren-TX
	Chirurgische Anluxation
Nach (weitgehendem) Abschluss des KW/Erwachsenengebiss	Zahnerhalt
	Adhäsivbrücke
	Implantation
	Weitere Versorgungsmöglichkeiten

**Tab. 4** Therapieoptionen bei posttraumatischer Ankylose oder Zahnverlust in Abhängigkeit vom therapeutischen Zeitfenster (nach Nolte et al. 2022<sup>57</sup>)

gener Zahnersatz eine ungünstige Wirkung auf Kieferwachstum und Sprachentwicklung und findet bei Eltern und Patienten nur eine geringe Akzeptanz. Zur Lückenversorgung im Frontzahnggebiet vor Abschluss des Kieferwachstums **können** insbesondere die Adhäsivbrücke, der kieferorthopädische Lückenschluss sowie die autogene Zahntransplantation erwogen werden.

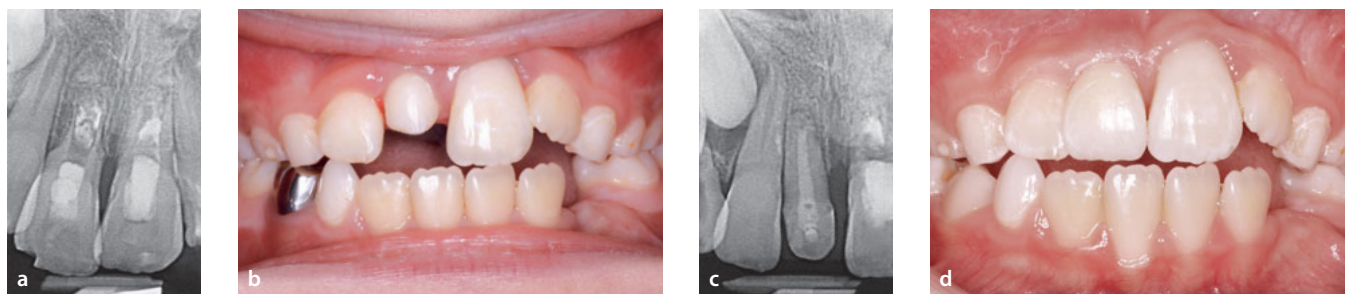
Die einflügelige Adhäsivbrücke ist eine minimalinvasive Möglichkeit zur Versorgung der Lücke bei Schneidezähnen. Für diese Versorgungsform liegen sehr gute Langzeitüberlebensraten von über 98% vor<sup>40</sup>. Einflügelige Adhäsivbrücken haben im Vergleich zu zweiflügeligen Adhäsivbrücken eine signifikant höhere Überlebensrate<sup>67</sup>. Langfristig ist dabei zu berücksichtigen, dass aufgrund der fehlenden Belastung eine ortsständige Knochenatrophie auftreten kann. Eine Dekoronation des ankylosierten Zahns kann dem entgegenwirken. Dabei wird die klinische Krone bis knapp unterhalb des knöchernen Alveolenrands entfernt, während die ankylosierte und weiter resorbierende Wurzel als Matrix für die Knochenneubildung erhalten wird. Dadurch wird das Volumen des marginalen Alveolarkamms erhalten und ggf. sogar vergrößert, was bessere Bedingungen für eine zukünftige implantatprothetische Lösung schafft. Sollte dies nicht möglich sein, sind meist präimplantologische Augmentationen notwendig, um eine implantologische Versorgung im Erwachsenenalter zu ermöglichen.

Der kieferorthopädische Lückenschluss **kann** gerade beim noch im Wachstum befindlichen Kiefer im Fall traumatisch verloren gegangener Frontzähne eine zusätzliche Therapieoption sein, sodass auf weitere prothetische Versorgungen verzichtet werden kann.

Im Kindes- und Adoleszentenalter **sollte** die autogene Zahntransplantation als Therapieoption geprüft werden. Dabei **kann** im frühen Jugendalter ab dem 6. Lj. die Milchzahn-Transplantation<sup>33, 62, 69</sup> als temporäre Maßnahme mit mittleren 5-Jahres-Überlebensraten von 87% bei mittleren Überlebenszeiten von 7,2 Jahren erwogen werden<sup>33, 69</sup> (Abb. 3a–d).

