

## S2k-Leitlinie (Langfassung)

# Therapie des dentalen Traumas bleibender Zähne

AWMF-Registernummer: 083-004

Stand: Monat Jahr

Gültig bis: Monat Jahr

#### Federführende Fachgesellschaften:

Deutsche Gesellschaft für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie (DGMKG)

Deutsche Gesellschaft für Parodontologie (DG PARO)

Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK)

#### Beteiligung weiterer AWMF-Fachgesellschaften:

Deutsche Gesellschaft für Implantologie im Zahn-, Mund- und Kieferbereich (DGI)

Deutsche Gesellschaft für Kieferorthopädie (DGKFO)

Deutsche Gesellschaft für Kinderzahnheilkunde (DGKiZ)

Deutsche Gesellschaft für Prothetische Zahnmedizin und Biomaterialien e.V. (DGPro)

Deutsche Gesellschaft für Zahnerhaltung (DGZ)

#### Beteiligung weiterer Fachgesellschaften/ Organisationen:

Arbeitsgemeinschaft für Oral- und Kieferchirurgie (AGOKi)

Arbeitsgemeinschaft für Röntgenologie in der DGZMK (ARÖ)

Bundesverband der implantologisch tätigen Zahnärzte in Europa (BDIZ EDI)

Bundesverband der Kinderzahnärzte (BuKiZ)

Bundesverband der Zahnärztinnen und Zahnärzte des Öffentlichen Gesundheitsdienstes e.V. (BZÖG)

Bundeszahnärztekammer (BZÄK)

Berufsverband deutscher Oralchirurgen (BDO)

Deutsche Gesellschaft für Endodontologie und zahnärztliche Traumatologie (DGET)

Deutsche Gesellschaft für Funktionsdiagnostik und –therapie in der DGZMK (DGFDT)

Deutsche Gesellschaft für Präventivzahnmedizin (DGPZM)

Deutsche Gesellschaft für Restorative und Regenerative Zahnerhaltung (DGR<sup>2</sup>Z)

Freier Verband Deutscher Zahnärzte (FVDZ)

Kassenzahnärztliche Bundesvereinigung (KZBV)



# LEITLINIEN ZAHN MEDIZIN

Österreichische Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, Arbeitsgemeinschaft für Zahntrauma (ÖGZMK, ARGE Zahntrauma)  
Verband Deutscher zertifizierter Endodontologen (VDZE)

**Koordinator:**

Prof. Dr. Dr. Dirk Nolte

**Autoren (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  
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  
Dr. Pantelis Petrakakis  
Prof. Dr. Dr. Hendrik Terheyden  
PD Dr. Dietmar Weng  
Prof. Dr. Hans-Jürgen Wenz  
ZÄ Sophie Melissa Werner  
PD Dr. Matthias Widbiller  
PD Dr. Thomas Wolf  
Dr. Jürgen Wollner

**Methodik:**

Prof. Dr. Ina Kopp (AWMF)  
Dr. Anke Weber (DGZMK, Leitlinienbeauftragte)

**Jahr der Erstellung:** 08/2020

**vorliegende Aktualisierung/ Stand:** Monat Jahr  
**gültig bis:** Monat Jahr

## 1 Was gibt es Neues?

- Spezifizierung der Nomenklatur der Dislokationsverletzungen in Anlehnung an die internationale Terminologie (Kap. 4.9)
- Gewichtung der fotografischen Dokumentation (Kap. 5.3.2)
- Darstellung von Risikofaktoren und Empfehlungen zur Prävention von Zahnunfällen (Kap. 6.1)
- Aktualisierte Vorgehensweise bei der Erstversorgung von Kronenfrakturen mit Pulpabeteiligung (Kap. 6.2.2.2.2)
- Revitalisierung als regenerative Therapiemöglichkeit bei Pulpaverlust an Zähnen mit nicht abgeschlossenem Wurzelwachstum (Kap. 6.2.2.2.2)
- Spezifische Empfehlungen zur Primärversorgung sowie langfristigen Restauration von Kronen-Wurzel-Frakturen (Kap. 6.2.3)
- Erläuterungen zur Schienung nach Dislokationsverletzungen und Alveolarfortsatzfraktur inklusive Tabelle mit Schienungsdauern (Kap. 6.3)
- Differenziertes Vorgehen bei der Versorgung von Intrusionsverletzungen in Abhängigkeit vom Wurzelwachstum (Kap. 6.3.5)
- Vereinfachung der Empfehlung zur Bewertung der Prognose nach Avulsionsverletzungen (Kap. 6.3.6)
- Klinisches Hilfsmittel zur quantitativen Abschätzung der erwarteten vertikalen Infraposition von Zähnen bei Ankylose (Kap. 6.4)
- Ausführliche Darstellung der Therapieoptionen bei posttraumatischer Ankylose (Kap. 6.4) und Zahnverlust (Kap. 6.5.)
- Aktualisiertes Glossar zu Heilungsvorgängen und Heilungsstörungen (Kap. 10)

*Die "Leitlinien" der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften sind systematisch entwickelte Hilfen für Ärzte/ Zahnärzte zur Entscheidungsfindung in spezifischen Situationen. Sie beruhen auf aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen und in der Praxis bewährten Verfahren und sorgen für mehr Sicherheit in der Medizin, sollen aber auch ökonomische Aspekte berücksichtigen. Die "Leitlinien" sind für Ärzte/ Zahnärzte rechtlich nicht bindend und haben daher weder haftungsbegründende noch haftungsbefreiende Wirkung.*

*Leitlinien unterliegen einer ständigen Qualitätskontrolle, spätestens alle 5 Jahre ist ein Abgleich der neuen Erkenntnisse mit den formulierten Handlungsempfehlungen erforderlich. Die aktuelle Version einer Leitlinie finden Sie immer auf den Seiten der DGZMK ([www.dgzmk.de](http://www.dgzmk.de)) oder der AWMF ([www.awmf.org](http://www.awmf.org)). Sofern Sie die vorliegende Leitlinie nicht auf einer der beiden genannten Webseiten heruntergeladen haben, sollten Sie dort nochmals prüfen, ob es ggf. eine aktuellere Version gibt.*

## 2 Die wichtigsten Empfehlungen auf einen Blick

- Eine frühzeitige kieferorthopädische Behandlung im Alter von 7 bis 12 Jahren bei Patienten mit Risikofaktoren sowie das Tragen eines Sportmundschutzes können Zahntraumata vorbeugen.
- Die Vitalerhaltung der Zahnpulpa ist oberstes Ziel, insbesondere bei Zähnen mit nicht abgeschlossenem Wurzelwachstum.
- Die partielle Pulpotomie sollte die favorisierte Therapieoption bei Kronenfrakturen mit Pulpabeteiligung sein.
- Bei Zähnen mit offenem Wurzelwachstum wird die Revitalisierung als Alternativtherapie zur Apexifikation eingeführt.
- Eine Restauration subgingivaler Zahnfrakturen kann durch Fragmentwiederbefestigung, subgingivale Restauration, chirurgische Kronenverlängerung sowie kieferorthopädische oder chirurgische Extrusion erfolgen.
- Bei Zähnen mit abgeschlossenem Wurzelwachstum und starker Dislokation ( $\geq 2$  mm) sollte die endodontische Behandlung bereits in der Schienungsphase eingeleitet werden.
- Die flexible Schienung dient der Stabilisierung dislozierter Zähne in der ursprünglichen Position, wodurch eine Heilung von Pulpa und parodontalen Strukturen ermöglicht wird.
- Eine Austrocknung oder mechanische Schädigung der Wurzeloberfläche avulsierter Zähne soll vermieden werden und die Replantation zeitnah erfolgen. Bei einer Trockenlagerung von über 60 Minuten sind die PDL-Zellen des avulsierten Zahnes sehr wahrscheinlich nicht mehr vital.
- Werden aufgrund einer starken Dislokationsverletzung weitreichende Resorptionen erwartet, sollte ein bioresorbierbares Material wie Kalziumhydroxid in den Wurzelkanal eingebracht werden, das bei längerer Liegedauer ausgetauscht werden kann.
- Die regelmäßige Nachsorge nach dem Abschluss der Primärtherapie ist essentiell, um potentielle Komplikationen frühzeitig zu erkennen. Die Wahrscheinlichkeit pulpaler und parodontaler Schäden ist dabei eng mit Art und Schweregrad des Zahntraumas verknüpft.
- Der ankylosierte und in Infraposition geratene traumatisierte Zahn sollte eher durch Dekoronation als durch Osteotomie entfernt werden.
- Die verschiedenen Therapieoptionen zur Behandlung der posttraumatischen Ankylose sollten dem behandelnden Arzt/Zahnarzt in Abhängigkeit vom Patientenalter bekannt sein (Tabelle 6.4).
- Bei Zahnverlust des im Wachstum befindlichen jugendlichen Gebisses ist die Interimsprothese/ Kinderprothese ein probates Mittel zur Primärversorgung einer Frontzahnlücke. Zur langfristigen Rehabilitation sollen der kieferorthopädische Lückenschluss, Adhäsivbrücken sowie die autogene Zahntransplantation als therapeutische Lösung bedacht werden.
- Die Milchzahn-Transplantation kann als eine legitime Behandlungsmöglichkeit nach Avulsion und Zahnverlust im Milch- und frühen Wechselgebiss gelten. Im späten Wechselgebiss ist neben den etablierten Methoden (Lückenschluss, Adhäsivbrücke, Prothese) die Prämolaren-Transplantation als gleichwertige Therapiealternative anzusehen. Dabei kann auf eine Milchzahn-Transplantation im späten Wechselgebiss eine Prämolaren-Transplantation folgen (sog. Zwei-Phasen-Transplantationskonzept).

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Was gibt es Neues?</b>	ii
<b>2</b>	<b>Die wichtigsten Empfehlungen auf einen Blick</b>	iii
<b>3</b>	<b>Herausgeber</b>	1
3.1	Federführende Fachgesellschaft	1
3.2	Kontakt	1
3.3	Zitierweise	1
3.4	Redaktioneller Hinweis	1
<b>4</b>	<b>Geltungsbereich und Zweck</b>	2
4.1	Priorisierungsgründe	2
4.2	Zielsetzung und Fragestellung	2
4.3	Adressaten der Leitlinie	2
<b>1</b>	<b>Was gibt es Neues?</b>	ii
<b>2</b>	<b>Die wichtigsten Empfehlungen auf einen Blick</b>	iii
<b>3</b>	<b>Herausgeber</b>	1
3.1	Federführende Fachgesellschaft	1
3.2	Kontakt	1
3.3	Zitierweise	1
3.4	Redaktioneller Hinweis	1
<b>4</b>	<b>Geltungsbereich und Zweck</b>	2
4.1	Priorisierungsgründe	2
4.2	Zielsetzung und Fragestellung	2
4.3	Adressaten der Leitlinie	2
4.4	Ausnahmen von der Leitlinie	3
4.5	Patientenzielgruppe	3
4.6	Versorgungsbereich	3
4.7	Weitere Dokumente zu dieser Leitlinie	3
4.8	Verbindungen zu anderen Leitlinien	3
4.9	Definition des Krankheitsbildes	4
4.10	Klassifikation der Zahnverletzungen	5
4.11	Epidemiologie dentales Trauma	6
4.12	ICD-10 Codes	6
4.13	Symptome	7
4.14	Therapieziele	7

<b>5 Diagnostik .....</b>	7
5.1 Anamnese.....	7
5.2 Notwendige Untersuchungen zur Therapieentscheidung .....	8
5.2.1 Intraoral.....	8
5.2.2 Extraoral .....	8
5.3 Bildgebende Diagnostik.....	9
5.3.1 Röntgen .....	9
5.3.2 Dentale Fotografie.....	10
5.4 Dokumentation.....	10
<b>6 Therapie .....</b>	10
6.1 Prävention .....	11
6.2 Frakturen .....	11
6.2.1 Schmelzinfektion .....	11
6.2.2 Kronenfraktur .....	12
6.2.2.1 Kronenfraktur, begrenzt auf den Schmelz (= Schmelzfraktur).....	12
6.2.2.2 Kronenfraktur (Schmelz-Dentin) .....	12
6.2.2.2.1 Ohne Pulpabeteiligung (=unkomplizierte Kronenfraktur) .....	12
6.2.2.2.2 Mit Pulpabeteiligung (=komplizierte Kronenfraktur) .....	13
6.2.3 Kronen-Wurzel-Fraktur.....	16
6.2.4 Wurzelfraktur mit / ohne Kommunikation zur Mundhöhle .....	18
6.2.4.1 Intraalveolare Fraktur.....	18
6.2.4.2 Wurzellängsfraktur .....	19
6.2.5 Fraktur des bezahnten Alveolarfortsatzes .....	19
6.3 Dislokationsverletzungen der Zähne .....	20
6.3.1 Konkussion.....	22
6.3.2 Lockerung .....	22
6.3.3 Laterale Dislokation.....	22
6.3.4 Extrusion.....	23
6.3.5 Intrusion .....	23
6.3.6 Avulsion .....	25
6.3.6.1 Behandlung avulsiertes Zahns mit geschlossenem Apex.....	26
6.3.6.2 Behandlung avulsiertes Zahns mit offenem Apex.....	27
6.4 Behandlung der posttraumatischen Ankylose .....	27
6.4.1 Temporäres Belassen des ankylosierten Zahns.....	29
6.4.2 Chirurgische Anluxation .....	29

6.4.3	Dekoronation.....	30
6.4.4	Chirurgische Entfernung des Zahnes.....	30
6.5	Therapieoptionen bei Zahnverlust .....	30
6.5.1	Versorgung mit Adhäsivbrücke .....	31
6.5.2	Kieferorthopädischer Lückenschluss .....	31
6.5.3	Autogene Zahntransplantation .....	31
6.5.4	Enossale Implantation .....	32
6.5.5	Weitere Versorgungsmöglichkeiten.....	32
7	Antibiotische Prophylaxe / Therapie .....	33
8	Nachsorge.....	33
9	Aufklärung über Spätfolgen .....	34
10	Heilungsvorgänge und Heilungsstörungen .....	34
10.1	Heilungsvorgänge und Heilungsstörungen im Pulpa-Dentin-Komplex .....	34
10.2	Heilungsvorgänge und Heilungsstörungen im Parodont .....	36
10.3	Formveränderungen an der noch wachsenden Wurzel.....	37
10.4	Heilungsvorgänge und Heilungsstörungen der Gingiva .....	38
11	Informationen zu dieser Leitlinie .....	39
11.1	Zusammensetzung der Leitliniengruppe .....	39
11.1.1	Redaktion und Koordination .....	39
11.1.2	Beteiligte Fachgesellschaften, Organisationen und Mandatsträger .....	39
11.1.3	Methodik .....	40
12	Gültigkeitsdauer und Aktualisierungsverfahren .....	40
13	Literatur .....	41
4.10	Klassifikation der Zahnverletzungen .....	5
4.11	Epidemiologie dentales Trauma.....	6
4.12	ICD-10 Codes .....	6
4.13	Symptome .....	7
4.14	Therapieziele .....	7
5	Diagnostik .....	7
5.1	Anamnese.....	7
5.2	Notwendige Untersuchungen zur Therapieentscheidung .....	8
5.2.1	Intraoral .....	8
5.2.2	Extraoral .....	8
5.3	Bildgebende Diagnostik.....	9
5.3.1	Röntgen .....	9

5.3.2	Dentale Fotografie.....	10
5.4	Dokumentation.....	10
<b>6</b>	<b>Therapie .....</b>	<b>10</b>
6.1	Prävention .....	11
6.2	Frakturen .....	11
6.2.1	Schmelzinfektion .....	11
6.2.2	Kronenfraktur .....	12
6.2.3	Kronen-Wurzel-Fraktur.....	16
6.2.4	Wurzelfraktur mit / ohne Kommunikation zur Mundhöhle .....	18
6.2.5	Fraktur des bezauberten Alveolarfortsatzes .....	19
6.3	Dislokationsverletzungen der Zähne .....	20
6.3.1	Konkussion.....	22
6.3.2	Lockierung .....	22
6.3.3	Laterale Dislokation.....	22
6.3.4	Extrusion.....	23
6.3.5	Intrusion .....	23
6.3.6	Avulsion .....	25
6.4	Behandlung der posttraumatischen Ankylose .....	27
6.4.1	Temporäres Belassen des ankylosierten Zahnes.....	29
6.4.2	Chirurgische Anluxation .....	29
6.4.3	Dekoronation.....	30
6.4.4	Chirurgische Entfernung des Zahnes.....	30
6.5	Therapieoptionen bei Zahnverlust .....	30
6.5.1	Versorgung mit Adhäsivbrücke .....	31
6.5.2	Kieferorthopädischer Lückenschluss .....	31
6.5.3	Autogene Zahntransplantation .....	31
6.5.4	Enossale Implantation .....	32
6.5.5	Weitere Versorgungsmöglichkeiten.....	32
7	Antibiotische Prophylaxe / Therapie.....	33
8	Nachsorge.....	33
9	Aufklärung über Spätfolgen .....	34
10	Heilungsvorgänge und Heilungsstörungen .....	34
10.1	Heilungsvorgänge und Heilungsstörungen im Pulpa-Dentin-Komplex .....	34
10.2	Heilungsvorgänge und Heilungsstörungen im Parodont .....	36
10.3	Formveränderungen an der noch wachsenden Wurzel.....	37

10.4	Heilungsvorgänge und Heilungsstörungen der Gingiva .....	38
11	Informationen zu dieser Leitlinie .....	39
11.1	Zusammensetzung der Leitliniengruppe .....	39
11.1.1	Redaktion und Koordination .....	39
11.1.2	Beteiligte Fachgesellschaften und Mandatsträger .....	39
11.1.3	Beteiligte Fachgesellschaften und Organisationen .... <b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b>	
11.1.4	Methodik .....	40
12	Gültigkeitsdauer und Aktualisierungsverfahren .....	40
13	Literatur .....	41

## 3 Herausgeber

### 3.1 Federführende Fachgesellschaft

DGMKG

DGZMK

### 3.2 Kontakt

Prof. Dr. Dr. Dirk Nolte

Praxisklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Sauerbruchstr. 48, 81377 München

Tel. 089 7480 9999

Fax: 089 7400 9135

### 3.3 Zitierweise

DGMKG, DGZMK: „Therapie des dentalen Traumas bleibender Zähne“, Langversion, 2021, AWMF-Registriernummer: 083-004, <https://www.awmf.org/leitlinien/detail/II/083-004.html> (Zugriff am: TT.MM.JJJJ)

### 3.4 Redaktioneller Hinweis

Ausschließlich zum Zweck der besseren Lesbarkeit wird auf die geschlechtsspezifische Schreibweise verzichtet. Alle personenbezogenen Bezeichnungen in diesem Dokument sind somit geschlechtsneutral zu verstehen.

## 4 Geltungsbereich und Zweck

### 4.1 Priorisierungsgründe

Eine von allen Fachgesellschaften anerkannte Leitlinie zur Behandlung dentaler Traumata im bleibenden Gebiss in Deutschland gibt es seit 31. Mai 2016. Internationale Empfehlungen liegen von Seiten der IADT (International Association of Dental Traumatology, [www.iadt-dentaltrauma.org](http://www.iadt-dentaltrauma.org)) in aktualisierter Form vor, die auch Traumata der 1. Dentition berücksichtigen (Bourguignon et al. 2020; Day und Gregg 2012; Fouad et al. 2020; Levin et al. 2020). Diese AWMF-Leitlinie soll nun auf die neue Evidenzlage aktualisiert werden, berücksichtigt jedoch nicht die Traumatologie im Milchgebiss.

### 4.2 Zielsetzung und Fragestellung

Mit der vorliegenden Leitlinie soll dem Zahnarzt eine Hilfestellung bei der Erst- und Weiterversorgung dentaler Traumata nach dem aktuellen wissenschaftlichen Stand gegeben werden.