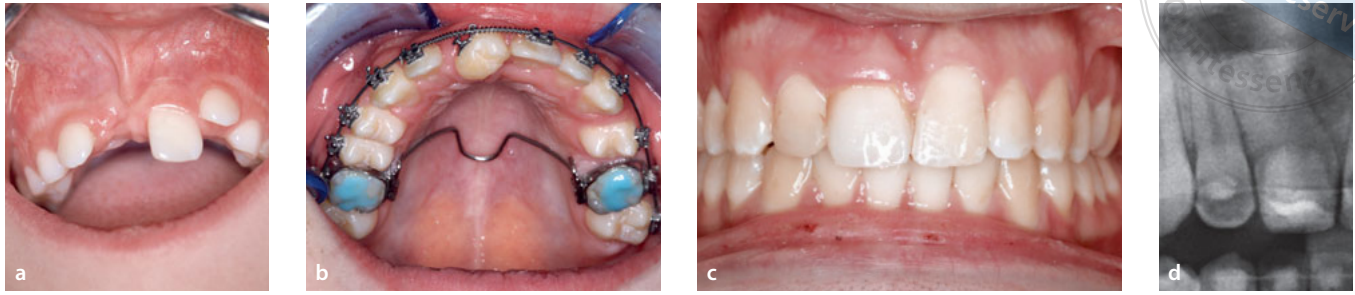
Grundsätzlich **sollte** ab dem 10. Lebensjahr die Prämolarentransplantation als permanente Versorgung mit sehr guten Langzeitüberlebensraten von >90% geprüft werden<sup>3, 7</sup> (Abb. 4a–d).

Die Implantation **sollte** in der Oberkieferfront erst nach dem pubertären Wachstumsschub erfolgen, da das vertikale Kieferwachs-



**Abb. 3** Verlust des replantierten Zahns 11 und Ersatz durch Milchzahntransplantation  
a) Zustand nach Avulsion u. Replantation 11 und 21 mit fortschreitender Ersatzresorption (Zahnfilm)  
b) Z. n. Entfernung Zahn 11 und Milchzahntransplantation 73 → 11 sechs Wochen post OP und Schieneneinentfernung  
c) Z. n. WKB des MZ-TX mit Ca(OH)<sub>2</sub> vor weiterem Kronenaufbau ca. 8 Wochen post OP (Zahnfilm)  
d) Klinischer Situs nach kunststoffadhäsivem Aufbau des Milchzahns 73 in Position 11 ein Jahr post OP. Hinweis: Deutlicher gingivaler Überschuss auf der transplantierten Seite als klinisches Zeichen einer zuverlässigen Weichgewebe und Knochen bildenden Wirkung





**Abb. 4** Prämolarentransplantation nach Avulsion und Verlust von Zahn 11

a) Ausgangsbefund

b) Z. n. Prämolaren-TX 24 → 11 sechs Wochen post OP vor Beginn der kieferorthopädischen Einstellung des Transplantats in den Zahnbogen

c) Situs 7 Jahre post OP nach kunststoffadhäsivem Aufbau

d) Zahnfilm 11 zeigt die vollständige Obliteration der Wurzel des vitalen transplantierten Zahns.

tum auch noch weit bis über dieses Alter hinaus anhält und damit eine Infraokklusion der implantatgetragenen Restaurationen resultieren kann<sup>12, 27, 46, 49</sup>.

## 6. SCHLUSSFOLGERUNG

Das dentale Trauma stellt gemäß der aktuellen Studienlage gerade in Bezug auf die Vitalerhaltung der Pulpa wie auch hinsichtlich der möglichen Sekundärtherapien beim Verlust des traumatisierten Zahnes ein hohes Maß an Anforderungen an den behandelnden Zahnarzt. Die Neuerungen dieser Leitlinie sollen dem Zahnarzt eine Entscheidungshilfe geben, um seine Patienten bestmöglich zu versorgen. Mit einer Prävalenz von 30% hat das dentale Trauma eine zentrale Bedeutung für den Praxisalltag. Die Erstversorgung des traumatisierten Zahns, aber auch das Wissen um die sekundären Spätfolgen und deren Behandlungsmöglichkeiten sind von entscheidender Bedeutung für den langfristigen Erhalt des traumatisierten Zahns, der durch die interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Hauszahnärzten, Endodontologen, Chirurgen und Kieferorthopäden weiter verbessert werden kann.

## 7. INTERESSENKONFLIKTE

Die Interessenerklärungen der Autorinnen und Autoren finden Sie in einer tabellarischen Zusammenfassung im Leitlinienreport zur S2k-Leitlinie „Therapie des dentalen Traumas bleibender Zähne“: [https://register.awmf.org/assets/guidelines/083-004m\\_S2k\\_Therapie-des-dentalen-Traumas-bleibender-Zaehne\\_2022-10.pdf](https://register.awmf.org/assets/guidelines/083-004m_S2k_Therapie-des-dentalen-Traumas-bleibender-Zaehne_2022-10.pdf)

Leitlinienreport sowie Langfassung der S3-Leitlinie „Therapie des dentalen Traumas bleibender Zähne“ finden Sie zum Download auf den Websites der DGZMK ([www.dgzmk.de](http://www.dgzmk.de)) und der AWMF ([www.awmf.org](http://www.awmf.org)).

## LITERATUR

- Abbott P: Traumatic dental injuries are now the 5th most prevalent disease/injury in the world-But they are being neglected!! *Dent Traumatol* 2018; 34(6): 383
- Abbott PV: Diagnosis and Management of Transverse Root Fractures *J Endod* 2019; 45(12s): S13-S27
- Akhlef Y, Schwartz O, Andreasen JO, Jensen SS: Autotransplantation of teeth to the anterior maxilla: A systematic review of survival and success, aesthetic presentation and patient-reported outcome. *Dent Traumatol* 2018; 34(1): 20-27
- Andersson L, Andreasen JO, Day P, Heithersay G, Trope M, Diangelis AJ, Kenny DJ, Sigurdsson A, Bourguignon C, Flores MT, Hicks ML, Lenzi AR, Malmgren B, Moule AJ, Tsukiboshi M: International Association of Dental Traumatology guidelines for the management of traumatic dental injuries: 2. Avulsion of permanent teeth. *Dent Traumatol* 2012; 28(2): 88-96
- Andreasen JO, Andreasen FM, Mejåre I, Cvek M: Healing of 400 intra-alveolar root fractures. 1. Effect of pre-injury and injury factors such as sex, age, stage of root development, fracture type, location of fracture and severity of dislocation. *Dent Traumatol* 2004; 20(4): 192-202
- Andreasen JO, Andreasen FM, Mejåre I, Cvek M: Healing of 400 intra-alveolar root fractures. 2. Effect of treatment factors such as treatment delay, repositioning, splinting type and period and antibiotics. *Dent Traumatol* 2004; 20(4): 203-211
- Andreasen JO, Schwartz O, Kofoed T, Daugaard-Jensen J: Transplantation of premolars as an approach for replacing avulsed teeth. *Pediatr Dent* 2009; 31(2): 129-132
- Bauss O, Freitag S, Röbling J, Rahman A: Influence of overjet and lip coverage on the prevalence and severity of incisor trauma. *J Orofac Orthop* 2008; 69(6): 402-410
- Bauss O, Schäfer W, Sadat-Khonsari R, Knösel M: Influence of orthodontic extrusion on pulpal vitality of traumatized maxillary incisors. *J Endod* 2010; 36(2): 203-207
- Bimstein E, Rotstein I: Cvek pulpotomy - revisited. *Dent Traumatol* 2016; 32(6): 438-442
- Bissinger R, Müller DD, Reymus M, Khazaei Y, Hickel R, Bücher K, Kühnisch J: Treatment outcomes after uncomplicated and complicated crown fractures in permanent teeth. *Clin Oral Investig* 2021; 25(1): 133-143
- Bohner L, Hanisch M, Kleinheinz J, Jung S: Dental implants in growing patients: a systematic review. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2019; 57(5): 397-406
- Bonte E, Beslot A, Boukpepsi T, Lasfargues JJ: MTA versus Ca(OH)<sub>2</sub> in apexification of non-vital immature permanent teeth: a randomized clinical trial comparison. *Clin Oral Investig* 2015; 19(6): 1381-1388
- Brüllmann D, Schulze RK, d'Hoedt B: Therapeutisches Vorgehen bei Frontzahntraumata. *Dtsch Arztebl International* 2011; 108(34-35): 565-570
- Bücher K, Neumann C, Hickel R, Kühnisch J: Traumatic dental injuries at a German university clinic 2004- 2008. *Dent Traumatol* 2013; 29(2): 127-133
- Corrêa-Faria P, Paiva SM, Ramos-Jorge ML, Pordeus IA: Incidence of crown fracture and risk factors in the primary dentition: a prospective longitudinal study. *Dent Traumatol* 2016; 32(6): 450-456