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 Empfehlungen als Therapie-Optionen bzw. Behandlungsvorschläge zu verstehen, deren Nutzen in weiteren Studien zu überprüfen ist.

Behandlungsziele sind die Gewährleistung einer bestmöglichen und zeitnahen Versorgung dentaler Traumata, um Folgeschäden und Komplikationen zu minimieren und einen langfristigen Zahnerhalt zu ermöglichen.

Obwohl Zahntraumata in allen Altersgruppen auftreten, stellt die Kinder und Jugendlichen mit noch im Wachstum befindlichen Gesichtsschädel- und Kieferknochen die entscheidende Zielgruppe dar. Denn hier sollten mindestens bis zum Abschluss des Kieferwachstums bei allen Therapieüberlegungen optimale Voraussetzungen für später notwendig werdende kieferorthopädische, prothetische und/oder implantologische Versorgungen geschaffen werden. Dabei sollte berücksichtigt werden, dass eine kieferorthopädische Vorbehandlung in einigen Fällen günstige Voraussetzungen für weitere Behandlungsoptionen schaffen kann. Ungünstige Auswirkungen, insbesondere auf das vertikale Kieferwachstum bei Ankylose, sind nach Möglichkeit zu vermeiden.

Spezifische Ziele dieser LL sind die

- Erhöhung der Rate an Patienten, bei denen ein Erhalt des traumatisierten Zahns erreicht werden kann.
- Entscheidungshilfe zu einer angemessenen Indikationsstellung für die endodontische, kieferorthopädische, prothetische oder implantologische Versorgung oder zur Zahntransplantation.

### 4.3 Adressaten der Leitlinie

Anwenderzielgruppe:

- Zahnärzte, Fachzahnärzte für Oralchirurgie und Kieferorthopädie
- Mund-Kiefer-Gesichtschirurgen

Darüber hinaus soll die LL auch folgenden Gruppen zur Information dienen:

- Andere medizinische Berufsgruppen, die in die Trauma-Erstversorgung eingebunden sind (Ärzte in der Notaufnahme, insbesondere Kinder- und Jugendärzte, Allgemeinärzte, Notfallmediziner, Anästhesisten, Rettungsfachkräfte etc.).
- Laienhelfer und Betreuungspersonen (z.B. Eltern, Erzieher, Lehrer, Übungsleiter in Sportvereinen)

#### **4.4 Ausnahmen von der Leitlinie**

Diese Leitlinie bezieht sich nicht auf Verletzungen an Milchzähnen sowie auf die Behandlung komplexer Verletzungen des Gesichtsschädels. Jedem Verdacht auf weitere Verletzungen im Kopf-/Halsbereich oder auch an anderen Körperregionen soll nachgegangen und der Patient einer entsprechenden weiterführenden Versorgung zugeführt werden. Hier wird auf die weiterführenden Leitlinien verwiesen (siehe 4.8).

#### **4.5 Patientenzielgruppe**

Alle Patienten mit unfallbedingten Verletzungen an bleibenden Zähnen

#### **4.6 Versorgungsbereich**

Ersthilfe-Situationen, ambulante Versorgung, stationäre Versorgung

#### **4.7 Weitere Dokumente zu dieser Leitlinie**

- Leitlinienreport mit
- ggf. Kurzversion
- Interessenerklärungen

#### **4.8 Verbindungen zu anderen Leitlinien**

Weiterführende Leitlinien:

- Leitlinie Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung (AWMF 012-019, S3; Stand: 07/2016, <https://www.awmf.org/leitlinien/detail/ll/012-019.html> )
- Leitlinie Laterale Mittelgesichtsfrakturen (AWMF 007/016, S2k; Stand: 02/2014; <https://www.awmf.org/leitlinien/detail/ll/007-016.html> )
- Leitlinie Zahnimplantatversorgungen bei multiplen Zahnnichtanlagen und Syndromen (AWMF 083-024; S3; Stand: 12/2016; <https://www.awmf.org/leitlinien/detail/ll/083-024.html> )

## 4.9 Definition des Krankheitsbildes

Als Zahntrauma (dentales Trauma) wird die akute mechanische Verletzung von Zähnen und deren benachbarten Strukturen bezeichnet. Nach der aktuellen IADT-Klassifikation (International Association of Dental Traumatology) erfolgt die Einteilung dentaler Traumata in Frakturen ('tooth fractures') und Luxationsverletzungen ('luxations' bzw. 'luxation injuries'<sup>1</sup>) (Bourguignon et al. 2020; Day et al. 2020; Fouad et al. 2020; Levin et al. 2020). Im deutschen Sprachraum sowie in der vorliegenden Leitlinie wird anstelle der Luxation gemäß IADT aktuell der Begriff Dislokation verwendet entsprechend dem Terminus 'displacement' z.B. nach der Klassifikation von Ellis (1960) bzw. Ellis & Davey (1970). Analog zur IADT werden die Dislokationsverletzungen durch die Begriffe extrusive, intrusive und laterale Dislokation (IADT: 'luxation') sowie den Begriff der Avulsion näher spezifiziert (Flores et al., 2007a; Bourguignon 2020).

### Nomenklatur der Dislokationsverletzungen

IADT	IADT deutsche Übersetzung	Terminus Leitlinie
tooth luxation	Zahnluxation	Zahndislokation
- subluxation	Subluxation	Lockierung
- extrusive luxation/extrusion	extrusive Luxation	Extrusion/extrusive Dislokation
- intrusive luxation/intrusion	intrusive Luxation	Intrusion/intrusive Dislokation
- lateral luxation	laterale Luxation	laterale Dislokation
- avulsion	Avulsion	Avulsion

<sup>1</sup> 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'.

## 4.10 Klassifikation der Zahnverletzungen

Frakturen	Dislokationsverletzungen
<b>Schmelzinfektion</b> Sichtbarer Riss des Zahnschmelzes ohne Substanzverlust	<b>Konkussion</b> <sup>2</sup> Keine Dislokation, keine Lockerung, lediglich Perkussionsempfindlichkeit
<b>Kronenfraktur, begrenzt auf den Schmelz</b> (= Schmelzfraktur)	<b>Lockerung</b> Keine Dislokation, erhöhte Mobilität, Perkussionsempfindlichkeit, Blutung aus dem Sulkus möglich
<b>Kronenfraktur (Schmelz, Dentin, ohne Pulpabeteiligung)</b> (= unkomplizierte Kronenfraktur) Schmelz-Dentin-Fraktur	<b>Laterale Dislokation</b> Dislokation nach <i>oral</i> , oftmals Verkeilung in dieser Position, Aufbissstörung. Dislokation nach <i>vestibular</i> mit oder ohne Verkeilung i. S. e. intrusiven Dislokation (Gemeinsam ist <i>beiden</i> Formen die Dislokation des Zahnes mitsamt der frakturierten festhaftenden bukkalen Lamelle.)
<b>Kronenfraktur (Schmelz, Dentin, mit Pulpabeteiligung)</b> (= komplizierte Kronenfraktur) Schmelz-Dentin-Fraktur mit Freilegung der Pulpa	<b>Extrusive Dislokation (Extrusion)</b> Dislokation nach <i>inzisal</i> , hochgradige Mobilität (Zahn hängt an der Pulpa und/oder an einigen dentogingivalen Fasern.)
<b>Kronen-Wurzelfraktur (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.	<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
<b>Wurzelfraktur ohne Kommunikation zur Mundhöhle</b> Horizontale bzw. schräge Fraktur der Zahnwurzel. Oftmals erhöhte Mobilität des koronalen Fragments ggf. mit Dislokation.	<b>Avulsion</b> Komplette Herauslösung des Zahnes aus seiner Alveole
<b>Wurzelfraktur mit Kommunikation zur Mundhöhle</b> Horizontale bzw. schräge Fraktur der Zahnwurzel. Oftmals erhöhte Mobilität des koronalen Fragments ggf. mit Dislokation	
<b>Wurzellängsfraktur</b> Vollständiger Längsriss mit Kommunikation zur Mundhöhle	

<sup>2</sup> Unter Konkussion wird die Erschütterung der Pulpa verstanden, unter Kontusion die Prellung/Stauchung des Zahnes/Zahnhalteapparates oder Weichteile. Im klinischen Sprachgebrauch werden diese beiden Begriffe oftmals synonym verwendet und im Folgetext mit dem Begriff der Konkussion angegeben.

<b>Fraktur des bezahnten Alveolarfortsatzes</b>
Vertikale oder schräge Fraktur des Alveolarfortsatzes mit/ohne Verlauf durch das Alveolenfach, i.d.R. mehrere Zähne betreffend, mit/ohne Dislokation (Okklusionsstörung), auf Druck federnde Auslenkung möglich, Einrisse der gingivalen Schleimhaut i.d.R. interdental sichtbar, mit/ohne Blutung aus dem Sulkus
<b>Weichteilverletzungen (Lippe, Wange, Zunge)</b>
Begleitende Riss-/Quetsch-/Platzwunden der Weichgewebe in enger Lagebeziehung zur Einwirkung der traumatischen Kräfte, i.d.R. begleitet von stärkerer Blutung, mit/ohne Einsprengung von Fremdkörpern (Zahnfragmente, etc.)

## 4.11 Epidemiologie dentales Trauma

Die Prävalenz des dentalen Traumas wird in nahezu allen Altersgruppen unabhängig von der Region weltweit mit ca. 25 % bis 30 % als hoch angegeben (Bastone et al. 2000; Glendor 2008; Glendor 2009). Eine aktuelle Meta-Analyse aus Publikationen von 1996 bis 2016 zur Verbreitung des dentalen Traumas berichtet, dass weltweit eine Milliarde Menschen ein Zahntreuma erlitten haben (Petti et al. 2018). Damit stellt das Zahntreuma die fünfhäufigste Erkrankung/Verletzung weltweit dar (Abbott 2018; Petti et al. 2018). In Deutschland wird über ähnliche Häufigkeiten mit einer Prävalenz von 6 bis 38 % im Kindes- und Jugendalter berichtet (Brüllmann et al. 2011; Mahmoodi et al. 2015; Maurer 2010). Dislokationsverletzungen der Zähne kommen dabei bevorzugt im Milchgebiss vor, während Kronenfrakturen bevorzugt im bleibenden Gebiss gefunden werden (Bücher et al. 2013; Maurer 2010). Ein erhöhtes Risiko für das Auftreten eines dentalen Traumas stellen Patienten mit einem vorausgegangenen Treuma (Magno et al. 2019) sowie Patienten mit weit protrudierten Oberkieferfront-Zähnen bei zurückliegendem Unterkiefer (sog. Angle-Klasse II1) (Bauss et al. 2008) dar.

## 4.12 ICD-10 Codes

Die zugehörigen Erkrankungen sind bei DIMDI dem beigefügten Internetlink zu entnehmen:  
<http://www.dimdi.de/static/de/klassi/icd-10-who/kodesuche/onlinefassungen/htmlamtl2013/>.

Hierzu zählen u. a.:

K08.1 Zahnverlust durch Unfall, Extraktion oder lokalisierte parodontale Krankheit

K08.3 Verbliebene Zahnwurzel

K08.81 Pathologische Zahnfraktur

K08.88 Sonstige näher bezeichnete Krankheiten der Zähne und des Zahnhalteapparates

K08.9 Krankheiten der Zähne und des Zahnhalteapparates, nicht näher bezeichnet

S00-S09 Verletzung des Kopfes

S02.5 Zahnfraktur

S02.08 Alveolarfortsatzfraktur

S03.2 Zahndislokation

S0.050-S0.058 Oberflächliche Verletzung der Lippe und der Mundhöhle

## 4.13 Symptome

Siehe unter 5.2

## 4.14 Therapieziele

Grundlegende Ziele:

- Sofortversorgung der Wunde mit Reposition und Ruhigstellung der Gewebe, Schmerztherapie, Infektionsprophylaxe, Abklärung des Impfstatus (Tetanus), Vermeidung des Zahnverlustes mit Offenhalten aller sinnvollen Therapieoptionen
- Vermeidung von Infektionen unfallbedingt geschädigter Gewebe und von weiteren Komplikationen wie Entzündung, Schwellung, Abszess, progrediente Resorptionen, Frühverlust von Zähnen und zahnumgebenden Geweben wie Alveolarknochen und Weichgeweben.
- Erhalt von Weichgeweben, Alveolarfortsatz, Endodont, Parodont, Zahnhartsubstanz
- Zahnerhalt, Sicherung des optimalen Kieferwachstums möglichst bis zu dessen Abschluss
- Wiederherstellung von Form (Anatomie) und Funktion (Ästhetik, Okklusion, Artikulation, Phonation)

Eine adäquate Versorgung von Zahntraumata kann im Einzelfall komplex sein. Da das rechtzeitige Erreichen einer auf Zahnunfälle spezialisierten Einrichtung in den meisten Fällen unrealistisch erscheint, sollte eine adäquate Diagnostik und Primärtherapie in jeder Praxis sichergestellt sein. Für die Weiterversorgung gilt es, die eigenen Grenzen bei der Therapie komplexer Zahnverletzungen realistisch einzuschätzen und ggf. die Weiterbehandlung durch eine spezialisierte Einrichtung oder Praxis zu veranlassen.

Außerdem ist ein Ausschluss von Alveolarfortsatz-, Unterkiefer-, Mittelgesichtsfrakturen und weiteren schwerwiegenderen Verletzungen im Kopf-Hals-Bereich (Schädel-Hirn-Trauma mit/ohne retrograde Amnesie) notwendig, die im Einzelfall eine sofortige Überweisung an eine Fachklinik nach sich ziehen kann.

# 5 Diagnostik

## 5.1 Anamnese

Im Rahmen der Anamneseerhebung **sollen** erhoben werden:

- Behandlungsrelevante Grunderkrankungen (z.B. hämorrhagische Diathesen, Allergien, Immunsuppression, Stoffwechselerkrankungen, Herzerkrankungen und medikamentöse Therapien, Hirndurchblutungsstörung, Vestibularisschwindel)

Zusätzlich zur sorgfältigen allgemeinen Anamnese **sollen** folgende traumarelevanten Aspekte erfragt werden:

- Abklärung der Sturzursache
- Hinweise auf Schädel-Hirn-Trauma (Kopfschmerzen, Ohnmacht [anterograde/retrograde Amnesie], Übelkeit, Erbrechen, Blutung aus Nase/Ohren)
- Immunitätsschutz Tetanus (Impfung)

- Unfallhergang (Wo? Wie? Wann? Wer? Fremdverschulden? Roheitsdelikt?)
- Wegeunfall, Schulunfall, Arbeitsunfall (Polizei, Versicherungsträger)
- Laufende kieferorthopädische Therapie

16/16

## 5.2 Notwendige Untersuchungen zur Therapieentscheidung

Die klinische Untersuchung **sollte** nach dem Grundprinzip „Hartgewebe vor Weichgewebe“ und „von innen nach außen“ jeweils mit Inspektion, Palpation und Funktionsprüfung erfolgen. Die Inspektion **sollte** die gesamte Mundhöhle umfassen:

15/15

### 5.2.1 Intraoral

- Weichgewebe (Lippe, Zunge, Gingiva, Schleimhaut)
  - ✓ Perforierende Verletzungen (Fremdkörper, Zahnfragmente)
  - ✓ Riss-, Biss-, Quetschwunden
  - ✓ Schwellungen
- Zähne
  - ✓ Zahnhartsubstanz
    - Frakturierte (fehlende oder mobile) Zahnanteile
    - Dislokation eines gelockerten Zahnfragments, ggf. Okklusionsstörung
    - Risse (Transillumination)
  - ✓ Endodont
    - Exponierte Pulpa
    - Veränderte Sensibilität, Sensibilitätstest: Eisspray, CO<sub>2</sub>, elektrisch (primär wenig aussagekräftig, aber vorteilhaft für Verlaufskontrolle)
  - ✓ Parodont
    - Klopftestempfindlichkeit, Perkussionstest
    - Metallischer (heller) Klopfschall (Ankylose, traumatische Intrusion)
    - Prüfung auf Lockerung der offensichtlich betroffenen und der benachbarten Zähne
    - Dislokation des Zahnes ohne/mit Okklusionsstörung
    - Vollständiger Verlust des Zahnes (leere Alveole)
    - Sulkusblutung (perialveolare Blutung)
- Alveolarfortsatz
  - ✓ Alveolarfortsatz
    - Okklusionsstörung
    - Abnorme Knochenbeweglichkeit
    - Knochenstufen tastbar
- Zahnersatz (vorhandener Zahnersatz, fehlende oder abnorm mobile Teile)

### 5.2.2 Extraoral

- Weichgewebe (Haut, Lippen)
  - ✓ Perforierende Verletzungen (Fremdkörper, Zahnfragmente)
  - ✓ Riss-, Quetsch-, Platz-, Schürfwunden
  - ✓ Schwellungen
- Hartgewebe/Knochen

- ✓ Dislokationen / Deformationen
- ✓ Tastbare Stufen
- ✓ Abnorme Beweglichkeit (evtl. Kreptitation)
- Funktion
  - ✓ Kieferöffnung/Unterkieferbeweglichkeit
  - ✓ Okklusionsstörung

## 5.3 Bildgebende Diagnostik

### 5.3.1 Röntgen

Bei anamnestischem und/oder klinischem Verdacht auf ein dentales Trauma **soll** eine bildgebende Diagnostik erfolgen.

15/15

Je nach klinischem Befund und je nach Fragestellung **können** folgende Verfahren zur Anwendung kommen:

- Intraorale Aufnahme (Einzelzahnaufnahme, Zahnmfilm)
  - ✓ Zahn-/Wurzelfrakturen
  - ✓ Dislokation von Zähnen oder Zahnfragmenten
  - ✓ Integrität der Knochen- und Parodontalstrukturen (z.B. Veränderung von Form und Verlauf des Parodontalspaltes)
  - ✓ Stadium Wurzelentwicklung, Größe des Pulpenkavums
  - ✓ Sekundäre wie externe und interne Resorptionen, apikale Aufhellungen (apikale Parodontitis, laterale Parodontitis)
- Okklusalaufnahme (Aufbissaufnahme)
  - ✓ Zahn-/Wurzelfrakturen
  - ✓ Dislokation von Zähnen oder Zahnfragmenten
  - ✓ Größeres Volumen bei tiefen Verletzungen zum Ausschluss von Fremdkörpern im Weichgewebe
- Panoramischichtaufnahme (PSA, OPG)
  - ✓ Kiefer-/Gelenkfrakturen
  - ✓ Dislokation von Zähnen oder Zahnfragmenten

Im Einzelfall **können** zusätzlich dreidimensionale Röntgenverfahren zur Anwendung kommen, wenn therapeutisch relevante Informationen dringend benötigt werden.

14/14

Bei Kindern reagieren die Gewebe deutlich empfindlicher auf die Wirkungen ionisierender Strahlung und Kinder unter 10 Jahren haben eine 3-fach höhere Wahrscheinlichkeit für strahleninduzierte stochastische Effekte als 30-jährige (Horner et al. 2004). Daher sollte bei vorliegender Indikation das DVT dem *Standard-CT* aufgrund der niedrigeren Strahlenbelastung vorgezogen werden. Mit dem *Dental-CT* sind an einigen Geräten und unter Anwendung spezieller Protokolle ähnlich niedrige Dosen wie mit DVT-Geräten des mittleren oder oberen Dosisbereichs erreichbar.