17. Costa CA, Giro EM, do Nascimento AB, Teixeira HM, Hebling J: Short-term evaluation of the pulpo-dentin complex response to a resin-modified glass-ionomer cement and a bonding agent applied in deep cavities. *Dent Mater* 2003; 19(8): 739-746
18. Cunha RF, Pavarini A, Percinoto C, Lima JE: Influence of surgical repositioning of mature permanent dog teeth following experimental intrusion: a histologic assessment. *Dent Traumatol* 2002; 18(6): 304-308
19. Cvek M: A clinical report on partial pulpotomy and capping with calcium hydroxide in permanent incisors with complicated crown fracture. *J Endod* 1978; 4(8): 232-237
20. Cvek M: Prognosis of luxated non-vital maxillary incisors treated with calcium hydroxide and filled with gutta-percha. A retrospective clinical study. *Endod Dent Traumatol* 1992; 8(2): 45-55
21. Dettwiler C, Meller C, Eggmann F, Saccardin F, Kühl S, Filippi A, Krastl G, Weiger R, Connert T: Evaluation of a Fluorescence-aided Identification Technique (FIT) for removal of composite bonded trauma splints. *Dent Traumatol* 2018; 34(5): 353-359
22. Diangelis AJ, Andreasen JO, Ebeleseder KA, Kenny DJ, Trope M, Sigurdsson A, Andersson L, Bourguignon C, Flores MT, Hicks ML, Lenzi AR, Malmgren B, Moule AJ, Pohl Y, Tsukiboshi M: International Association of Dental Traumatology guidelines for the management of traumatic dental injuries: 1. Fractures and luxations of permanent teeth. *Dent Traumatol* 2012; 28(1): 2-12
23. Ebeleseder KA, Glockner K, Pertl C, Städtler P: Splints made of wire and composite: an investigation of lateral tooth mobility in vivo. *Endod Dent Traumatol* 1995; 11(6): 288-293
24. Eichelsbacher F, Denner W, Klaiber B, Schlagenhauf U: Periodontal status of teeth with crown-root fractures: results two years after adhesive fragment reattachment. *J Clin Periodontol* 2009; 36(10): 905-911
25. Fernandes LM, Neto JCL, Lima TFR, Magno MB, Santiago BM, Cavalcanti YW, de Almeida LFD: The use of mouthguards and prevalence of dento-alveolar trauma among athletes: A systematic review and meta-analysis. *Dent Traumatol* 2019; 35(1): 54-72
26. Ferrazzini Pozzi EC, von Arx T: Pulp and periodontal healing of laterally luxated permanent teeth: results after 4 years. *Dent Traumatol* 2008; 24(6): 658-662
27. Foley TF, Mamandras AH: Facial growth in females 14 to 20 years of age. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1992; 101(3): 248-254
28. Fouad AF, Abbott PV, Tsilingaridis G, Cohenca N, Lauridsen E, Bourguignon C, O'Connell A, Flores MT, Day PF, Hicks L, Andreasen JO, Cehreli ZC, Harlamb S, Kahler B, Oginni A, Semper M, Levin L: International Association of Dental Traumatology guidelines for the management of traumatic dental injuries: 2. Avulsion of permanent teeth. *Dent Traumatol* 2020; 36(4): 331-342
29. Galler KM, Dammaschke T, Krastl G: Vitalerhaltung der Pulpa nach Trauma. *Die Quintessenz* 2019; 70: 1042-1048
30. Galler KM, Krastl G, Simon S, Van Gorp G, Meschi N, Vahedi B, Lambrechts P: European Society of Endodontology position statement: Revitalization procedures. *Int Endod J* 2016; 49(8): 717-723
31. Göhring KS, Lehnert B, Zehnder M: Indications for use of MTA, a review. Part 1: Chemical, physical and biological properties of MTA. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 2004; 114(2): 143-153
32. Hanks CT, Craig RC, Diehl ML, Pashley DH: Cytotoxicity of dental composites and other materials in a new in vitro device. *J Oral Pathol* 1988; 17(8): 396-403
33. Hoss F, El-Mahdy K, Linsenmann R, Franz CW, Nolte D: Primary tooth auto-transplantation: update and retrospective clinical study. *Acta Odontol Scand* 2021; 1-11
34. Huang GT: Apexification: the beginning of its end. *Int Endod J* 2009; 42(10): 855-866
35. Hülsmann M: Diagnostik und Therapie traumatischer Wurzelquerfrakturen. *Endodontie* 1999; 2: 141-160
36. Humphrey JM, Kenny DJ, Barrett EJ: Clinical outcomes for permanent incisor luxations in a pediatric population. I. Intrusions. *Dent Traumatol* 2003; 19(5): 266-273
37. Jackowski J, Peters H, Hölzle F: *Praxisleitfaden Zahnärztliche Chirurgie*, München: Urban & Fischer 2007; pp. 1-469
38. Kahler B, Hu JY, Marriot-Smith CS, Heithersay GS: Splinting of teeth following trauma: a review and a new splinting recommendation. *Aust Dent J* 2016; 61 Suppl 1: 59-73
39. Kahler B, Rossi-Fedeles G, Chugal N, Lin LM: An Evidence-based Review of the Efficacy of Treatment Approaches for Immature Permanent Teeth with Pulp Necrosis. *J Endod* 2017; 43(7): 1052-1057