- **DVT** (Digitale Volumentomographie) mit adaptiertem Volumen und in hoher Ortsauflösung
  - ✓ Kiefer-/Gelenkfrakturen
  - ✓ Dislokationen von Zähnen oder Zahnfragmenten
- **CT** (Computertomographie)
  - ✓ Neurologische Indikation (z.B. retrograde Amnesie, Bewusstlosigkeit)

- ✓ Kiefer-/Gelenkfrakturen
- ✓ Dislokationen von Zähnen oder Zahnfragmenten
- ✓ Fremdkörper im Weichgewebe

### 5.3.2 Dentale Fotografie

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 (Haftungs-Gesichtspunkte) eingesetzt werden und von labial und von inzisal am Unfalltag vor der weiteren Therapie erfolgen.

15/15

Dies erleichtert auch die therapeutisch relevante Einschätzung über das Ausmaß einer Dislokationsverletzung und hat einen maßgeblichen Einfluss darauf, ob eine endodontische Intervention notwendig wird. Diese Information ist nach Reposition nicht mehr vorhanden und kann auch auf dem Röntgenbild nach Therapie nicht mehr beurteilt werden.

## 5.4 Dokumentation

Die wesentlichen Befunde **sollen** aus Gründen der Sorgfalts- und Dokumentationspflicht in strukturierter Form dokumentiert werden.

15/15

Die Dokumentation **kann** auf vorgefertigten Befundblättern erfolgen, um die vollständige Erhebung der relevanten Parameter zu erleichtern. Es **kann** zum Beispiel das Erfassungsformular Frontzahntrauma der DGZMK oder ein anderes Formular Verwendung finden.

Link:<https://www.dgzmk.de/documents/10165/3503862/Befundbogen+Frontzahntrauma+DGET+END>

Für die Aufklärung und Sensibilisierung der Bevölkerung bietet die DGZMK eine Patienteninformation mit Empfehlungen zum Verhalten am Unfallort unter folgendem Link an:

[https://www.dgzmk.de/documents/10165/1430990/PI\\_Zahntrauma+Kinder\\_2020.pdf](https://www.dgzmk.de/documents/10165/1430990/PI_Zahntrauma+Kinder_2020.pdf)

## 6 Therapie

*Folgende Grundsätze **sollten** beachtet werden:*

- Minimal invasives Vorgehen mit Reposition und Ruhigstellung sowie Weichteilversorgung in der Akutsituation, invasives Vorgehen (z.B. Extraktion, Entrümmerung, Sofortimplantation etc.) vermeiden.
- Vorgehensweise nach dem chirurgischen Grundsatz: Hartgewebe vor Weichgewebe und von innen nach außen
- Sofortmaßnahme: Avulsierte Zähne zellphysiologisch lagern (bevorzugt Zahnrettungsbox), bis der Patient (wieder) zahnmedizinisch versorgt werden kann.
- Alternative Lagerungen (in alphabetischer Reihenfolge): Alveole, H-Milch, isotone Kochsalzlösung, Mundspeichel, Ringerlösung (Blomlöf 1981; Layug et al. 1998).

7/7; 7 Enthaltungen wegen IKs; gesamt 14/14

## 6.1 Prävention

Die anatomischen Risikofaktoren für ein Frontzahntrauma in der Gesamtbevölkerung wurden unlängst in einem Umbrella-Review (Magno et al. 2019) (Qualität +, LoE 2++) umfassend analysiert. Dieser ergab, dass ein vergrößerter Overjet, eine unzureichende Lippenbedeckung, ein anterior offener Biss, das männliche Geschlecht, das Alter des Kindes, Karies im bleibenden Gebiss, Übergewicht, eine Vorgesichte von traumatischen Zahnverletzungen, Zungenpiercings, der Konsum alkoholischer Getränke sowie sportliche Aktivitäten mit einer größeren Wahrscheinlichkeit assoziiert waren, ein dentales Trauma zu erleiden. Dies bedeutet, dass insbesondere Patienten mit stark vergrößerter Frontzahnstufe und fehlender Lippenbedeckung der Schneidezähne von einer frühzeitigen kieferorthopädischen Korrektur bereits vor der zweiten Wechselgebissphase profitieren können (Bauss et al. 2008).

Zur Prävention **sollte** das Tragen eines Sportmundschutzes bei Kontaktsparten empfohlen werden, da dadurch die Inzidenz eines Frontzahntraumas deutlich verringert werden kann (Fernandes et al. 2019).

13/13; 1 Enthaltung wegen IK

Malokklusionen erhöhen das Risiko für traumatische Zahnverletzungen (Bauss et al. 2008; Corrêa-Faria et al. 2016; O'Mullane 1973). Eine kieferorthopädische Behandlung für Kinder mit solchen Merkmalen könnte daher hilfreich sein, um Frontzahntraumata sowie die daraus resultierenden Spätfolgen zu verhindern. Eine kontinuierlich aktualisierte Serie von Cochrane Reviews (Thiruvenkatachari et al. 2015; Thiruvenkatachari et al. 2013) zur Behandlung von Klasse II Malokklusionen bestätigt aktuell (Batista et al. 2018) den Vorteil einer frühen (zweiphasigen) Behandlung bei der Reduktion der Inzidenz von Schneidezahntraumata.

## 6.2 Frakturen

### 6.2.1 Schmelzinfektion

= unvollständige, sichtbare Fraktur des Zahnschmelzes ohne Substanzverlust (Andreasen JO 1972).

Schmelzinfektionen (Synonym: Schmelzfraktur) oder Schmelzsprünge sind Risse, die ausschließlich auf den Schmelz begrenzt sind und je nach Gewalteinwirkung und -richtung unterschiedliche Verlaufsmuster zeigen. Klinisch sind Schmelzinfektionen selten (nur in 4% der Fälle) ohne die Hilfe einer zusätzlichen Lichtquelle erkennbar (Zachrisson et al. 1980).

Eine Kaltlichtquelle **kann** zur Diagnostik hilfreich sein. Schmelzinfektionen sind oft die einzigen klinisch sichtbaren Zeichen eines Traumas, die dann Hinweise auf weitere Verletzungen, insbesondere des Parodonts, liefern können. Häufig bleibt die Zuordnung zu einem traumatischen Ereignis schwierig.

Schmelzinfektionen bedürfen i.d.R. keiner restaurativen Therapie.  
Bei Schmelzinfektionen sind im Regelfall auch keine speziellen Therapiemaßnahmen der Pulpae erforderlich. Die Sensibilität („Vitalität“) des Zahnes **sollte** im Rahmen von jährlichen

Nachkontrollen überprüft werden, da Infraktionen und Mikrorisse Eintrittspforten für Mikroorganismen sein können.

12/15; 1x nein; 2 Enthaltungen wegen IKs

Ausgeprägte Risse können mit einem Adhäsivsystem versiegelt werden, um die Pulpa vor einer möglichen bakteriellen Invasion zu schützen und um eine ästhetisch störende extrinsische Verfärbung der Risse zu verhindern (Love 1996).

Die Prognose nach Schmelzinfektionen ist sehr gut. Bei Infektionen muss in 0–3,5% (Nielsen und Ravn 1981; Stålhane und Hedegård 1975) der Fälle mit einer Pulpanekrose gerechnet werden. Die Pulpanekrosen sind dabei oft auf eine übersehene begleitende Konkussion, Lockerung oder bakterielle Invasion über Schmelzrisse zurückzuführen (Love 1996).

### 6.2.2 Kronenfraktur

#### 6.2.2.1 Kronenfraktur, begrenzt auf den Schmelz (= Schmelzfraktur)

= Frakturen, die ausschließlich den Zahnschmelz betreffen

Bei Schmelzfrakturen sind im Regelfall **keine speziellen Therapiemaßnahmen der Pulpa erforderlich**. Eine Versiegelung unter Anwendung der Säureätztechnik kann bei ausgeprägten Schmelzfrakturen in Hinblick auf eine eventuelle Schädigung der Pulpa sinnvoll sein. Die Sensibilität („Vitalität“) des Zahnes **sollte** im Rahmen von jährlichen Nachkontrollen überprüft werden, da Frakturen und Mikrorisse Eintrittspforten für Mikroorganismen sein können.

Schmelzfrakturen bedürfen - sofern ästhetisch vertretbar und abhängig vom Schweregrad - keiner restaurativen Sofortversorgung. Bei Schmelzfrakturen **kann** je nach Ausmaß des Defekts eine einfache Schliffkorrektur zur Rekonturierung des Zahnes ausreichend sein. Bei Bedarf **kann** zu einem späteren Zeitpunkt adhäsiv versorgt werden.

11/13; 2 Enthaltungen wegen IKs;

Die Prognose nach Schmelzfrakturen ist ausgezeichnet. Bei Frakturen muss in 0–1% (Ravn 1981; Stålhane und Hedegård 1975) der Fälle mit einer Pulpanekrose gerechnet werden, die jedoch oft auf eine übersehene begleitende Konkussion, Lockerung oder bakterielle Invasion über Risse zurückzuführen ist (Love 1996).

#### 6.2.2.2 Kronenfraktur (Schmelz-Dentin)

##### 6.2.2.2.1 Ohne Pulpabeteiligung (=unkomplizierte Kronenfraktur)

= Fraktur der Zahnkrone unter Mitbeteiligung von Schmelz und Dentin ohne Exposition der Pulpa (Andreasen 1972).

Bei Dentinwunden besteht eine Infektionsgefahr des Endodonts. Bei Kronenfrakturen mit freiliegendem Dentin **soll** deshalb die restaurative Therapie in erster Linie auf das optimale Abdichten der Dentinwunde ausgerichtet sein.

11/13, 2 Enthaltungen wegen IKs

Die Dentinwunde **kann** nach der Konditionierung mit Phosphorsäure mit der Total-Bond-Technik versiegelt werden (Costa et al. 2003; Hanks et al. 1988). 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 (Costa et al. 2003).

Wenn eine definitive Versorgung nicht sofort möglich ist, **sollte** zum Schutz der Pulpa eine bakteriedichte Abdeckung mit einem geeigneten Material (beispielsweise Dentinadhäsiv, Glasionomerzement) erfolgen.

12/15; 1 Enthaltung wegen IK; 2 Enthaltungen

Bei der definitiven Therapie stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung:

1. Wiederbefestigung des Fragments (Reattachment)

Fragmente, die in einem Stück vorliegen, sicher repositionierbar sind und über eine ausgedehnte Adhäsionsfläche sowie einen günstigen Frakturverlauf verfügen, können wiederverwendet werden. Durch lange trockene Lagerung verfärbte Bruchstücke können vorab über 24 Stunden in Wasser oder Kochsalzlösung rehydrieren (Farik et al. 1999).

2. Direkte Restauration (Kompositaufbau)

3. Indirekte Restauration (Veneer, Krone)

Zähne mit Kronenfrakturen ohne direkte Pulpabeteiligung **sollten** innerhalb des ersten Jahrs nach dem Trauma mindestens einmal nachuntersucht werden.

13/14; 1 Enthaltung

Die Prognose für das Überleben der Pulpa nach einer unkomplizierten Kronenfraktur ist bei adäquater Versorgung gut. Mit einer Pulpanekrose muss in höchstens 6% der Fälle gerechnet werden (Zadik et al. 1979). Kanalobliterationen und externe Wurzelresorptionen kommen selten vor (< 1%). Dabei handelt es sich wahrscheinlich um Folgen nicht diagnostizierter Konkussionen oder Lockerungen. Ein höheres Risiko einer späteren Pulpanekrose liegt bei gleichzeitiger Dislokation des Zahnes vor (Robertson et al. 2000).

#### 6.2.2.2.2 Mit Pulpabeteiligung (=komplizierte Kronenfraktur)

= Kronenfraktur (Schmelz-Dentin) mit Eröffnung der Pulpa

Die Exposition der Pulpa nach Zahntrauma bietet meist sehr günstige Voraussetzungen für vitalerhaltende Maßnahmen, sofern keine Vorschädigung der Pulpa und keine begleitende ausgeprägte Dislokationsverletzung vorliegt. Nach Eröffnung des Pulpakavums kommt es durch das Eindringen von Bakterien zur Entzündungsreaktion, die jedoch selbst nach mehreren Tagen auf den koronalen Anteil beschränkt bleibt (Cvek et al. 1982). Somit ist die Vitalerhaltung auch in Fällen möglich, in denen die Erstversorgung nicht direkt nach dem Unfall stattfinden kann. Erfolgt keine oder eine unzureichende Therapie, kommt es nachfolgend zu Pulpanekrose (Kakehashi et al. 1965). Das primäre Ziel der Behandlung ist die Entzündungsfreiheit und Erhaltung der Vitalität der Pulpa durch einen möglichst dichten Verschluss zur Mundhöhle.

Vor der restaurativen Versorgung einer komplizierten Kronenfraktur **sollte** je nach Traumatisierungsgrad eine vitalerhaltende Maßnahme durchgeführt werden. Insbesondere **sollte** bei Zähnen mit nicht abgeschlossenem Wurzelwachstum versucht werden, die Wurzelpulpa vollständig oder partiell vital zu erhalten, um die weitere Entwicklung der Wurzel bis zum Erreichen der vollen Länge und Wandstärke zu ermöglichen (Krastl et al. 2021b). Ist die Vitalerhaltung der Pulpa nicht möglich, **sollten** weiterführende endodontische Maßnahmen eingeleitet werden.

14/14

Dazu können je nach Situation folgende Vorgehensweisen indiziert sein:

## 1. Direkte Überkappung

Bei kleinflächiger Eröffnung kann innerhalb der ersten Stunden nach Trauma die Pulpawunde, unabhängig vom Stadium der Wurzelentwicklung, direkt überkappt werden. Die Erfolgssicherheit wird mit 43%-90% angegeben (Krastl et al. 2021a).

## 2. (Partielle) Pulpotomie

Als bevorzugte Therapieoption sollte die partielle Pulpotomie durchgeführt werden (Krastl et al. 2021b).

14/14;

Hierbei wird die Kronenpulpa von der exponierten Stelle ausgehend um 2 mm reduziert, um potenziell entzündete und irreversibel geschädigte Pulpaanteile zu entfernen (Galler et al. 2019; Krastl et al. 2021b). Die Erfolgssicherheit ist mit über 90 % unabhängig von der Größe der Freilegung und dem Zustand des Wurzelwachstums (Bimstein und Rotstein 2016; Cvek 1978; Krastl et al. 2021b) sehr hoch und wird auch von einer zeitlichen 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 wurde (anhaltende Blutung länger als 5 Minuten), kann eine vollständige Pulpotomie (Vitalamputation), also die Entfernung der gesamten Kronenpulpa, als letzte Möglichkeit zur Vitalerhaltung erwogen werden.

13/13

Bei Zähnen mit offenem Apex kann damit das Wurzelwachstum noch zum Abschluss kommen.

Nach direkter Überkappung oder (partieller) Pulpotomie sollte ein pulpaverträgliches, bioaktives Material in Kontakt mit dem verbliebenen Pulpagewebe verwendet werden.

13/14; 1 Enthaltung wegen IK

Bei vitalerhaltenden endodontischen Maßnahmen nach Pulpalexposition im Rahmen der Kariesexkavation zeigen hydraulische Kalziumsilikatzemente eine höhere Erfolgssicherheit als Kalziumhydroxid (Duncan et al. 2019). Bei der Behandlung der traumatisch exponierten Pulpa konnte hinsichtlich der Erfolgsrate kein Unterschied zwischen beiden Materialien nachgewiesen werden (Bissinger et al. 2021; Dammaschke et al. 2019). Demnach kann Kalziumhydroxid als Überkappungsmaterial nach wie vor verwendet werden. Bei Verwendung hydraulischer Kalziumsilikatzemente sollten Materialien mit geringem Verfärbungspotential ausgesucht werden (Krastl et al. 2021b). Der bakteriendichte Verschluss ist zwingende Voraussetzung für den Erfolg vitalerhaltender Maßnahmen.

## 3. Pulpektomie

Bei begleitender Dislokationsverletzung ist die Durchblutung der Pulpa eingeschränkt oder komplett unterbunden und damit das Risiko des Misserfolges vitalerhaltender Maßnahmen signifikant erhöht (Bissinger et al. 2021). In solchen Fällen sollte deswegen die Pulpektomie durchgeführt werden, ebenso bei umfangreichem Hartsubstanzverlust der Zahnkrone, wenn die definitive Restauration zusätzlich mit einem Stift adhäsiv im Wurzelkanal verankert werden muss (Krastl et al. 2021b).

14/15; 1 Enthaltung

Die Behandlung von Kronenfrakturen mit Pulpabeteiligung unterscheidet sich von der Behandlung unkomplizierter Kronenfrakturen ohne Pulpabeteiligung nur bezüglich der Versorgung der freiliegenden Pulpa. Die definitiven Rekonstruktionsmöglichkeiten und -prozeduren sind wie unter 6.2.2 beschrieben.

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.

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

Bei Zähnen mit offenem Apex sind Langzeiteinlagen mit Kalziumhydroxid in der Lage, eine apikale Hartgewebsbarriere zu induzieren, die wiederum günstigere Bedingungen für die Applikation einer konventionellen Wurzelkanalfüllung schaffen. Hierzu sind raumfüllende Einlagen mit Kalziumhydroxid über mehrere Monate notwendig, wobei das Material in regelmäßigen Intervallen gewechselt wird. Ein Vorteil von Kalziumhydroxideinlagen im Vergleich zu aushärtenden Zementen liegt in deren leichten Entfernbartigkeit bei notwendiger endodontischer Re-Intervention, z.B. bei geplanter Dekoronation.

Trotz hoher 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 (Cvek 1992). 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 zurückzuführen, während der die dünnen Dentinwände im zervikalen Bereich nicht adhäsiv stabilisiert werden können.

Vor diesem Hintergrund **kann** die Apexifikation mit Kalziumhydroxid zur Behandlung von Zähnen mit offenem Apex durchgeführt werden. Es **sollten** jedoch die Vor- und Nachteile gegeneinander abgewogen werden (Bonte et al. 2015; Huang 2009).

### **2. Apikaler Verschluss mit hydraulischem Kalziumsilikatzement (MTA-Plug)**

Bei Zähnen mit apikalem Durchmesser > 0,4 mm wird nach Desinfektion des Kanalsystems ein biokompatibler hydraulischer Kalziumsilikatzement (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 (Mente et al. 2009). Die Erfolgsquoten für den apikalen Verschluss mit MTA liegen nach über 4 - 8 Jahren bei über 90% (Mente et al. 2013; Ree und Schwartz 2017). Der Nachteil des MTA-Plugs besteht in der fehlenden Reversibilität (Entfernbartigkeit) 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 hydraulischem

Kalziumsilikatzement abgedeckt und der Zugang bakteriedicht 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 (Galler et al. 2016). Die Erfolgsquoten nach Revitalisierung hinsichtlich der Ausheilung periapikalcrer Entzündungen entsprechen denjenigen nach apikalem Verschluss (Torabinejad et al. 2017). Darüber hinaus ist ein Fortschritt des Wurzelwachstums in seiner Länge und Dicke möglich, aber nicht sicher vorhersagbar (Kahler et al. 2017).

Die Therapieentscheidung **sollte** individuell getroffen werden, wobei bei frühen Stadien der Wurzelentwicklung der Revitalisierung als wenig invasives Verfahren mit Potential zur weiteren Wurzelentwicklung der Vorzug gegeben werden sollte.

15/15

#### 6.2.3 Kronen-Wurzel-Fraktur

= Schmelz-Dentin-Fraktur unter Beteiligung der Zahnkrone und der Zahnwurzel mit und ohne Pulpabeteiligung.

An Oberkieferfrontzähnen zeigt sich ein typischer Verlauf: Im labialen Bereich verläuft die Fraktur para- oder supragingival, palatinal reicht der Defekt oftmals subgingival weit in den Wurzelbereich hinein. Typischerweise ist das kronentragende Fragment zwar locker, aber palatinal noch durch den Faserapparat befestigt. Erst nach Entfernung des Zahnfleisches kann der gesamte Frakturverlauf suffizient beurteilt werden. Vielfach fallen dann im zervikalen Wurzelbereich weitere, kleinere Dentinaussprengungen auf.