40. Kern M, Passia N, Sasse M, Yazigi C: Ten-year outcome of zirconia ceramic cantilever resin-bonded fixed dental prostheses and the influence of the reasons for missing incisors. *J Dent* 2017; 65: 51-55
41. Krastl G, Filippi A, Weiger R: Initial management of dental trauma: musts, shoulds, and cans. *Quintessenz Int* 2020; 51(9): 763-774
42. Krastl G, Filippi A, Zitzmann NU, Walter C, Weiger R: Current aspects of restoring traumatically fractured teeth. *Eur J Esthet Dent* 2011; 6(2): 124-141
43. Krastl G, Weiger R, Filippi A: Schienung nach Zahntrauma. In: Krastl G, Weiger R, Filippi A, eds. *Zahntrauma Therapieoptionen für die Praxis*, Quintessenz, Berlin 2000; pp. 101-104
44. Krastl G, Weiger R, Filippi A, Van Waes H, Ebeleseder K, Ree M, Connert T, Widbiller M, Tjäderhane L, Dummer PMH, Galler K: Endodontic management of traumatized permanent teeth: a comprehensive review. *Int Endod J* 2021; 54(8): 1221-1245
45. Krastl G, Weiger R, Filippi A, Van Waes H, Ebeleseder K, Ree M, Connert T, Widbiller M, Tjäderhane L, Dummer PMH, Galler K: European Society of Endodontology position statement: endodontic management of traumatized permanent teeth. *Int Endod J* 2021; 54(9): 1473-1481
46. Love RJ, Murray JM, Mamandras AH: Facial growth in males 16 to 20 years of age. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1990; 97(3): 200-206
47. Magno MB, Neves AB, Ferreira DM, Pithon MM, Maia LC: The relationship of previous dental trauma with new cases of dental trauma. A systematic review and meta-analysis. *Dent Traumatol* 2019; 35(1): 3-14
48. Mahmoodi B, Rahimi-Nedjat R, Weusmann J, Azaripour A, Walter C, Willershausen B: Traumatic dental injuries in a university hospital: a four-year retrospective study. *BMC Oral Health* 2015; 15(1): 139
49. Mankani N, Chowdhary R, Patil BA, Nagaraj E, Madalli P: Osseointegrated dental implants in growing children: a literature review. *J Oral Implantol* 2014; 40(5): 627-631
50. Maurer P: Epidemiologie der Verletzungen im Kiefer-Gesichtsbereich. In: Schubert J, ed. *Traumatologie für Zahnärzte*, Sanofi-Aventis, Berlin 2010; pp. 10-12
51. Medeiros RB, Mucha JN: Immediate vs late orthodontic extrusion of traumatically intruded teeth. *Dent Traumatol* 2009; 25(4): 380-385
52. Mente J, Hage N, Pfefferle T, Koch MJ, Dreyhaupt J, Staehle HJ, Friedman S: Mineral trioxide aggregate apical plugs in teeth with open apical foramina: a retrospective analysis of treatment outcome. *J Endod* 2009; 35(10): 1354-1358
53. Mente J, Leo M, Panagidis D, Ohle M, Schneider S, Lorenzo Bermejo J, Pfefferle T: Treatment outcome of mineral trioxide aggregate in open apex teeth. *J Endod* 2013; 39(1): 20-26
54. Namour M, Theys S: Pulp revascularization of immature permanent teeth: a review of the literature and a proposal of a new clinical protocol. *ScientificWorldJournal* 2014; 737503
55. Naumann M, Schmitter M, Frankenberger R, Krastl G: „Ferrule Comes First. Post Is Second!“ Fake News and Alternative Facts? A Systematic Review. *J Endod* 2018; 44(2): 212-219
56. Nobre CM, de Barros Pascoal AL, Albuquerque Souza E, Machion Shaddox L, Dos Santos Calderon P, de Aquino Martins AR, de Vasconcelos Gurgel BC: A systematic review and meta-analysis on the effects of crown lengthening on adjacent and non-adjacent sites. *Clin Oral Investig* 2017; 21(1): 7-16
57. Nolte D, Krastl G, Ebeleseder K: Dentales Trauma (aktualisierte Leitlinie) - Neues Therapiekonzept von posttraumatischer Ankylose und Zahnverlust. *Der junge Zahnarzt* 03/2022; 43 15-24
58. O'Mullane DM: Some factors predisposing to injuries of permanent incisors in school children. *Br Dent J* 1973; 134(8): 328-332
59. Osmanovic A, Halilovic S, Kurtovic-Kozaric A, Hadziabdic N: Evaluation of periodontal ligament cell viability in different storage media based on human PDL cell culture experiments-A systematic review. *Dent Traumatol* 2018; 34(6): 384-393
60. Petti S, Glendor U, Andersson L: World traumatic dental injury prevalence and incidence, a meta-analysis- One billion living people have had traumatic dental injuries. *Dent Traumatol* 2018; 34(2): 71-86
61. Pilalas I, Tsalikis L, Tatakis DN: Pre-restorative crown lengthening surgery outcomes: a systematic review. *J Clin Periodontol* 2016; 43(12): 1094-1108
62. Pohl Y, Filippi A, Kirschner H: Results after replantation of avulsed permanent teeth. I. Endodontic considerations. *Dent Traumatol* 2005; 21(2): 80-92
63. Ree MH, Schwartz RS: Long-term Success of Nonvital, Immature Permanent Incisors Treated With a Mineral Trioxide Aggregate Plug and Adhesive Restorations: A Case Series from a Private Endodontic Practice. *J Endod* 2017; 43(8): 1370-1377