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 (Krastl et al. 2020). 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. Die definitive Restauration sollte die biologische Breite berücksichtigen (Schmidt et al. 2013) und bei geplanter Überkronung eine ausreichende zervikale Umfassung des Defektes (ferrule design) gewährleisten (Naumann et al. 2018; Skupien et al. 2016).

Erscheint der Zahnerhalt möglich, stehen hierzu verschiedene Behandlungsalternativen zur Verfügung, die maßgeblich davon abhängen, ob die Defektlokalisation eine suffiziente restaurative Versorgung zulässt bzw. mit welchen Mitteln diese erreicht werden kann (Krastl et al. 2011). Während nach derzeitigem Stand keinem der genannten Verfahren in Bezug auf Langzeitergebnisse der Vorzug gegeben werden kann, gibt es indikationsspezifische Unterschiede.

#### Adhäsive Fragmentbefestigung

Das bei Kronen-Wurzelfrakturen meist vorhandene koronale Fragment **kann** adhäsiv befestigt werden, sofern durch Elektrotomie oder Aufklappung suffiziente Bedingungen für adhäsive Maßnahmen geschaffen werden können.

11/14; 2 Enthaltungen wegen IKs; 1 Enthaltung

Klinische Studien zeigen sehr gute Ergebnisse innerhalb der ersten 2 Jahre (Eichelsbacher et al. 2009), aber auch erhöhte Komplikationsraten und einen negativen Einfluss auf die

parodontale Gesundheit der versorgten Zähne nach einem Beobachtungszeitraum von 8 Jahren (Soliman et al. 2020).

### **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 (Krastl et al. 2021b).

12/15; 2 Enthaltungen wegen IKs; 1 Enthaltung

Allerdings bleiben dadurch subgingivale Dentinareale unversorgt.

### **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 Osteotomie handelt es sich bei der chirurgischen Kronenverlängerung um das invasivste Verfahren zur restorativen Versorgung tief frakturierter Zähne. Als weitere Nachteile werden Rezidive (Pilalas et al. 2016) sowie eine mögliche Beeinträchtigung der Ästhetik am therapierten Zahn sowie an den Nachbarzähnen (Nobre et al. 2017) beschrieben.

### **Restaurative Versorgung nach kieferorthopädischer Extrusion**

Im Hinblick auf Kronen-Wurzel-Frakturen bzw. zervikale Wurzelsfrakturen stellt die kieferorthopädische Extrusion eine schonende Behandlung mit dem Vorteil dar, dass bei schneller Extrusion die Gingivahöhe erhalten bleibt. Prapas et al. unterscheiden hierbei die klassische langsame kieferorthopädische Extrusion (maximal 1-2 mm pro Monat) durch leichte Kräfte und die schnelle Extrusion, bei der der Zahn mit starken Kräften aus der Alveole bewegt wird (3-4 mm pro Monat) (Prapas et al. 2008). Während bei der langsamen Extrusion Alveolarknochen und Weichgewebe dem Zahn in gleichem Ausmaß zu folgen scheinen, bleiben bei der schnellen Extrusion die umgebenden Gewebe weitgehend zurück (Prapas et al. 2008). Um bei einer schnellen Extrusion sicherzustellen, dass keine limbale Knochenapposition durch Mitwanderung der Gingiva erfolgt, sollte bei der schnellen kieferorthopädischen Extrusion in regelmäßigen Abständen u.a. eine suprakrestale Fibrotomie durchgeführt werden (Carvalho et al. 2006). Wird bei der kieferorthopädischen Extrusion keine regelmäßige suprakrestale Fibrotomie durchgeführt, kommt es auch zu einer Koronalverlagerung von Gingiva und Knochen, was bei dieser Indikation in der Regel nicht erwünscht ist (Carvalho et al. 2006).

### **Restaurative Versorgung nach chirurgischer Extrusion**

Bei der auch als intraalveolare Transposition bzw. chirurgische Anluxation (engl.: surgical uprighting) bekannten Methode wird die Wurzel extrahiert, replantiert und in einer weiter koronal gelegenen Position geschient (Plotino et al. 2021). Bei Oberkieferfrontzähnen ist aufgrund des Niveauunterschiedes zwischen palatinalem und bukkalem Verlauf von Gingiva und Alveolarknochen eine Drehung der zu replantierenden Wurzel um 180 Grad sinnvoll. Durch diese Maßnahme muss der Zahn nicht so weit extrudiert werden, bis die

Defektgrenzen supragingivale Bereiche erreichen. Hier liegt auch einer der Vorteile im Vergleich zur oben beschriebenen kieferorthopädischen Extrusion.

Bei atraumatischer Extraktionstechnik ist der mechanische Schaden für die Wurzelzementschicht gering und eine parodontale Heilung (ohne Ankylose) zu erwarten (Krug et al. 2018). Elf klinische Studien bescheinigen dem Verfahren eine hohe Erfolgssicherheit (Plotino et al. 2020). Dennoch ist im Vergleich zur kieferorthopädischen Extrusion das Risiko für Wurzelresorptionen erhöht (Kim et al. 2009), insbesondere wenn eine atraumatische Extraktion nicht sicher durchführbar ist. Ein weiterer Nachteil ist die Notwendigkeit einer Wurzelkanalbehandlung bei Zähnen mit abgeschlossenem Wurzelwachstum, die analog zur Avulsion innerhalb der ersten 2 Wochen nach chirurgischer Extrusion eingeleitet werden soll.

Die ästhetische Rehabilitation schließt - in Abhängigkeit von der verbliebenen Restzahnsubstanz - alle Möglichkeiten der restaurativen Versorgung vom Kompositaufbau bis zur Überkronung mit ein.

### Extraktion mit nachfolgender Lückenversorgung

Bei sehr weit nach apikal reichenden Kronen-Wurzel-Frakturen und/oder zusätzlichen Frakturen im Wurzelbereich, bei denen die oben aufgeführten Therapieoptionen nicht erfolgversprechend erscheinen, sollte der Zahn extrahiert und eine in Abhängigkeit vom Patientenalter geeignete Art der Lückenversorgung gewählt werden (siehe Kap. 6.4).

15/15

## 6.2.4 Wurzelfraktur mit / ohne Kommunikation zur Mundhöhle

### 6.2.4.1 Intraalveolare Fraktur

= Intraalveolär und weitgehend quer bzw. schräg zur Wurzelachse verlaufende Fraktur (früher: Querfraktur)

Folgende Grundsätze **sollten** beachtet werden:

- Ausschluss Korrespondenz Bruchspalt/Mundhöhle via Sulkus/Tasche
- Ansonsten: Entfernung des koronalen Fragments
- Bei Erhalt des koronalen Fragments:
  - Bei disloziertem koronalem Fragment Repositionierung
  - Schienung über 4 Wochen, bei ausgeprägter Dislokation Schienung bis 12 Wochen (s. Tabelle 6.3)
  - Bei vitaler Pulpa engmaschige Kontrolle
  - Bei zum Zeitpunkt des Unfalls gesichertem Verdacht einer avitalen Pulpa oder Entwicklung einer Pulpanekrose im weiteren Verlauf: Wurzelkanalbehandlung des koronalen Fragments
- Nach Entfernung des koronalen Fragmentes und erhaltungswürdigem Wurzelanteil:
  - Wurzelkanalaufbereitung
  - Chirurgische Extrusion mit Schienung (zwischen 2 bis 8 Wochen; s. Tabelle 6.3) oder kieferorthopädische Extrusion und Retention für 3 Monate
  - Definitive Wurzelkanalfüllung
  - Prothetische Versorgung

18/18

Die Lokalisation spielt eine untergeordnete Rolle, wenn die Fraktur schräg verläuft und apikales und mittleres Drittel erfasst. Die primäre Therapie einer Wurzelquerfraktur hängt von der *Lage des Frakturspaltes in Relation zum gingivalen Sulkus* (Kommunikation zur Mundhöhle) ab.

Gute Voraussetzungen für den Erhalt beider Fragmente liegen vor, wenn sich keine Verbindung zwischen Frakturspalt und Mundhöhle ergibt. Zum Ausschluss einer solchen Verbindung sollte eine sorgfältige zirkuläre Sondierung des Zahnes nach Wiederherstellung des gingivalen Attachments erfolgen. In diesem Fall ist bei initial vitaler Pulpa keine Wurzelkanalbehandlung indiziert.

Die Reposition des oftmals dislozierten koronalen Fragments und die anschließende Schienung zielen auf eine pulpale Regeneration und im Idealfall auf die Einlagerung von osteoidem Hartgewebe in den Frakturspalt ab (Andreasen und Hjorting-Hansen 1967). Bei Wurzelfraktur **sollte** die Schienungszeit 4 Wochen betragen und **kann** auf bis zu 12 Wochen in Abhängigkeit vom Schweregrad der Dislokation und vom Frakturlinienverlauf verlängert werden (Diangelis et al. 2012) (s. Tabelle 6.3). Mit nahezu 80 % ist die Prognose der Erhaltung von Zähnen mit intraalveolarer Wurzelfraktur günstig (Abbott 2019; Andreasen et al. 2004a; Andreasen et al. 2004b).

18/18

Das Auftreten von Obliterationen ist möglich. Sie können als sichere Zeichen pulpaler Vitalität interpretiert werden und geben keinen Anlass zur Wurzelkanalbehandlung des betroffenen Zahnes (Bauss et al. 2010). Bei negativem Sensibilitätstest und klinisch und/oder röntgenologisch sicheren Hinweisen auf vom infizierten Endodont ausgehende Veränderungen wie laterale Läsionen im Bereich des Frakturspalts und zunehmende Diastase (Hülsmann 1999), anhaltende Lockerung des koronalen Fragments, deutlicher Perkussionsschmerz und verbreiterter Frakturspalt im Röntgenbild **sollte** eine auf das koronale Fragment beschränkte Wurzelkanalbehandlung erfolgen.

Sind die vorgenannten Therapieempfehlungen – ausgehend von der Lokalisation der Querfraktur – prognostisch unsicher, dann **sollten** vorrangig die endodontische Erhaltungstherapie mit ggf. nachfolgender prothetischer Versorgung oder die Extraktion des frakturierten Zahnes mit anschließender prothetischer Versorgung der Lücke als Therapiemaßnahme berücksichtigt werden.

#### 6.2.4.2 Wurzellängsfraktur

= Intraalveolär und/oder supraalveolär weitgehend längs zur Wurzelachse verlaufende Fraktur ohne bzw. mit Eröffnung der Pulpa. In der Regel: Extraktionsindikation.

Bei Längsfraktur **soll** der betroffene Zahn entfernt werden. 18/18

Die therapeutischen Optionen für den Ersatz des Zahnes sind altersabhängig und variieren wie unter 6.5 beschrieben je nach bevorzugter Wahl des Lückenschlusses (orthodontischer Lückenschluss / autogene Zahntransplantation / Brückenversorgung / Offenhalten der Lücke bis zur späteren Implantatversorgung).

#### 6.2.5 Fraktur des bezahnten Alveolarfortsatzes

= Fraktur des zahntragenden Anteils des Kieferknochens, oftmals in Kombination mit einer Dislokationsverletzung von Zähnen

Je nach Schweregrad unterscheidet man zwischen partieller Fraktur (Bruch der vestibulären *oder* oralen Alveolenwand) und vollständiger (Bruch der vestibulären *und* oralen Alveolenwand) mit und ohne Dislokation<sup>3</sup>.

Inspektoriisch liegt i. d. R. ein vertikaler Entlastungsriss aus der Gingiva vor. In Abhängigkeit von der Schwere der Dislokation kann ggf. eine Stufenbildung getastet werden mit oder ohne Okklusionsstörung. Die Sensibilität der betroffenen Zähne geht dabei häufig verloren.

Frakturen des Alveolarfortsatzes können in der Regel in einer Panoramenschichtaufnahme gut dargestellt werden. Weiterführende Diagnostik mittels Einzelzahnaufnahmen oder DVT können dabei zur Klärung des Frakturverlaufs hilfreich sein (Jackowski et al. 2007).

Bei einer Alveolarfortsatzfraktur **sollte** eine zeitnahe manuelle Reposition des dislozierten zahntragenden Kieferabschnittes erfolgen, so dass keine Stufenbildung mehr nachweisbar ist. Anschließend **sollte** eine Immobilisation des betroffenen Kieferabschnittes für ca. 4 bis 6 Wochen über eine rigide Schienung der Zähne stattfinden (s. Tabelle 6.3). Diese **soll** durch eine zahngetragene Draht-Kunststoff-Schiene durchgeführt werden. Ist auf dem Wege der geschlossenen manuellen Reposition keine zufriedenstellende okklusale Relation wiederherzustellen und durch die Schienung keine ausreichende Stabilität der Fragmente zu erreichen, so **sollte** die Darstellung der Fraktur mit offener Reposition und ggf. Fixation durch Mikroplattenosteosynthese erfolgen (Jackowski et al. 2007).

18/18

Bei kombinierten Zahn-/Alveolarfortsatz-Verletzungen **sollte** ein Kompromiss in der Schienungszeit (Zähne: siehe Tab. 6.3, Alveolarfortsatz: 4 bis 6 Wochen) und Schienungsart (Zähne: flexibel; Knochen: rigide) nach der individuellen Situation gefunden werden.

17/17

### 6.3 Dislokationsverletzungen der Zähne

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 (Repositionierung und Schienung) zielen auf die Stabilisierung betroffener Zähne in der ursprünglichen Position ab, wodurch eine Heilung von Pulpa und parodontalen Strukturen ermöglicht wird (Kahler et al. 2016).

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 (Kahler et al. 2016). 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 (von Arx et al. 2001a; von Arx et al. 2001b). Die Schienung wird mittels Säureätztechnik und fließfähigem Komposit an den Labialflächen der Zähne befestigt, wobei nicht mehr als ein unverletzter und nicht gelockerter Nachbarzahn in die Schienung einbezogen wird. Eine unilaterale Fixierung reduziert den Effekt der Schienung (Ebeleseder et al. 1995), 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).

<sup>3</sup> Dislokation hier im Sinne einer dislozierten bzw. nicht dislozierten Fraktur der Alveolenwand

Opake oder fluoreszierende Komposite erleichtern die spätere Entfernung des Splints (Dettwiler et al. 2018).

Die Schienungsdauer **sollte** die primäre Stabilisierung des Zahnes berücksichtigen und ist abhängig von der Art der Verletzung (Tabelle 6.3). Sie sollte sowohl den Verletzungstyp auch als auch dessen Ausmaß berücksichtigen und kann je nach Primärstabilität des Zahnes (= Lockerungsgrad nach Reposition/Replantation) und Ankylosrisiko (= Schweregrad der parodontalen Schädigung) variiert werden (Krastl et al. 2000).

18/18

Bei ausgeprägten Intrusionen oder lateralen Dislokationen, die üblicherweise mit einer Erweiterung der Alveole und einer daraus resultierenden geringen Primärstabilität des reponierten Zahnes einhergehen, sind grundsätzlich längere Schienungszeiten erforderlich als nach einer Avulsion. Bei avulsierten Zähnen ist die Alveole erfahrungsgemäß kaum erweitert. Der replantierte Zahn ist dementsprechend kaum mobil, was kurze Schienungszeiten zulässt und dadurch auch einer Ankylose vorbeugt.

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

17/17

**Tabelle:** Empfehlungen zur Schienung nach Zahntrauma

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 auch Dauerschienung mittels Retainer)
Alveolarfortsatzfraktur	4-6 Wochen (rigide)

Folgeerscheinungen und Komplikationen nach Zahnverletzungen mit pulpaler und/oder parodontaler Beteiligung schließen Pulpanekrosen, Wurzelkanalobliterationen, apikale Parodontitiden und Wurzelresorptionen ein. Sie treten in Abhängigkeit von Traumatyp und Schweregrad der Verletzung sowie vom Alter des Patienten zum Zeitpunkt des Traumas auf. Kombinationsverletzungen (Dislokationen mit Frakturen) erhöhen die Wahrscheinlichkeit von Komplikationen (Krastl et al. 2000; Lauridsen et al. 2012a; Lauridsen et al. 2012b; Lauridsen et al. 2012c; Robertson et al. 2000).

Da schwerwiegende Komplikationen nach Dislokationsverletzungen meistens mit einer Infektion des Wurzelkanals assoziiert sind, ist die Entscheidung, ob und wann eine Wurzelkanalbehandlung eingeleitet werden sollte, von zentraler Bedeutung.

Diese ist primär nicht indiziert, wenn der Pulpaschaden gering ist und die Vitalerhaltung realistisch erscheint oder eine spontane Revaskularisierung der geschädigten Pulpas wahrscheinlich ist. Andererseits ist eine frühzeitige Wurzelkanalbehandlung von entscheidender Bedeutung, wenn ein hohes Risiko für die Entwicklung einer infektionsbedingten externen Wurzelresorption besteht (Krastl et al. 2021b).

17/17

### 6.3.1 Konkussion

= Verletzung des Zahnhalteapparates ohne Lockerung und Dislokation des verletzten Zahnes jedoch mit erhöhter Perkussionsempfindlichkeit (Andreasen 1972).

Der Sensibilitätstest ist positiv, röntgenologisch finden sich keine pathologischen Befunde.

**Der verletzte Zahn sollte bis zur Schmerzfreiheit geschont werden** (Normalkost, weiche Kost). Mit dem Ziel einer Komfortverbesserung (Schmerzreduktion, leichtere Nahrungsaufnahme) kann eine flexible Schienung (siehe Tabelle 6.3) erwogen werden (Kahler et al. 2016).

15/16, 1 Enthaltung

Das Risiko einer Pulpanekrose oder für Wurzelresorptionen ist gering (Andreasen und Pedersen 1985). Bei Hinweis auf infizierte Pulpanekrose sollte die Einleitung der endodontischen Therapie in Abhängigkeit vom Stand des Wurzelwachstums erfolgen.

### 6.3.2 Lockerung

= Verletzung des Zahnhalteapparates mit erhöhter Mobilität des Zahnes, aber ohne erkennbare röntgenologische Anzeichen oder Dislokation des Zahnes (Andreasen 1972).

Klinisch weist der Zahn eine erhöhte Perkussionsempfindlichkeit auf. Eine geringgradige Blutung aus dem Sulkus ist möglich. In der Regel fällt der Sensibilitätstest positiv aus, eine verzögerte oder gar negative Reaktion kann in Einzelfällen noch über die ersten drei Monate andauern.

Röntgenologisch stellt sich der Zahn in der Regel als unauffällig dar. Bei stärkerer Lockerung kann eine geringfügige Erweiterung des Parodontalspaltes sichtbar sein.

**Der verletzte Zahn sollte zwei Wochen geschont werden** (kein Abbeißen, weiche Kost). Zur Komfortverbesserung für den Patienten (Schmerzreduktion, leichtere Nahrungsaufnahme) kann eine flexible Schienung erfolgen (siehe Tabelle 6.3).

17/17

Durch Dehnung, Quetschung oder Abriss der Parodontalfasern kann es nachfolgend zu Ödem- oder Hämatombildung und einer Entzündung des Zahnhalteapparates kommen, die meist nach 10 Tagen vollständig ausheilt (Miyashin et al. 1991). In seltenen Fällen kann es zu einer Pulpanekrose oder Resorptionserscheinungen kommen (Andreasen und Pedersen 1985; Robertson 1998).

### 6.3.3 Laterale Dislokation

Der verletzte Zahn ist nicht gelockert und in nicht axialer Richtung verlagert (Andreasen und Pedersen 1985). Die Zahnkrone ist in der Regel nach palatinal/lingual oder vestibulär disloziert, häufig mit Fraktur der vestibulären Alveolenwand. Besonders bei Dislokation nach palatinal ist der Zahn fixiert und stört häufig den Aufbiss. Die Schädigung des parodontalen Ligaments besteht somit einerseits im partiellen bis kompletten Abriss (zumeist apikal-oral) sowie andererseits in seiner Kompression (zumeist coronal-oral). Außerdem besteht eine hohe Wahrscheinlichkeit für einen Abriss des Gefäß-Nervenbündels (Pulpa) am Apex.

Bei der klinischen Untersuchung findet man einen in der Position veränderten Zahn und ggf. eine Okklusionsstörung. Der Sensibilitätstest ist häufig negativ. Röntgenologisch kann sich ein

apikal verbreiteter Parodontalspalt und/oder inkongruenter Apex- und Alveolenfundus zeigen. Ein stark verlagerter Zahn wird je nach Dislokation auf der Zahnmilmaufnahme entweder verkürzt oder verlängert abgebildet.

Betroffene Zähne **sollten** möglichst exakt reponiert und abhängig vom Ausmaß der Knochenverletzung flexibel geschient werden (siehe Tabelle 6.3; Diangelis et al. 2012; Kahler et al. 2016). Bei verzögerter Erstvorstellung **kann** eine kieferorthopädische Reposition erwogen werden.

17/17

Wegen hoher Komplikationsraten **sollte** bei Zähnen mit abgeschlossenem Wurzelwachstum mit Dislokation  $\geq 2$  mm die endodontische Behandlung bereits in der Schienungsphase eingeleitet werden (Ferrazzini Pozzi und von Arx 2008). Wird bei Dislokationsverletzungen mit einer Verlagerung von  $< 2$  mm zugewartet, **sollte** in engmaschigen Nachuntersuchungen die Entwicklung einer Pulpanekrose und der externen Resorption ausgeschlossen werden. Spätestens bei Auftreten dieser Komplikationen **sollte** die entsprechende endodontische Therapie eingeleitet werden.

16/16

Das Auftreten von Komplikationen ist abhängig vom Ausmaß der Dislokation und somit der parodontalen Schädigung sowie vom Entwicklungsstand des Zahnes. Bei Zähnen mit abgeschlossenem Wurzelwachstum werden im weiteren Verlauf häufig Pulpanekrosen beobachtet, bei Zähnen mit nicht abgeschlossenem Wurzelwachstum Obliterationen des Wurzelkanals (Andreasen und Pedersen 1985).

#### 6.3.4 Extrusion

Der verletzte Zahn ist in Achsrichtung partiell aus der Alveole verlagert. Dabei kommt es zur Dehnung oder zum Abriss des Gefäß-Nervenbündels und des parodontalen Ligaments.

Bei der klinischen Untersuchung dominieren eine hohe Mobilität, massive, unstillbare scheinende Blutung aus dem Gingivasulkus und ggf. eine Okklusionsstörung. Der Perkussionsschall ist dumpf, der Sensibilitätstest in der Regel negativ. Röntgenologisch ist ein verbreiteter Parodontalspalt apikal sichtbar.

Extrudierte Zähne **sollten** vorsichtig reponiert und flexibel geschient werden (siehe Tab. 6.3).

17/17

Bei ausgeprägten Extrusionen **sollte** bei Zähnen mit abgeschlossenem Wurzelwachstum bzw. weitgehend geschlossenem Foramen apicale in Anlehnung zur Empfehlung für laterale Dislokationen eine Wurzelkanalbehandlung eingeleitet werden.

18/18

Pulpanekrosen sind die häufigste Komplikation an Zähnen mit abgeschlossenem Wurzelwachstum nach Extrusionsverletzung. An Zähnen mit nicht abgeschlossenem Wurzelwachstum werden im weiteren Verlauf häufiger Wurzelkanalobliterationen beobachtet (Andreasen und Pedersen 1985; Andreasen et al. 1995a; Lee et al. 2003).

#### 6.3.5 Intrusion

Bei der traumatischen Intrusion handelt es sich um eine axiale Dislokation des Zahnes in das Alveolarfach hinein. Meist liegt eine Verletzung der Oberkiefer-Incisivi, in seltenen Fällen der

Unterkiefer-Incisivi oder anderer Zähne vor. Durch die axial wirkenden Kräfte auf das den Zahn umgebende Gewebe kommt es häufig zu einer großflächigen und ausgeprägten Verletzung des Parodonts mit Quetschung und Abriss des parodontalen Ligaments und partieller Denudierung der Wurzeloberfläche. Zudem ist der Alveolararknochen gequetscht und kann auch (meist labial) frakturiert sein. Je nach Schweregrad der Intrusion ist mit einer Quetschung oder dem Abriss des Gefäß-Nervenbündels (Pulpa) am Apex zu rechnen (Humphrey et al. 2003).

Klinisch zeigt sich die Inzisalkante der Krone gegenüber den Nachbarzähnen in Infraposition (Wigen 2008). Ein weiterer klinischer Hinweis ist der aufgetriebene Alveolarfortsatz. Der Zahn ist nicht beweglich und der Perkussionsschall metallisch. In der Regel ist die Sensibilitätstestung negativ. Bei einer Alveolarfortsatzfraktur kann eine Knochenstufe tastbar sein. Eine begleitende Kronenfraktur oder – bei Kindern – ein asymmetrischer Durchbruch der Frontzähne können die Diagnose erschweren. Das eindeutigste Zeichen für eine intrusive Dislokation ist eine Diskrepanz zwischen Gingiva und Zahn (scheinbarer palataler Gingivaüberschuss). Röntgenologisch sind eine Unterbrechung des Parodontalspaltes, insbesondere im apikalen Wurzelbereich sowie eine Infraposition des Zahnes im Vergleich zu unverletzten Nachbarzähnen mit Hinausragen des Knochens über die Schmelz-Zement-Grenze charakteristisch.

Bei Zähnen mit offenem Apex **kann** bei geringgradiger Intrusion (< 3mm) eine spontane Re-Eruption in den folgenden 3 Wochen abgewartet werden (Tsilingaridis et al. 2012; Wigen et al. 2008). Eine Fotodokumentation **sollte** zur Prüfung des Heilungsverlaufes 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 (Bauss et al. 2010; Medeiros und Mucha 2009; Turley et al. 1984). Bei starker Intrusion (> 6 mm) **kann** die chirurgische oder kieferorthopädische Reposition sofort beginnen (Cunha et al. 2002; Humphrey et al. 2003; Tsilingaridis et al. 2012). Nach Abschluss der chirurgischen oder kieferorthopädischen Reposition **kann** sich eine flexible Schienung anschließen (siehe Tab. 6.3).

18/18

Im Hinblick auf intrusive Dislokationsverletzungen erscheint bei noch wurzelunreifen Zähnen (Apex nicht vollständig geschlossen) die spontane Eruption als die Methode mit den geringsten zu erwartenden Nebenwirkungen (AlKhalifa und AlAzemi 2014). Entfällt die Option für eine spontane Eruption, besteht nach aktuellem Kenntnisstand hinsichtlich des zu erwartenden Behandlungserfolgs keine eindeutige Präferenz für eine chirurgische oder orthodontische Extrusion (Chauhan et al. 2004; Costa et al. 2017).

Intrudierte Zähne mit abgeschlossenem Wurzelwachstum **sollen** grundsätzlich bei der Erstversorgung in die anatomisch korrekte Position reponiert und dort geschiert werden. Chirurgisch reponierte Zähne **können** flexibel geschiert werden (Tabelle 6.3) (Kahler et al. 2016). Bei der Weiterversorgung **sollte** bei einer Dislokation von ≥ 2 mm das frühzeitige Einleiten der Wurzelkanalbehandlung innerhalb der ersten Woche nach dem Trauma im Fokus stehen. Bei geringfügiger Dislokation und bei Zähnen mit nicht abgeschlossenem Wurzelwachstum **kann** zugewartet werden. In diesen Fällen **sollte** in engmaschigen Nachuntersuchungen die Entwicklung einer Pulpanekrose und der oftmals daraus resultierenden infektionsbedingten externen Resorption ausgeschlossen werden.

17/17

Bei geringgradiger Intrusion kann es zu einer vollständigen Ausheilung des Parodontalapparates kommen. Bei mittelgradigen und schwerwiegenden Intrusionen kommt es aufgrund der schwerwiegenden Schädigung des Zahnhalteapparates und Wurzelzementes

mit höherer Wahrscheinlichkeit zur knöchernen Ersatzresorptionen und somit zur Ankylosierung des Zahnes (Tsilingaridis et al. 2012). Diese führt bei Heranwachsenden zur lokalen Hemmung des vertikalen Alveolarfortsatzwachstums und nachfolgender Infraposition des Zahnes mit Disharmonie der Rot-Weiß-Ästhetik (Humphrey et al. 2003; Tsilingaridis et al. 2012). Bei mittelgradigen und schweren Intrusionsverletzungen ist durch den Abriss des Gefäß-Nervenbündels die Nekrose des Pulpagewebes zwingende Folge (Humphrey et al. 2003). Voranschreitende Resorptionsprozesse oder Entzündungszeichen können zum Verlust des Zahnes führen (Wigen et al. 2008). Bei zunehmender Infraposition des betroffenen Zahnes sollte die Zahnentfernung oder Dekoronation (s. Kap. 6.4) durchgeführt werden, um eine vertikale Wachstumshemmung aufzuheben.

### 6.3.6 Avulsion

Als Avulsion bezeichnet man die vollständige Dislokation des Zahnes aus der Alveole (Andreasen 1972).

Grundsätzlich gilt für die Avulsion von Zähnen die Darstellung aus Kapitel 5. Zusätzlich sollten die folgenden wichtigen Sofortmaßnahmen bei Zahnverlust beachtet werden:

- Austrocknung od. mechanische Schädigung der Zahnwurzel-Oberfläche vermeiden.
- Möglichst zeitnahe Replantation des Zahnes anstreben.
- Vorzugsweise zellphysiologische Lagerung (Zahnrettungsbox)
- Alternativen (nach Prognose in absteigender Reihenfolge): Alveolenfach, (H-)Milch, isotone Kochsalzlösung, Mundspeichel (Fouad et al. 2020; Osmanovic et al. 2018)
- Tetanusschutz abklären.

18/18

Diese Art von Zahnverletzung stellt eine der prognostisch ungünstigsten Verletzungen der Zähne dar, sofern keine zellphysiologische Lagerung des Zahnes erfolgt. Schnelles und richtiges Handeln mit Einleitung der o. g. Sofortmaßnahmen am Unfallort kann die Prognose des Zahns erheblich verbessern (Andreasen 1995; Andreasen et al. 2002; Andreasen et al. 1995a; Andreasen et al. 1995b; Andreasen et al. 1995c; Andreasen et al. 1995d; Andreasen und Kristerson 1981a; Andreasen und Kristerson 1981b; Barrett und Kenny 1997; Day und Gregg 2012; Ebeleseder et al. 1998; Fouad et al. 2020; Lauridsen et al. 2020; Osmanovic et al. 2018; Pohl et al. 2005a; Pohl et al. 2005b; Pohl et al. 2005c; Trope 2002; Wang et al. 2017).

Wesentliche Voraussetzung für den Erhalt avulsiertener Zähne ist eine hohe Überlebensrate desmodontaler Zellen (parodontales Ligament, PDL-Zellen) auf der Wurzeloberfläche. Dies ist insbesondere bei kurzer extraalveolarer Verweildauer des avulsierten Zahnes und Auswahl eines geeigneten Transportmediums gegeben (Lekic et al. 1996). Zellkulturmedien ermöglichen den Erhalt der Vitalität desmodontaler Zellen über etwa 24 Stunden. Während kalte H-Milch für wenige Stunden geeignet erscheint, wird Kochsalzlösung aufgrund fehlender Nährstoffe diesbezüglich kritischer eingeschätzt (Blomlöf 1981). Gleiches gilt für Speichel wegen der hohen bakteriellen Kontamination. Die Lagerung in Leitungswasser ist aufgrund der hypotonen Eigenschaften ebenso ungeeignet wie eine trockene Lagerung. Besser wird die temporäre Lagerung des avulsierten Zahns in der Mundhöhle oder im Alveolenfach eingeschätzt, was aber aufgrund der Gefahr des Verschluckens oder gar der Aspiration des Zahnes bei Kleinkindern und Patienten mit posttraumatisch eingeschränkter Vigilanz nicht empfohlen werden kann.

Aus klinischer Sicht ist für die Einschätzung der Prognose des avulsierten Zahnes wichtig, den Zustand der desmodontalen Zellen aufgrund der anamnestischen Angaben über

Traumahergang, Lagerung und extraorale Verweilzeit einzuschätzen. Eine klinische Hilfe hierfür gibt die *folgende Einteilung*:

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

18/18

Die Replantation **sollte** möglichst zeitnah erfolgen. Ihr **sollte** eine sorgfältige und schonende Reinigung/Spülung der Wurzeloberfläche vorausgehen, ohne dabei die Wurzeloberfläche mechanisch zu verletzen. Dies **kann** mit zellphysiologischem Medium der Zahnrettungsbox, Ringerlösung oder physiologischer Kochsalzlösung erfolgen.

18/18

Es folgt die vorsichtige Entfernung des verfestigten Koagulums unter möglichster Schonung der Alveolarwände durch Spülen mit physiologischer Kochsalzlösung und die Inspektion der Alveole. Hindernisse, die einer schonenden Replantation entgegenstehen, sollen erkannt und ggf. beseitigt werden. So kann eine Fraktur der (bukkalen) Alveolarwand deren vorsichtige Reposition unter Zuhilfenahme eines stumpfen Instrumentes erforderlich machen. Die Replantation **sollte** langsam und mit wenig Druck erfolgen, um eine zusätzliche Schädigung des Wurzelzements zu vermeiden. Anschließend **sollte** eine flexible Schienung des Zahnes (siehe Tab. 6.3) erfolgen (Kahler et al. 2016).

18/18

Bei Fixation des replantierten Zahnes 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 Zahnes, die *zwei wesentliche Entscheidungskriterien* berücksichtigen **soll**:

1. Handelt es sich um einen *Zahn mit geschlossenem oder offenem Apex?*
2. Wie ist die *Prognose des replantierten Zahnes* aufgrund des Zustandes der desmodontalen Zellen zu bewerten (extraorale Lagerung und Verweilzeit)?

18/18

### 6.3.6.1 Behandlung avulsiertener Zähne mit geschlossenem Apex

Die Wurzelkanalbehandlung von replantierten avulsierten Zähnen mit geschlossenem Apex **sollte** unmittelbar vor der Schienenentfernung innerhalb von 7 - 10 Tagen nach dem Trauma eingeleitet werden.

19/19

Dies **kann** zunächst durch ein Mischpräparat bestehend aus Triamcinolonacetonid und Demeclocyclin oder Kalziumhydroxid als temporäre Einlage erfolgen. Mit der definitiven Wurzelkanalbehandlung **kann** nach drei Monaten bzw. nach Ausschluss von resorptiven Veränderungen an der Zahnwurzel begonnen werden.

Für den Fall einer extraoralen Trockenlagerungszeit des avulsierten Zahns von > 60 Minuten ist von devitalen PDL-Zellen auf der Wurzeloberfläche auszugehen, so dass diese Zähne bereits *bei* der Replantation extraoral trepaniert und mit einer medikamentösen Einlage versehen werden können oder, wie oben beschrieben, 7 – 10 Tage nach dem Trauma vor

Schienenentfernung. Von der Entwicklung einer knöchernen Ersatzresorption und Ankylosierung der Zahnwurzel ist auszugehen (Heilungsstörungen siehe Kapitel 10).

### 6.3.6.2 Behandlung avulsiertes Zahne mit offenem Apex

Bei replantierten avulsierten Zahnen mit offenem Apex **sollte** die Einschätzung der Prognose der PDL-Zellen (Kapitel 6.3.6) in derselben Weise wie beim Erwachsenen mit Zahnen mit geschlossenem Apex erfolgen.

15/15

Die Therapie unterscheidet sich jedoch aufgrund der Möglichkeit einer spontanen Revaskularisation und Gewebeinsprossung über den noch offenen Apex.

Zähne mit offenem Apex und extraoraler *Trockenlagerungszeit < 60 Minuten* **sollten** nach Replantation primär nicht wurzelgefüllt werden. Es **sollte** ein engmaschiges Recall (siehe Kap. 7.1 Nachsorge) durchgeführt und bei pathologischen Befunden eine Apexifikation eingeleitet, ein apikaler Verschluss mit hydraulischem Kalziumsilikatzement (Göhring et al. 2004; Mente et al. 2009) oder eine Revitalisierung durchgeführt werden (Galler et al. 2016; Namour und Theys 2014).

17/17

Ausschlaggebend für die Einleitung der endodontischen Behandlung ist dabei jedoch nicht die ausbleibende Reaktion auf Sensibilitätstest, sondern die Entwicklung von Entzündungs- oder Resorptionsprozessen.

Im Falle einer extraoralen *Trockenlagerungszeit von > 60 Minuten* **sollte** die endodontische Behandlung eingeleitet werden. Dies **kann**, analog zur Behandlung von Zahnen mit abgeschlossenem Wurzelwachstum, vor der Replantation extraoral erfolgen oder kurz vor der Schienenentfernung. 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 hoch einzustufen ist (Andersson et al. 2012).

17/17

Eine aufwändige Osteotomie zur Entfernung des Zahnes mit im Knochen verbliebenem Wurzelfüllmaterial kann so vermieden werden.

Die Entscheidung über das weitere Vorgehen (Zahnerhalt durch chirurgische Anluxation mit sofortiger kieferorthopädischer Einstellung des Zahns oder Dekoronation sowie Zahnersatz durch autogene Zahnttransplantation oder Adhäsivbrücke oder Implantation; s. Tabelle 6.4) **kann** in Folgesprechstunden und nach Konsultation eines Kieferorthopäden, Zahnarztes und Chirurgen erfolgen. Das Ziel dieses Vorgehens ist die Erhaltung des Knochens und das Vermeiden einer Hemmung des vertikalen Knochenwachstums (Cohenca und Stabholz 2007).

## 6.4 Behandlung der posttraumatischen Ankylose

Bei posttraumatisch ankylosierten Zahnen führt die fortschreitende Ersatzgewebsresorption unausweichlich zu einem sukzessiven Ersatz der Wurzel durch Knochen (siehe auch Kap. 10.2). Bei Patienten im Wachstum ist damit eine Wachstumshemmung des benachbarten

Alveolarknochens und eine zunehmende Infraposition der sichtbaren Zahnkrone verbunden. Ankyloisierte Zähne können kieferorthopädisch nicht bewegt werden.

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

15/15

**Tabelle:** Therapieoptionen bei posttraumatischer Ankylose oder Zahnverlust in Abhängigkeit vom therapeutischen Zeitfenster (nach Nolte und Ebeleseder 2022) 14/14

Zeitfenster	Therapieoption	Kapitel
<b>Frühes Wechselgebiss (6.-10. LJ)</b>	Chirurgische Anluxation	6.4.2
	Chirurgische Zahnentfernung	6.4.4
	Kinderprothese	6.5. / 6.5.5
	Adhäsivbrücke	6.5.1
	Autogene Milchzahn-TX	6.5.3
<b>Spätes Wechselgebiss (11.-14. LJ)</b>	Chirurgische Anluxation	6.4.2
	Dekoronation	6.4.3
	Chirurgische Zahnentfernung	6.4.4
	Adhäsivbrücke	6.5.1
	KFO-Lückenschluss	6.5.2
<b>Jugendliches Gebiss (ab 14. LJ)</b>	Prämolaren-TX	6.5.3
	Chirurgische Anluxation	6.4.2
	Dekoronation	6.4.3
	Adhäsivbrücke	6.5.1
	KFO-Lückenschluss	6.5.2
<b>Nach (weitgehendem) Abschluss des KW / Erwachsenengebiss</b>	Prämolaren-TX	6.5.3
	Chirurgische Anluxation	6.4.2
	Zahnerhalt	6.4.1
	Adhäsivbrücke	6.5.1
	Implantation	6.5.4
	Weitere Versorgungsmöglichkeiten	6.5.5

KW: Kieferwachstum; LJ: Lebensjahr; TX: Transplantation.