64. Schmidt JC, Sahrmann P, Weiger R, Schmidlin PR, Walter C: Biologic width dimensions--a systematic review. *J Clin Periodontol* 2013; 40(5): 493-504
65. Skupien JA, Luz MS, Pereira-Cenci T: Ferrule Effect: A Meta-analysis. *JDR Clin Trans Res* 2016; 1(1): 31-39
66. Soliman S, Lang LM, Hahn B, Reich S, Schlagenhauf U, Krastl G, Krug R: Long-term outcome of adhesive fragment reattachment in crown-root fractured teeth. *Dent Traumatol* 2020; 36(4): 417-426
67. Thoma DS, Sailer I, Ioannidis A, Zwahlen M, Makarov N, Pjetursson BE: A systematic review of the survival and complication rates of resin-bonded fixed dental prostheses after a mean observation period of at least 5 years. *Clin Oral Implants Res* 2017; 28(11): 1421-1432
68. Torabinejad M, Nosrat A, Verma P, Udochukwu O: Regenerative Endodontic Treatment or Mineral Trioxide Aggregate Apical Plug in Teeth with Necrotic Pulp and Open Apices: A Systematic Review and Meta- analysis. *J Endod* 2017; 43(11): 1806-1820
69. Tschammler C, Angermair J, Heiligensetzer M, Linsenmann R, Huth KC, Nolte D: Primary canine auto- transplantation: a new surgical technique. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* 2015; 119(2): 158-169
70. Tsilingaridis G, Malmgren B, Andreasen JO, Malmgren O: Intrusive luxation of 60 permanent incisors: a retrospective study of treatment and outcome. *Dent Traumatol* 2012; 28(6): 416-422
71. Turley PK, Joiner MW, Hellstrom S: The effect of orthodontic extrusion on traumatically intruded teeth. *Am J Orthod* 1984; 85(1): 47-56
72. von Arx T, Filippi A, Buser D: Splinting of traumatized teeth with a new device: TTS (Titanium Trauma Splint). *Dent Traumatol* 2001; 17(4): 180-184
73. von Arx T, Filippi A, Lussi A: Comparison of a new dental trauma splint device (TTS) with three commonly used splinting techniques. *Dent Traumatol* 2001; 17(6): 266-274
74. Wiggen TI, Agnalt R, Jacobsen I: Intrusive luxation of permanent incisors in Norwegians aged 6-17 years: a retrospective study of treatment and outcome. *Dent Traumatol* 2008; 24(6): 612-618