Während des Wachstums führt eine zunehmende Ankylose-bedingte Infraposition zu biologischen, funktionellen und ästhetischen Einbußen. 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.

15/15

Mithilfe der Formel nach Westphal (Westphal 1995) kann auf das noch stattfindende Körperwachstum und damit das Ausmaß der zu erwartenden Infraposition geschlossen werden (siehe Fallbeispiel). Das Ausmaß der zu erwartenden Infraposition bei Ankylose wird mit ca. 1,0-1,5 mm pro 10 cm Körperwachstum angegeben (Ebeleseder et al. 1998).

#### **Fallbeispiel: Abschätzung der zu erwartenden vertikalen Infraposition bei Ankylose (Formel nach Westphal)**

12-jähriger Patient, männlich, derzeit 145 cm groß, Avulsion und Replantation von Zahn 21 vor 6 Wochen, laut Klopfschall (hell und scharf) ankylosiert. Vater 185 cm, Mutter 168 cm. Statistisch zu erwartende Größe des Sohnes nach Westphal =  $(185+168+13) / 2 = 183$  cm. Ausstehendes Wachstum: 38 cm, zu erwartende Infraposition 3,8 bis 5,7 mm. Ohne korrigierende Maßnahme (Dekoronation, Extraktion + Lückenschluss oder Transplantation) ist also ein ästhetisch und orthodontisch inakzeptables Ergebnis zu erwarten.

Bei einem Mädchen gleichen Alters wären mit  $(185+168-13) / 2 = 170$  cm zu erwarten. Wäre sie durch den bei Mädchen früher einsetzenden pubertären Wachstumsschub bereits 155 cm groß, so betrüge das noch ausstehende Wachstum nur 15 cm, die zu erwartende Infraposition also 1,5 bis 2,2 mm. Diese Inzisalkantendifferenz wäre auch durch eine Verlängerung der Inzisalkante mit Komposit ausgleichbar. Würde das pubertäre Wachstum bereits mit 15 Jahren enden, so verlangsamte sich zusätzlich auch die Ersatzresorption, sodass der Zahn möglicherweise erst im jungen Erwachsenenalter verloren ginge.

#### **6.4.1 Temporäres Belassen des ankylosierten Zahnes**

Bei Patienten mit abgeschlossenem Körperwachstum **können** posttraumatisch ankylosierte Zähne, die keine weiteren Pathologien aufweisen, belassen werden, da die Ersatzgewebsresorption im Erwachsenenalter langsamer verläuft und mit einer Funktionsfähigkeit des Zahnes über Jahre bis Jahrzehnte zu rechnen ist (Andersson et al. 1989; Andersson und Malmgren 1999).

16/16

Das Belassen eines ankylosierten Zahnes (ggf. mit inzisalem Aufbau zum Ausgleich der Infraposition) vor Abschluss des Kieferwachstums ist nur vertretbar, wenn keine bessere Option zur Verfügung steht, der pubertäre Wachstumsspunkt weitgehend abgeschlossen ist und kein nennenswertes Wachstum mit zunehmender Infraposition mehr zu erwarten ist (s. Formel nach Westphal). Sollte sich die Infraposition im weiteren Verlauf als ausgeprägter erweisen als anfänglich eingeschätzt, ist eine neue Bewertung der Situation und ggf. Änderung des Therapieplans vorzunehmen.

#### **6.4.2 Chirurgische Anluxation**

Die chirurgische Anluxation ankylosierter Zähne ist als Therapieoption für Fälle beschrieben worden, in denen ein in Infraposition geratener, erhaltungswürdiger ankylosierter Zahn bei noch zu erwartendem Kieferwachstum wieder in Okklusionsposition gestellt werden soll (Huth et al. 2013; Nolte 2020).

Eine zeitnah sich anschließende (extrusive) kieferorthopädische Bewegung ist in derartigen Fällen wünschenswert, da durch diese fehlender Alveolarknochen und Gingiva augmentiert werden können. Nichtsdestotrotz ist in der Mehrzahl der Fälle mit einer erneuten Ankylosierung und Fortschreiten der Ersatzgewebsresorption in der neu eingestellten Position zu rechnen.

15/15

#### 6.4.3 Dekoronation

Bei Patienten im Wachstum **kann** die Dekoronation eine sinnvolle Therapieoption darstellen, um den teils erheblichen Knochenverlust in Verbindung mit der chirurgischen Entfernung der ankylosierten Zahnwurzel zu vermeiden.

15/15

Die Indikation zur Dekoronation ist vor allem dann gegeben, wenn vor dem pubertären Wachstumsschub eine deutliche Infraposition des posttraumatisch ankylosierten Zahnes vorliegt und die Zahnsubstanz vom Knochen weitestgehend durch Resorption aufgelöst worden ist (Malmgren et al. 2015). Bei der Dekoronation wird die klinische Krone möglichst unter Vermeidung einer Denudierung des Mukoperiostlappens bis knapp unterhalb des knöchernen Alveolenrandes entfernt, während die ankylosierte und weiter resorbierende Wurzel als Matrix für die Knochenneubildung erhalten wird. Dadurch wird das Volumen des marginalen Alveolarkamms erhalten, was bessere Bedingungen für eine zukünftige implantatprothetische Lösung schafft (Malmgren et al. 2006).

#### 6.4.4 Chirurgische Entfernung des Zahnes

Die chirurgische Entfernung ankylosierter Zähne **sollte** bei geplantem kieferorthopädischem Lückenschluss vollständig erfolgen, um die Zahnbewegung in die Lücke hinein zu ermöglichen.

15/15

### 6.5 Therapieoptionen bei Zahnverlust

Bei komplexen Zahnverletzungen soll der Zahnerhalt kritisch hinterfragt werden. In Abhängigkeit von der klinischen Situation kann es sein, dass

- ein Zahnerhalt langfristig oder nur temporär möglich ist.
- kurzfristig lediglich die Infektion vermieden wird, um so die Zahnentfernung zum wohl überlegten, (zahn)medizinisch richtigen Zeitpunkt durchführen zu können.

Als primärer Zahnverlust wird der Verlust eines Zahnes im Rahmen des akuten Traumas oder durch zeitnahe Extraktion wegen Nicht-Erhaltbarkeit bezeichnet, während der sekundäre Zahnverlust den Verlust eines zuvor traumatisierten Zahnes benennt, der im späteren Verlauf wegen anhaltender Entzündung, fortschreitender Resorption oder Ankylose nicht mehr erhaltungswürdig ist und entfernt werden muss.

Zur Versorgung der entstehenden Zahnlücke stehen in Abhängigkeit vom Patientenalter verschiedene Therapieoptionen zur Verfügung (Tabelle 6.4). Die Versorgung mit einer Kinderprothese hat als schleimhautgetragener Zahnersatz eine ungünstige Wirkung auf Kieferwachstum und Sprachentwicklung und findet bei Eltern und Patienten nur eine geringe Akzeptanz.

Zur Lückenversorgung im Frontzahngebiet vor Abschluss des Kieferwachstums **können** insbesondere die Adhäsivbrücke, der kieferorthopädische Lückenschluss sowie die autogene Zahntransplantation erwogen werden (Tabelle 6.4).

16/16

Ist das Kieferwachstum/der pubertäre Wachstumsschub weitestgehend abgeschlossen, so kann als zusätzliche Therapieoption die enossale Implantation erwogen werden.

16/16

Im Falle einer Zahnentfernung sollte bei nicht zeitgleich erfolgender Sofortimplantation die Möglichkeit der Socket/Ridge Preservation geprüft werden, um die Kieferkammdimensionen im zahnlosen Areal für eine spätere Versorgung zu erhalten (Avila-Ortiz et al. 2014).

11/14; 3 Enthaltungen wegen IK

#### 6.5.1 Versorgung mit Adhäsivbrücke

Die einflügelige Adhäsivbrücke stellt eine minimalinvasive Möglichkeit zur Versorgung der Lücke bei Schneidezähnen dar. Für diese Versorgungsform liegen sehr gute Langzeitüberlebensraten von über 98 % vor (Kern et al. 2017). Einflügelige Adhäsivbrücken haben im Vergleich zu zweiflügeligen Adhäsivbrücken eine signifikant höhere Überlebensrate (Thoma et al. 2017).

17/17

Voraussetzung ist i.d.R. ein karies- und defektfreier Zahn für die Aufnahme des Adhäsivflügels. Einflügelige Adhäsivbrücken eignen sich gut für die Versorgung im wachsenden Kiefer und können im Sinne eines Langzeitprovisoriums zum Offthalten der Lücke für eine spätere Implantatversorgung oder definitive Versorgung mit einer Adhäsivbrücke im Wechselgebiss angewendet werden.

#### 6.5.2 Kieferorthopädischer Lückenschluss

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

16/16

Durch eine kieferorthopädische Mesialisation nicht traumatisierter Nachbarzähne kann auch im wachsenden Kiefer ein traumatisch bedingtes Knochendefizit günstig beeinflusst werden (Pontoriero et al. 1987; Prapas et al. 2008; Stenvik und Zachrisson 1993).

Für die Entscheidung, ob bei Verlust oberer mittlerer Schneidezähne ein kieferorthopädischer Lückenschluss mit Mesialisation der OK-2er an 1er-Stelle in Frage kommt, sollen neben der Anatomie der oberen 2er bezüglich ihrer Kronen- und Wurzelausbildung auch einige weitere grundlegende intra- und extraorale Faktoren berücksichtigt werden, die ebenfalls beim kieferorthopädischen Lückenschluss bei Aplasie Gültigkeit haben (Übersicht in Leitlinie Zahimplantatversorgungen bei multiplen Zahnnichtanlagen und Syndromen (AWMF 083-024; S3; Stand: 12/2016; <https://www.awmf.org/leitlinien/detail/II/083-024.html>).

14/14

#### 6.5.3 Autogene Zahntransplantation

Ein Vorteil der autogenen Zahntransplantation liegt beim noch im Wachstum befindlichen jugendlichen Gebiss in seiner zuverlässigen osteoinduktiven Potenz, der zeitnahe Versorgung der jugendlichen Patienten sowie einer hohen Patientenzufriedenheit. Die Methode kann sowohl als Milchzahn-Transplantation im Milch- und frühen Wechselgebiss (6. bis 10. Lebensjahr) (Hoss et al. 2021; Pohl et al. 2008; Tschammler et al. 2015) als auch als Prämolaren-

Transplantation im späten Wechselgebiss (ab dem 10. Lj.) (Akhlef et al. 2018; Andreasen et al. 2009; Huth et al. 2013; Michl et al. 2017) Anwendung finden. Die Prämolaren-Transplantation **sollte** in enger Kooperation mit dem behandelnden Kieferorthopäden im Hinblick auf die Entnahmestelle des Prämolaren vorher besprochen werden. Nach der Transplantation erfolgt die perfekte okklusale Einstellung des Transplantates bzw. der notwendige Lückenschluss an der Entnahmestelle durch den Kieferorthopäden.

Die Versorgung der Zahnlücke mit einem Zahntransplantat, sei dieses ein Milchzahn oder ein permanenter Zahn, unterstützt zuverlässig das Weichgewebs- und Kieferwachstum (Hoss et al. 2021; Michl et al. 2017; Tschaammler et al. 2015), da ansonsten bis zum Erreichen des Erwachsenenalters mit hoher Wahrscheinlichkeit eine vertikale und horizontale Kieferatrophie resultiert, die einen großen chirurgischen und damit finanziellen Aufwand für eine spätere Versorgung nach sich zieht.

Im Kindes- und Adoleszentenalter **sollte** die autogene Zahnttransplantation als Therapieoption geprüft werden. Dabei **kann** im frühen Jugendalter ab dem 6. Lj. die Milchzahn-Transplantation (Hoss et al. 2021; Pohl et al. 2008; Tschaammler et al. 2015) als temporäre Maßnahme mit mittleren 5-Jahres-Überlebensraten von 87 % bei mittleren Überlebenszeiten von 7,2 Jahren erwogen werden (Tschaammler et al. 2015; Hoss et al. 2021).

Grundsätzlich **sollte** ab dem 10. Lebensjahr die Prämolaren-Transplantation als permanente Versorgung mit sehr guten Langzeitüberlebensraten von > 90% (Akhlef et al. 2018; Andreasen et al. 2009; ) geprüft werden.

14/15; 1 Enthaltung

Als Zwei-Phasen-Transplantationskonzept wird die chronologische Abfolge von Milchzahn-Transplantation und Prämolaren-Transplantation bezeichnet (Nolte et al. 2017).

#### 6.5.4 Enossale Implantation

Die Implantation stellt ebenfalls eine zuverlässige Maßnahme zur Versorgung der Zahnlücke in der Oberkieferfront dar. Die Implantation **sollte** in der Oberkieferfront erst nach dem pubertären Wachstumsschub erfolgen, da das vertikale Kieferwachstum auch noch weit bis über dieses Alter hinaus anhält und damit eine Infraokklusion der implantatgetragenen Restaurierungen zur Folge haben kann (Bohner et al. 2019; Foley und Mamandras 1992; Love et al. 1990; Mankani et al. 2014; Oesterle et al. 1993).

13/15; 2 Enthaltung wegen IK

#### 6.5.5 Weitere Versorgungsmöglichkeiten

Zu den vorausgegangenen Empfehlungen sind die konventionellen Methoden der restaurativen/prothetischen Versorgung (Kinderprothese; Interimsprothese; definitive Versorgung mit Modellgussprothese; Versorgung durch Brücke mit Vollkronen) zum Lückenschluss zu nennen. Bei der Primärversorgung ist die Interimsprothese/Kinderprothese ein probates Verfahren bis zum Ersatz eines fehlenden Frontzahnes.

## 7 Antibiotische Prophylaxe / Therapie

Grundsätzlich **sollte** die Indikation zur systemischen antibiotischen Prophylaxe/Therapie zurückhaltend gestellt werden. Die Indikation **kann** bei umfangreicher Begleitverletzung der umliegenden Weichgewebe großzügiger gestellt werden und **sollte** vom behandelnden Arzt nach der individuellen klinischen Situation beurteilt werden.

13/13

Zur Behandlung nach Zahntrauma wird bei schweren Dislokationsverletzungen bleibender Zähne (insbesondere Avulsion und Intrusion) die systemische Gabe von Doxycyclin aufgrund der im Rahmen von Grundlagenforschung beschriebenen Hinweise auf antiresorptive Eigenschaften und Verbesserung der parodontalen Heilung diskutiert (Fouad et al. 2020; Krastl et al. 2020).

Aufgrund fehlender klinischer Daten und unter notwendiger Erwägung eines rationalen Einsatzes von Antibiotika (Hinckfuss und Messer 2009) kann keine Empfehlung für die systemische Gabe von Doxycyclin bei schweren Dislokationsverletzungen bleibender Zähne ausgesprochen werden.

12 x Ja; 2 x Nein (12/14)

## 8 Nachsorge

Die Nachsorge nach Abschluss der Primärtherapie dient der Früherkennung potentieller Komplikationen. Art und Schweregrad möglicher Spätfolgen nach einem Zahntrauma sind eng mit dem Ausmaß der pulpalen Schädigung, dem Umfang der parodontalen Verletzung und der einsetzenden Infektion des Wurzelkanalsystems verknüpft (Trope 2002; Weiger und Krastl 2019). Im Vordergrund stehen periradikuläre Entzündungen und Wurzelresorptionen, die den Zahnerhalt maßgeblich kompromittieren, wenn sie nicht rechtzeitig erkannt und behandelt werden.

Grundsätzlich gilt: Je schwerer die Verletzung, desto größer sind die Risiken und desto wichtiger sind engmaschige Kontrollen im ersten Jahr nach dem Unfall. Bewährt hat sich ein einfaches Nachsorge-Schema bei dem im ersten Jahr die Abstände zwischen den Untersuchungen verdoppelt 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. Die radiologischen Kontrollen der verunfallten Zähne **können** in Abhängigkeit von der klinischen Situation und der individuellen Risikobewertung von den angegebenen Intervallen abweichen.

11/11

So kann beispielsweise bei Kronenfrakturen mit Vitalerhalt der Pulpa auf Röntgenbilder im Rahmen der Nachsorge weitgehend verzichtet werden.

12/12

Bei schweren Dislokationsverletzungen (Avulsion/Intrusion) **sollten** im Rahmen der genannten Nachsorgeintervalle Röntgenkontrollen erfolgen.

13/14; 1 Enthaltung

Dies gilt insbesondere für schwere Dislokationsverletzungen wurzelunreifer Zähne, bei denen man sich bei berechtigter Aussicht auf eine spontane Revaskularisierung der Pulpa gegen eine

endodontische Intervention entscheidet, aber damit das Risiko einer infektionsbedingten Resorption in Kauf nehmen muss. Deren Frühdiagnose setzt engmaschige radiologische Kontrollen und Erfahrung bei der Beurteilung der Röntgenbilder voraus.

**Ab dem zweiten Jahr sollten jährliche Nachkontrollen zumindest in den ersten 5 Jahren durchgeführt werden.**

14/14

Danach kann die Nachsorge im Rahmen der üblichen zahnärztlichen Betreuung individuell erfolgen.

14/14

## 9 Aufklärung über Spätfolgen

Der Patient sowie die gesetzlichen Vertreter bei Minderjährigen und medizinischen Vertreter bei betreuten Patienten sollen auf die möglichen Folgen eines Zahntraumas hingewiesen werden.

13/13

Diese sind: Notwendigkeit einer endodontischen Behandlung, Wachstumsemmung des Alveolarfortsatzes (Ankylose), Resorptionen, prothetische Weiterbehandlung des Zahnes (Überkronung) bis hin zum späteren Zahnverlust und -ersatz.

Für den Fall eines Zahnverlustes im wachsenden Kiefer sollte auf die möglichen Therapieoptionen des Zahnersatzes hingewiesen werden (Tabelle 6.4).

13/13

## 10 Heilungsvorgänge und Heilungsstörungen

### 10.1 Heilungsvorgänge und Heilungsstörungen im Pulpa-Dentin-Komplex

**Bridging:** Bei traumatischer Eröffnung einer sonst intakten Pulpa und Sterilhaltung derselben bildet diese lokal eine neues Pulpadach aus Tertiärdentin (Fuks et al. 1987), das jedoch nicht die Dichtigkeit regulären Dentins aufweist (Cvek et al. 1987).

**Transienter Sensibilitätsausfall:** Bei parodontalem Trauma ohne Dislokation (Konkussion, Lockerung) kann es zu einem isolierten Sensibilitätsausfall von mehreren Wochen bis Monaten kommen (Andreasen 1989).

**Transiente Zahnverfärbung:** Bei jugendlichen Zähnen tritt gelegentlich eine rötliche Verfärbung auf, die spontan nach Wochen bis Monaten verschwindet. Sie kann von transientem Sensibilitätsausfall und transienter apikaler Parodontitis begleitet sein (Andreasen 1986b).

**Transiente apikale Parodontitis** (engl: transient apical breakdown): Radiologisch können vorübergehender Sensibilitätsausfall und -Verfärbung von einer vorübergehenden periapikalen Erweiterung des Parodontalspaltes und einer kegelförmigen Resorption um das Foramen apicale

begleitet sein (Andreasen 1986a). Eine endodontische Intervention ist in solchen Fällen nicht erforderlich.

**Pulpaobliteration:** Eine posttraumatische Verengung des Wurzelkanals wird bei Zähnen jeden Alters beobachtet. Sie gilt als Zeichen einer erfolgreichen Pulpareparatur (Andreasen et al. 1987) und stellt daher keine Indikation zur Wurzelkanalbehandlung dar. Zähne mit Pulpaobliteration sind häufig gelblich verfärbt und z.T. desensibel (Jacobsen und Kerekes 1977). Bei Wurzelsfrakturen werden Obliterationen häufig beobachtet. In der Mehrzahl der Fälle ist entweder das apikale Fragment oder sowohl das apikale als auch das koronale Fragment betroffen, seltener das koronale Fragment allein (Andreasen und Andreasen 1988b).

**Transiente interne Resorption** (engl: internal surface resorption): Besonders nach Wurzelsfraktur mit Erhalt der Pulpavitalität (= bei 80 % aller Wurzelsfrakturen ohne permanente Kommunikation des Frakturspaltes mit der Mundhöhle) wird eine mehrere Monate anhaltende, zylinderförmige interne Resorption auf Höhe des Bruchspaltes beobachtet, die anschließend wieder mit Hartsubstanz repariert wird. Sie kann als notwendige initiale Abräumreaktion von Nekrosen interpretiert werden. Auch hier besteht keine unmittelbare therapeutische Konsequenz im Sinne einer Wurzelkanalbehandlung (Andreasen und Andreasen 1988a).

**Infektionsbedingte interne Resorption** (internes Granulom, engl: internal resorption): Bei der Revaskularisation einer nekrotischen Pulpaa kann sich das reparative Gewebe im Kontakt mit infizierten Pulpabschnitten in ein resorbierendes Granulom verwandeln, das ohne endodontischen Eingriff die Zahnwurzel kontinuierlich kugel- oder oval-förmig aushölt und schließlich in das Parodont durchbricht. Die therapeutische Konsequenz ist hier die zeitnahe Wurzelkanalbehandlung (Fuss et al. 2003).

**Pulpitis:** Eine nach Trauma vital erhaltene Pulpaa reagiert bei nachfolgender Infektion (bei unkomplizierter Kronenfraktur via Dentintubuli, bei komplizierter Kronenfraktur auch via Exposition) entzündlich bis hin zur Nekrose unter den klassischen Zeichen einer akuten Pulpitis (Cvek 2007; Kakehashi et al. 1965). Therapie: Wurzelkanalbehandlung.

**Pulpanekrose:** Die meisten Pulpanekrosen nach Trauma resultieren aus einer Ischämie infolge einer Dislokation und verlaufen daher stumm. Sie werden erst sekundär bakteriell infiziert. Eine akute klinische Symptomatik kann jahrelang ausbleiben (Andreasen und Pedersen 1985). Therapie: Wurzelkanalbehandlung.

**(Chronische) Apikale Parodontitis:** Sie ist Folge einer infizierten Pulpanekrose und wird hauptsächlich radiologisch diagnostiziert. Seltene Phänomene sind Verfärbung (weinrot, bräunlich oder grau), Fistel oder unspezifische lokale Beschwerden (Cepic 2009).

Bei jugendlichen Zähnen sind apikale Aufhellungen > 7 mm Durchmesser keine Seltenheit und histologisch mit größerer Wahrscheinlichkeit Granulome oder Epithelgranulome als Zysten. Eine konservative Anbehandlung ist daher indiziert (Nair et al. 1996).

Bei hochakuter Infektion des Endodonts kann Exsudat über den Parodontalspalt abgesondert werden, wenn dieser nach Trauma den Weg des geringsten Widerstandes darstellt (endodontisch bedingte Pseudotasche). Der Zahn zeigt sich hierbei parodontal bis ins apikale Wurzeldrittel sondierbar und deutlich gelockert, was als Extraktionsindikation gedeutet werden könnte. Nach Trepanation und

Schieneung erfolgt jedoch zügig die parodontale Heilung. Bei vorbestehender schwerer marginaler Parodontitis oder massiver Schädigung des Zahnbettes durch das Trauma kann im Zuge einer Pulpanekrose eine kombinierte Endo-Paro-Läsion entstehen (Ebeleseder und Glockner 1999). Der Erhalt des Zahnes ist dann i.d.R. nicht indiziert.

**Laterale Parodontitis:** Wird die Pulpa eines wurzelfrakturierten Zahnes nekrotisch, dann zumeist nur im koronalen Abschnitt bis auf Höhe des Bruchspaltes. Die reaktive Parodontitis als Folge der infizierten Pulpanekrose im koronalen Fragment entwickelt sich um den Bruchspalt und drängt die Fragmente auseinander. Bei geschienten Zähnen kommt es ausgleichend zur Apikalwanderung des apikalen Fragmentes. Bei ungeschienten Zähnen wird das kronentragende Fragment extrudiert (Andreasen und Hjorting-Hansen 1967). Therapie ist die Wurzelkanalbehandlung des kronentragenden Fragmentes im Sinne einer Apexifikation (Krastl et al. 2021b).

## 10.2 Heilungsvorgänge und Heilungsstörungen im Parodont

**Transiente Wurzelresorption** (andere Bezeichnung: heilungsbedingte Resorption, Oberflächenresorption, engl: transient resorption, healing-related (repair-related) resorption, surface resorption): Nach einem Trauma an der Wurzeloberfläche einsetzende Resorption beschädigter, aber nicht infizierter Strukturen (Zement und Dentin). Sie ist selbstlimitierend und endet mit der Deposition reparativen Zementes, auf das neues Verankerungszement abgelagert wird (Tronstad 1988; Trope 2002).

**Infektionsbedingte Wurzelresorption** (andere Bezeichnung: entzündliche Wurzelresorption, engl: infection-related (inflammatory) root resorption): Nach gleichzeitigem schwerem Parodontaltrauma (Avulsion, traumatische Intrusion) kann eine infizierte Pulpanekrose eine rasch fortschreitende, die ganze Wurzel ergreifende externe Resorption auslösen. Die bakteriellen Stimuli gelangen hierbei aus dem infizierten Endodont via Dentintubuli ins Parodont. Nach endodontischer Desinfektion kommt der Abbau zum Stillstand (Krastl et al. 2021a).

**Ersatzgewebsresorption und Ankylose** (andere Bezeichnung: Ankylose-bedingte Wurzelresorption, engl: ankylosis-related root resorption, osseous replacement): Bei Verlust oder Nekrose des Parodonts auf einer Fläche  $> 4 \text{ mm}^2$  besiedeln anstelle der Parodontalfibroblasten osteogene Zellen die Wurzeloberfläche. Es resultiert eine knöcherne Verbindung des Zementes mit der Alveole (=Ankylose) (Andersson et al. 1984; Andreasen und Kristerson 1981b). Als Resultat dieser Verbindung greift das Bone Remodeling auf die Wurzel über. Die Resorptiongeschwindigkeit ist abhängig vom Patientenalter. Während ankylosierte Zähne bei Erwachsenen 10 Jahre und weitaus länger funktionsfähig bleiben können, kann die Ersatzresorption bei Kindern bereits innerhalb der ersten 3 Jahre zur Auflösung der ganzen Wurzel und zu einer ausgeprägten Ankylose-bedingten lokalen Wachstumshemmung des Alveolarknochens führen (Andersson et al. 1989).

**Invasive zervikale Wurzelresorption** (engl: invasive cervical resorption, ICR): Diese Sonderform der externen Wurzelresorption tritt oft erst Jahre bis Jahrzehnte nach einer parodontalen Verletzung auf und kann auch andere Ursachen haben. Charakteristisch ist ein Defekt im zervikalen Zahnzement (auf Höhe des limbus alveolaris), der dem resorptiven Gewebe als Eintrittspforte dient. Der Abbau erfolgt in Schichten parallel zur Wurzeloberfläche und wird z.T. von Reparaturvorgängen begleitet. Es entsteht

eine von Granulationsgewebe ausgefüllte, sich kontinuierlich vergrößernde Lakune, die nach apikal hin teilweise mit Ersatzknochen aufgefüllt ist (Heithersay 2004; Mavridou et al. 2016). Die Therapieentscheidung ist komplex und muss verschiedene Aspekte und Behandlungsoptionen berücksichtigen (Patel et al. 2018).

**Frakturheilung:** Alle Frakturen des Alveolarknochens heilen bei Sterilhaltung durch primären Einbau von Geflechtknochen, der später in Lamellenknochen umgewandelt wird. Da es sich um funktionellen Knochen handelt (Generierung durch Zug der Sharpey'schen Fasern), ist hierfür eine vollständige Immobilisation der betroffenen Zähne nicht vonnöten (Kristerson und Andreasen 1983)

**Transienter Zusammenbruch des Alveolarknochens** (engl: transient marginal breakdown): Insbesondere nach Intrusionstrauma werden stark gequetschte Alveolarknochenanteile resorbiert und können in dieser Phase radiologisch als posttraumatische parodontale Tasche (s.u.) imponieren (Andreasen et al. 2006). Das knöcherne Attachment wird nach 6 bis 9 Monaten wiederhergestellt (Ebeleseder und Glockner 1999).

**Posttraumatische parodontale Tasche:** Bei massiver bakterieller Besiedlung einer traumatisch geschädigten Wurzeloberfläche kann diese nicht mehr regeneriert werden, sondern wird durch tiefes wachsendes Epithel ausgegrenzt. Als Folge geht der korrespondierende Alveolarknochen verloren (Ebeleseder und Glockner 1999).

**Horizontaler Knochenabbau:** Besonders nach Intrusionstrauma mit Verlust zervikalen Parodonts wird der Knochen auf die Höhe der noch vorhandenen Sharpey'schen Fasern eingeebnet (Ebeleseder et al. 2000). Therapie: Extrusion des Zahnes.

**Sequestration von Alveolaranteilen:** Kommt es zu direkter Infektion des Alveolarknochens, so misslingt zumeist dessen vollständiger Abbau und der verbliebene Anteil wird über Monate hinweg durch Granulationsgewebe umhüllt und abgestoßen.

### 10.3 Formveränderungen an der noch wachsenden Wurzel

**Stopp des Wurzelwachstums:** Nach Trauma mit Beteiligung der apikalen Papille kann das Wurzelwachstum abrupt enden. Es resultieren kolbenförmige, apikal abgerundete, verkürzte Wurzeln (Malmgren et al. 2007).

**„Flaschen“-Form:** Eine unvollständige Beeinträchtigung des Wurzelwachstums führt zum Weiterwachsen der Wurzel mit deutlich verringertem Durchmesser, ähnlich dem Übergang eines Flaschenkörpers in den Flaschenhals (Malmgren et al. 2007).

**Phantomzahn:** Ein Abriss der apikalen Papille (Zahnsäckchen) durch Extrusion oder Avulsion des Zahnes kann zu unbeeinträchtigtem, eigenständigem Weiterwachsen der Restwurzel führen. Im Röntgen findet sich dann ein röntgendichtetes Gebilde von der Form eines Tropfens, dessen rundes Ende nach koronal weist (Ebeleseder und Glockner 1999).

## 10.4 Heilungsvorgänge und Heilungsstörungen der Gingiva

**Gingivanarbe:** Zerreißungen, die in den Gingivasaum auslaufen und nicht exakt adaptiert werden, heilen oft unter Ausbildung einer Scharte oder einer Abwinkelung im sonst ellipsen- oder parabelförmigen Verlauf der Gingivakontur. Eine spontane Besserung nach Monaten bis Jahren ist möglich (Andersson und Andreasen 2007).

**Rezession:** Narbige Kontraktion besonders der interdentalen Papille nach Zerreißung des Cols (= Einziehung zwischen bukkaler und oraler interdentaler Papille) kann zu leeren interdentalen Dreiecken und zur Zervikalverlagerung des Gingivasaumes führen. Dieses Bild entsteht auch nach horizontalem Knochenabbau.

## 11 Informationen zu dieser Leitlinie

### 11.1 Zusammensetzung der Leitliniengruppe

#### 11.1.1 Redaktion und Koordination

- Leitlinienkoordinator: Prof. Dr. Dr. Dirk Nolte, Sauerbruchstr. 48, 81377 München
- Leitliniensekretariat: Fr. Petra Hayn, Sauerbruchstr. 48, 81377 München

#### 11.1.2 Beteiligte Fachgesellschaften, Organisationen und Mandatsträger

Mandatsträger	E-Mail Adresse	Fachgesellschaft
Beck, Dr. Jörg	<a href="mailto:Institut-ql@kzbv.de">Institut-ql@kzbv.de</a>	KZBV
Brodt, Dr. Romy	<a href="mailto:Institut-ql@kzbv.de">Institut-ql@kzbv.de</a>	KZBV
Dommisch, Prof. Dr. Henrik	<a href="mailto:henrik.dommisch@charite.de">henrik.dommisch@charite.de</a>	DGParo
Ebeleseder, Prof. Dr. Kurt	<a href="mailto:Kurt.Ebeleseder@medunigraz.at">Kurt.Ebeleseder@medunigraz.at</a>	ÖGZMK
Eggers, Dr. Benedikt	<a href="mailto:Benedikt.Eggers@ukbonn.de">Benedikt.Eggers@ukbonn.de</a>	AGOKi
Esch, Dr. Jacqueline	<a href="mailto:Jacqueline.esch@t-online.de">Jacqueline.esch@t-online.de</a>	BuKiZ e.V.
Frank, Dr. Michael	<a href="mailto:frank@lzh.de">frank@lzh.de</a>	BZÄK
Galler, Prof. Dr. Kerstin	<a href="mailto:kerstin.galler@uk-erlangen.de">kerstin.galler@uk-erlangen.de</a>	DGRZ
Gernhardt, PD Dr. Christian	<a href="mailto:Christian.Gernhardt@uk-halle.de">Christian.Gernhardt@uk-halle.de</a>	DGET
Herrmann, Dr. Surian	<a href="mailto:surian.herrmann@mkg-muc.com">surian.herrmann@mkg-muc.com</a>	DGZMK
Jost-Brinkmann, Prof. Dr. Paul-Georg	<a href="mailto:Paul-G.Jost-Brinkmann@charite.de">Paul-G.Jost-Brinkmann@charite.de</a>	DGKFO
Krastl, Prof. Dr. Gabriel	<a href="mailto:krastl_g@ukw.de">krastl_g@ukw.de</a>	DGZ
Krämer, Prof. Dr. Norbert	<a href="mailto:Norbert.Kraemer@dentist.med.uni-giessen.de">Norbert.Kraemer@dentist.med.uni-giessen.de</a>	DGKiZ
Liepe, Dr. Stefan	<a href="mailto:liepe@bdizedi.org">liepe@bdizedi.org</a>	BDIZ EDI
Lux, Prof. Dr. Christopher J.	<a href="mailto:Christopher.Lux@med.uni-heidelberg.de">Christopher.Lux@med.uni-heidelberg.de</a>	DGKFO
Maager, Dr. Burkhard	<a href="mailto:dr.maager@t-online.de">dr.maager@t-online.de</a>	ARÖ

Mertens, Prof. Dr. Christian	<a href="mailto:Christian.mertens@med.uni-heidelberg.de">Christian.mertens@med.uni-heidelberg.de</a>	BDO
Neff, Prof. Dr. Dr. Andreas	<a href="mailto:neffa@med.uni-marburg.de">neffa@med.uni-marburg.de</a>	DGFDT
Nolte, Prof. Dr. Dr. Dirk	<a href="mailto:dirk.nolte@mkg-muc.com">dirk.nolte@mkg-muc.com</a>	DGMKG
Petrakakis, Pantelis Dr.	<a href="mailto:petrakakis@bzoeg.de">petrakakis@bzoeg.de</a>	BZÖG
Terheyden, Prof. Dr. Dr. Hendrik	<a href="mailto:Terheyden@rkh-kassel.de">Terheyden@rkh-kassel.de</a>	DGI
Weber, Dr. Anke	<a href="mailto:leitlinien@dgzmk.de">leitlinien@dgzmk.de</a>	DGZMK
Weng, PD Dr. Dietmar	<a href="mailto:dw@max-17.de">dw@max-17.de</a>	DGZMK
Wenz, Prof. Dr. Hans-Jürgen	<a href="mailto:hjwenz@proth.uni-kiel.de">hjwenz@proth.uni-kiel.de</a>	DGPro
Werner, Melissa Sophie	<a href="mailto:Sophie.werner@mkg-muc.com">Sophie.werner@mkg-muc.com</a>	DGZMK
Widbiller, PD Dr. Matthias	<a href="mailto:Matthias.widbiller@ukr.de">Matthias.widbiller@ukr.de</a>	DGPZM
Wolf, PD Dr. Thomas	<a href="mailto:thomas.wolf@zmk.unibe.ch">thomas.wolf@zmk.unibe.ch</a> <a href="mailto:info@fvdz.de">info@fvdz.de</a>	FVDZ e.V.
Wollner, Dr. Jürgen	<a href="mailto:jwollner@me.com">jwollner@me.com</a>	VDZE

### 11.1.3 Methodik

- Prof. Dr. Ina Kopp, AWMF-Leitlinienberatung und -moderation
- Dr. Silke Auras, Leitlinienbeauftragte der DGZMK
- Prof. Dr. Dr. Benedicta Beck-Broichsitter, Leitlinienbeauftragte der DGMKG
- Link zum LL-Report und IKEs

## 12 Gültigkeitsdauer und Aktualisierungsverfahren

Die Leitlinie ist ab [Datum] bis zur nächsten Aktualisierung gültig, die Gültigkeitsdauer wird auf x Jahre geschätzt. Vorgesehen sind regelmäßige Aktualisierungen; bei dringendem Änderungsbedarf werden diese gesondert publiziert. Kommentare und Hinweise für den Aktualisierungsprozess sind ausdrücklich erwünscht und können an das Leitliniensekretariat der DGZMK gesendet werden.

Dr. Silke Auras, Leitlinienbeauftragte DGZMK  
 Liesegangstr. 17a, D-40211 Düsseldorf  
[www.dgzmk.de](http://www.dgzmk.de); [leitlinien@dgzmk.de](mailto:leitlinien@dgzmk.de)

## 13 Literatur

Abbott P (2018) Traumatic dental injuries are now the 5th most prevalent disease/injury in the world-But they are being neglected!! Dent Traumatol 34(6): 383.

Abbott PV (2019) Diagnosis and Management of Transverse Root Fractures. J Endod 45(12s): S13-s27.

Akhlef Y, Schwartz O, Andreasen JO, Jensen SS (2018) Autotransplantation of teeth to the anterior maxilla: A systematic review of survival and success, aesthetic presentation and patient-reported outcome. Dent Traumatol 34(1): 20-27.

AlKhalifa JD, AlAzemi AA (2014) Intrusive luxation of permanent teeth: a systematic review of factors important for treatment decision-making. Dent Traumatol 30(3): 169-175.

Andersson L, Andreasen JO (2007) Soft tissue injuries. In: Andreasen JO, Andreasen FM, Andersson L, eds. Textbook and color atlas of traumatic injuries to the teeth, 4 edn. Munksgaard, Copenhagen: pp. 669-715.

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 (2012) International Association of Dental Traumatology guidelines for the management of traumatic dental injuries: 2. Avulsion of permanent teeth. Dent Traumatol 28(2): 88-96.

Andersson L, Blomlöf L, Lindskog S, Feiglin B, Hammarström L (1984) Tooth ankylosis. Clinical, radiographic and histological assessments. Int J Oral Surg 13(5): 423-431.

Andersson L, Bodin I, Sorensen S (1989) Progression of root resorption following replantation of human teeth after extended extraoral storage. Endod.Dent.Traumatol. 5(1): 38-47.

Andersson L, Malmgren B (1999) The problem of dentoalveolar ankylosis and subsequent replacement resorption in the growing patient. Aust Endod J 25(2): 57-61.