## Evidence-based treatment guideline for dental trauma of permanent teeth

**Keywords:** adhesive bridges, autogenous tooth transplantation, avulsion, crown fracture, dental trauma, dislocation, guideline, intrusion, orthodontic gap closure, root fracture

In the update of the Szk guideline "Therapy of dental trauma of permanent teeth" (AWMF Reg. No. 083-004), published in October 2022, a broadly consented, evidence-based framework was created within which the diagnostics as well as the primary and secondary therapy including the management of complications are described. All parts of the guideline have been revised in light of the current evidence base, treatment options have been reissued, and numerous treatment recommendations have been updated. In the process, the nomenclature was defined in line with the international terminology, new points on risk factors and prevention were included, and the glossary on healing processes and healing disorders was updated. In addition, the recommendation of the treatment of crown fractures with pulp exposure and pulp necrosis in teeth with incomplete root formation, crown-root fractures and intrusion injuries was adapted. Further, new recommendations were made for the treatment of posttraumatic ankylosis and tooth loss in the traumatized permanent dentition



Surian Herrmann



Dirk Nolte

**Dr. Surian Herrmann** Praxisklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie

**ZÄ Sophie Melissa Werner** Praxisklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Sauerbruchstr. 48, 81377 München

**Prof. Dr. Gabriel Krastl** Universitätsklinikum Würzburg, Josef-Schneider-Straße 2, 97080 Würzburg

**Prof. Dr. Dirk Nolte** Leitlinienkoordinator, Praxisklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie

**Kontakt:** Dr. Surian Herrmann, Praxisklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Sauerbruchstr. 48, 81377 München.

Fotos: Abb. 1 und 2: Gabriel Krastl, Abb. 3: Surian Herrmann, Abb. 4: Dirk Nolte, Porträtfoto Herrmann: Surian Herrmann, Porträtfoto Nolte: Dirk Nolte