Andreasen FM (1986a) Transient apical breakdown and its relation to color and sensibility changes after luxation injuries to teeth. Endod.Dent Traumatol. 2(1): 9-19.

Andreasen FM (1986b) Transient apical breakdown and its relation to color and sensibility changes after luxation injuries to teeth. Endod Dent Traumatol 2(1): 9-19.

Andreasen FM (1989) Pulpal healing after luxation injuries and root fracture in the permanent dentition. Endod Dent Traumatol 5(3): 111-131.

Andreasen FM (1995) Pulpal healing after tooth luxation and root fractures in the permanent dentition, 1 edn; Copenhagen: Weiss Bogtrykkeri, pp. 26-31.

Andreasen FM, Andreasen JO (1988a) Resorption and mineralization processes following root fracture of permanent incisors. Endod Dent Traumatol 4(5): 202-214.

Andreasen FM, Andreasen JO (1988b) Resorption and mineralization processes following root fracture of permanent incisors. Endodontics & dental traumatology 4(5): 202-214.

Andreasen FM, Pedersen BV (1985) Prognosis of luxated permanent teeth--the development of pulp necrosis. Endod Dent Traumatol 1(6): 207-220.

Andreasen FM, Zhijie Y, Thomsen BL, Andersen PK (1987) Occurrence of pulp canal obliteration after luxation injuries in the permanent dentition. *Endod Dent Traumatol* 3(3): 103-115.

Andreasen JO (1972) Classification, Epidemiology and Etiology. In: Andreasen J, ed. *Traumatic Injuries of the Teeth*, 1 edn. Blackwell Munksgaard, Copenhagen: pp. 15-39.

Andreasen JO, Andreasen FM, Mejåre I, Cvek M (2004a) 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* 20(4): 192-202.

Andreasen JO, Andreasen FM, Mejåre I, Cvek M (2004b) 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* 20(4): 203-211.

Andreasen JO, Andreasen FM, Skeie A, Hjørtting-Hansen E, Schwartz O (2002) Effect of treatment delay upon pulp and periodontal healing of traumatic dental injuries -- a review article. *Dent Traumatol* 18(3): 116-128.

Andreasen JO, Borum MK, Andreasen FM (1995a) Replantation of 400 avulsed permanent incisors. 3. Factors related to root growth. *Endod Dent Traumatol* 11(2): 69-75.

Andreasen JO, Borum MK, Jacobsen HL, Andreasen FM (1995b) Replantation of 400 avulsed permanent incisors. 1. Diagnosis of healing complications. *Endod Dent Traumatol* 11(2): 51-58.

Andreasen JO, Borum MK, Jacobsen HL, Andreasen FM (1995c) Replantation of 400 avulsed permanent incisors. 2. Factors related to pulpal healing. *Endod Dent Traumatol* 11(2): 59-68.

Andreasen JO, Borum MK, Jacobsen HL, Andreasen FM (1995d) Replantation of 400 avulsed permanent incisors. 4. Factors related to periodontal ligament healing. *Endod Dent Traumatol* 11(2): 76-89.

Andreasen JO, Hjortting-Hansen E (1967) Intraalveolar root fractures: radiographic and histologic study of 50 cases. *J Oral Surg* 25(5): 414-426.

Andreasen JO, Kristerson L (1981a) The effect of limited drying or removal of the periodontal ligament. Periodontal healing after replantation of mature permanent incisors in monkeys. *Acta Odontol Scand* 39(1): 1-13.

Andreasen JO, Kristerson L (1981b) Evaluation of different types of autotransplanted connective tissues as potential periodontal ligament substitutes. An experimental replantation study in monkeys. *Int J Oral Surg* 10(3): 189-201.

Andreasen JO, Randskov Viding T, Ahrensburg Christensen SS (2006) Predictors for healing complications in the permanent dentition after dental trauma. *Endodontic Topics* 14: 20-27.

Andreasen JO, Schwartz O, Kofoed T, Daugaard-Jensen J (2009) Transplantation of premolars as an approach for replacing avulsed teeth. *Pediatr Dent* 31(2): 129-132.

Avila-Ortiz G, Elangovan S, Kramer KW, Blanchette D, Dawson DV (2014) Effect of alveolar ridge preservation after tooth extraction: a systematic review and meta-analysis. *J Dent Res* 93(10): 950-958.

Barrett EJ, Kenny DJ (1997) Avulsed permanent teeth: a review of the literature and treatment guidelines. *Endod Dent Traumatol* 13(4): 153-163.

Bastone EB, Freer TJ, McNamara JR (2000) Epidemiology of dental trauma: a review of the literature. *Aust Dent J* 45(1): 2-9.

Batista KB, Thiruvenkatachari B, Harris on JE, O'Brien KD (2018) Orthodontic treatment for prominent upper front teeth (Class II malocclusion) in children and adolescents. *Cochrane Database Syst Rev* 3(3): Cd003452.

Bauss O, Freitag S, Röhling J, Rahman A (2008) Influence of overjet and lip coverage on the prevalence and severity of incisor trauma. *J Orofac Orthop* 69(6): 402-410.

Bauss O, Schäfer W, Sadat-Khonsari R, Knösel M (2010) Influence of orthodontic extrusion on pulpal vitality of traumatized maxillary incisors. *J Endod* 36(2): 203-207.

Berthold C (2005) Schienentherapie nach dentoalveolären Traumata (Stellungnahme der DGZMK). *Dtsch Zahnärztl Z* 60(7): 358.

Bimstein E, Rotstein I (2016) Cvek pulpotomy - revisited. *Dent Traumatol* 32(6): 438-442.

Bissinger R, Müller DD, Reymus M, Khazaei Y, Hickel R, Bücher K, Kühnisch J (2021) Treatment outcomes after uncomplicated and complicated crown fractures in permanent teeth. *Clin Oral Investig* 25(1): 133-143.

Blomlöf L (1981) Milk and saliva as possible storage media for traumatically exarticulated teeth prior to re plantation. *Swed Dent J Suppl* 8: 1-26.

Bohner L, Hanisch M, Kleinheinz J, Jung S (2019) Dental implants in growing patients: a systematic review. *Br J Oral Maxillofac Surg* 57(5): 397-406.

Bonte E, Beslot A, Boukpessi T, Lasfargues JJ (2015) MTA versus Ca(OH)2 in apexification of non-vital immature permanent teeth: a randomized clinical trial comparison. *Clin Oral Investig* 19(6): 1381-1388.

Bourguignon C, Cohenca N, Lauridsen E, Flores MT, O'Connell AC, Day PF, Tsilingaridis G, Abbott PV, Fouad AF, Hicks L, Andreasen JO, Cehreli ZC, Harlamb S, Kahler B, Oginni A, Semper M, Levin L (2020) International Association of Dental Traumatology guidelines for the management of traumatic dental injuries: 1. Fractures and luxations. *Dent Traumatol* 36(4): 314-330.

Brüllmann D, Schulze RK, d'Hoedt B (2011) Therapeutisches Vorgehen bei Frontzahntraumata. *Dtsch Arztebl International* 108(34-35): 565-570.

Bücher K, Neumann C, Hickel R, Kühnisch J (2013) Traumatic dental injuries at a German university clinic 2004-2008. *Dent Traumatol* 29(2): 127-133.

Carvalho CV, Bauer FP, Romito GA, Pannuti CM, De Micheli G (2006) Orthodontic extrusion with or without circumferential supracrestal fiberotomy and root planing. *Int J Periodontics Restorative Dent* 26(1): 87-93.

Cepic S (2009) Pulpanekrose nach Zahntrauma: eine Nachuntersuchung der Daten von 200 Zähnen. Medizinische Universität, Graz: pp. 49.

Chaushu G, Becker A, Zeltser R, Branski S, Chaushu S (2004) Patients' perceptions of recovery after exposure of impacted teeth with a closed-eruption technique. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 125(6): 690-696.

Cohenca N, Stabholz A (2007) Decoration - a conservative method to treat ankylosed teeth for preservation of alveolar ridge prior to permanent prosthetic reconstruction: literature review and case presentation. Dent Traumatol 23(2): 87-94.

Corrêa-Faria P, Paiva SM, Ramos-Jorge ML, Pordeus IA (2016) Incidence of crown fracture and risk factors in the primary dentition: a prospective longitudinal study. Dent Traumatol 32(6): 450-456.

Costa CA, Giro EM, do Nascimento AB, Teixeira HM, Hebling J (2003) 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 19(8): 739-746.

Costa LA, Ribeiro CC, Cantanhede LM, Santiago Júnior JF, de Mendonça MR, Pereira AL (2017) Treatments for intrusive luxation in permanent teeth: a systematic review and meta-analysis. Int J Oral Maxillofac Surg 46(2): 214-229.

Cunha RF, Pavarini A, Percinoto C, Lima JE (2002) Influence of surgical repositioning of mature permanent dog teeth following experimental intrusion: a histologic assessment. Dent Traumatol 18(6): 304-308.

Cvek M (1978) A clinical report on partial pulpotomy and capping with calcium hydroxide in permanent incisors with complicated crown fracture. J Endod 4(8): 232-237.

Cvek M (1992) Prognosis of luxated non-vital maxillary incisors treated with calcium hydroxide and filled with gutta-percha. A retrospective clinical study. Endod Dent Traumatol 8(2): 45-55.

Cvek M (2007) Endodontic management and the use of calcium hydroxide in traumatized permanent teeth. In: Andreasen J, Andreasen F, Andersson L, eds. Textbook and color atlas of traumatic injuries to the teeth, 4 edn. Blackwell Munksgaard, Kopenhagen: pp. 598-657.

Cvek M, Cleaton-Jones PE, Austin JC, Andreasen JO (1982) Pulp reactions to exposure after experimental crown fractures or grinding in adult monkeys. J Endod 8(9): 391-397.

Cvek M, Granath L, Cleaton-Jones P, Austin J (1987) Hard tissue barrier formation in pulpotomized monkey teeth capped with cyanoacrylate or calcium hydroxide for 10 and 60 minutes. J Dent Res 66(6): 1166-1174.

Dammaschke T, Galler K, Krastl G (2019) Aktuelle Empfehlungen zur Vitalerhaltung der Pulpa. Dtsch Zahnärztl Z 74: 54–63.

Day PF, Flores MT, O'Connell AC, Abbott PV, Tsilingaridis G, Fouad AF, Cohenca N, Lauridsen E, Bourguignon C, Hicks L, Andreasen JO, Cehreli ZC, Harlamb S, Kahler B, Oginni A, Semper M, Levin L (2020) International Association of Dental Traumatology guidelines for the management of traumatic dental injuries: 3. Injuries in the primary dentition. Dent Traumatol 36(4): 343-359.

Day PF, Gregg TA (2012) Treatment of avulsed permanent teeth in children. BSPD avulsion guidelines. [http://udps-srb.org/wp-content/uploads/2015/10/avulsion\\_guidelines\\_v7\\_final\\_.pdf](http://udps-srb.org/wp-content/uploads/2015/10/avulsion_guidelines_v7_final_.pdf) [Abruf am 11.10.2021].

Dettwiler C, Meller C, Eggmann F, Saccardin F, Kühl S, Filippi A, Krastl G, Weiger R, Connert T (2018) Evaluation of a Fluorescence-aided Identification Technique (FIT) for removal of composite bonded trauma splints. Dent Traumatol 34(5): 353-359.

Diangelis AJ, Andreasen JO, Ebelereder 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 (2012)

International Association of Dental Traumatology guidelines for the management of traumatic dental injuries: 1. Fractures and luxations of permanent teeth. Dent Traumatol 28(1): 2-12.

Duncan HF, Galler KM, Tomson PL, Simon S, El-Karim I, Kundzina R, Krastl G, Dammaschke T, Fransson H, Markvar M, Zehnder M, Bjørndal L (2019) European Society of Endodontontology position statement: Management of deep caries and the exposed pulp. Int Endod J 52(7): 923-934.

Ebeleseder K, Glockner K (1999) Folgen des dentalen Traumas. Endodontie 8: 113-124.

Ebeleseder KA, Friehs S, Ruda C, Pertl C, Glockner K, Hulla H (1998) A study of replanted permanent teeth in different age groups. Endod Dent Traumatol 14(6): 274-278.

Ebeleseder KA, Glockner K, Pertl C, Städltler P (1995) Splints made of wire and composite: an investigation of lateral tooth mobility in vivo. Endod Dent Traumatol 11(6): 288-293.

Ebeleseder KA, Santler G, Glockner K, Hulla H, Pertl C, Quehenberger F (2000) An analysis of 58 traumatically intruded and surgically extruded permanent teeth. Endod Dent Traumatol 16(1): 34-39.

Eichelsbacher F, Denner W, Klaiber B, Schlagenhauf U (2009) Periodontal status of teeth with crown-root fractures: results two years after adhesive fragment reattachment. J Clin Periodontol 36(10): 905-911.

Farik B, Munksgaard EC, Andreasen JO, Kreiborg S (1999) Drying and rewetting anterior crown fragments prior to bonding. Endod Dent Traumatol 15(3): 113-116.

Fernandes LM, Neto JCL, Lima TFR, Magno MB, Santiago BM, Cavalcanti YW, de Almeida LFD (2019) The use of mouthguards and prevalence of dento-alveolar trauma among athletes: A systematic review and meta-analysis. Dent Traumatol 35(1): 54-72.

Ferrazzini Pozzi EC, von Arx T (2008) Pulp and periodontal healing of laterally luxated permanent teeth: results after 4 years. Dent Traumatol 24(6): 658-662.

Foley TF, Mamandras AH (1992) Facial growth in females 14 to 20 years of age. Am J Orthod Dentofacial Orthop 101(3): 248-254.

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 (2020) International Association of Dental Traumatology guidelines for the management of traumatic dental injuries: 2. Avulsion of permanent teeth. Dent Traumatol 36(4): 331-342.

Fuks AB, Cosack A, Klein H, Eidelman E (1987) Partial pulpotomy as a treatment alternative for exposed pulps in crown-fractured permanent incisors. Endod Dent Traumatol 3(3): 100-102.

Fuss Z, Tesis I, Lin S (2003) Root resorption--diagnosis, classification and treatment choices based on stimulation factors. Dent Traumatol 19(4): 175-182.

Galler KM, Dammaschke T, Krastl G (2019) Vitalerhaltung der Pulpa nach Trauma. Die Quintessenz 70: 1042-1048.

Galler KM, Krastl G, Simon S, Van Gorp G, Meschi N, Vahedi B, Lambrechts P (2016) European Society of Endodontontology position statement: Revitalization procedures. Int Endod J 49(8): 717-723.

Glendor U (2008) Epidemiology of traumatic dental injuries--a 12 year review of the literature. Dent Traumatol 24(6): 603-611.

Glendor U (2009) Aetiology and risk factors related to traumatic dental injuries--a review of the literature. *Dent Traumatol* 25(1): 19-31.

Göhring KS, Lehnert B, Zehnder M (2004) [Indications for use of MTA, a review. Part 1: Chemical, physical and biological properties of MTA]. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 114(2): 143-153.

Hanks CT, Craig RG, Diehl ML, Pashley DH (1988) Cytotoxicity of dental composites and other materials in a new in vitro device. *J Oral Pathol* 17(8): 396-403.

Heithersay GS (2004) Invasive cervical resorption. *Endodontic Topics* 7: 73-92.

Hinckfuss SE, Messer LB (2009) An evidence-based assessment of the clinical guidelines for replanted avulsed teeth. Part II: prescription of systemic antibiotics. *Dent Traumatol* 25(2): 158-164.

Horner K, Rushton V, Tsiklakis K et al. (2004) In: Communities OfOPotE, ed. European Guidelines on Radiation Protection in Dental Radiology. The Safe Use of Radiographs in Dental Practice. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.

Hoss F, El-Mahdy K, Lisenmann R, Franz CW, Nolte D (2021) Primary tooth autotransplantation: update and retrospective clinical study. *Acta Odontol Scand*: 1-11.

Huang GT (2009) Apexification: the beginning of its end. *Int Endod J* 42(10): 855-866.

Hülsmann M (1999) Diagnostik und Therapie traumatischer Wurzelquerfrakturen. *Endodontie* 2: 141-160.

Humphrey JM, Kenny DJ, Barrett EJ (2003) Clinical outcomes for permanent incisor luxations in a pediatric population. I. Intrusions. *Dent Traumatol* 19(5): 266-273.

Huth KC, Nazet M, Paschos E, Lisenmann R, Hickel R, Nolte D (2013) Autotransplantation and surgical uprighting of impacted or retained teeth: A retrospective clinical study and evaluation of patient satisfaction. *Acta Odontol Scand* 71(6): 1538-1546.

Jackowski J, Peters H, Hözle F (2007) Praxisleitfaden Zahnärztliche Chirurgie, München: Urban & Fischer pp. 1-469.

Jacobsen I, Kerekes K (1977) Long-term prognosis of traumatized permanent anterior teeth showing calcifying processes in the pulp cavity. *Scand J Dent Res* 85(7): 588-598.

Kahler B, Hu JY, Marriot-Smith CS, Heithersay GS (2016) Splinting of teeth following trauma: a review and a new splinting recommendation. *Aust Dent J* 61 Suppl 1: 59-73.

Kahler B, Rossi-Fedele G, Chugal N, Lin LM (2017) An Evidence-based Review of the Efficacy of Treatment Approaches for Immature Permanent Teeth with Pulp Necrosis. *J Endod* 43(7): 1052-1057.

Kakehashi S, Stanley HR, Fitzgerald RJ (1965) THE EFFECTS OF SURGICAL EXPOSURES OF DENTAL PULPS IN GERM-FREE AND CONVENTIONAL LABORATORY RATS. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 20: 340-349.

Kern M, Passia N, Sasse M, Yazigi C (2017) Ten-year outcome of zirconia ceramic cantilever resin-bonded fixed dental prostheses and the influence of the reasons for missing incisors. *J Dent* 65: 51-55.

Kim SH, Tramontina VA, Ramos CM, Prado AM, Passanezi E, Greghi SL (2009) Experimental surgical and orthodontic extrusion of teeth in dogs. *Int J Periodontics Restorative Dent* 29(4): 435-443.

Krastl G, Filippi A, Weiger R (2020) Initial management of dental trauma: musts, shoulds, and cans. *Quintessence Int* 51(9): 763-774.

Krastl G, Filippi A, Zitzmann NU, Walter C, Weiger R (2011) Current aspects of restoring traumatically fractured teeth. *Eur J Esthet Dent* 6(2): 124-141.

Krastl G, Weiger R, Filippi A (2000) Schienung nach Zahntrauma. In: Krastl G, Weiger R, Filippi A, eds. *Zahntrauma Therapieoptionen für die Praxis, Quintessenz*, Berlin: pp. 101-104.

Krastl G, Weiger R, Filippi A, Van Waes H, Ebeleseder K, Ree M, Connert T, Widbiller M, Tjäderhane L, Dummer PMH, Galler K (2021a) Endodontic management of traumatized permanent teeth: a comprehensive review. *Int Endod J* 54(8): 1221-1245.

Krastl G, Weiger R, Filippi A, Van Waes H, Ebeleseder K, Ree M, Connert T, Widbiller M, Tjäderhane L, Dummer PMH, Galler K (2021b) European Society of Endodontontology position statement: endodontic management of traumatized permanent teeth. *Int Endod J* 54(9): 1473-1481.

Kristerson L, Andreasen JO (1983) The effect of splinting upon periodontal and pulpal healing after autotransplantation of mature and immature permanent incisors in monkeys. *Int J Oral Surg*. 12(4): 239-249.

Krug R, Connert T, Soliman S, Syfrig B, Dietrich T, Krastl G (2018) Surgical extrusion with an atraumatic extraction system: A clinical study. *J Prosthet Dent* 120(6): 879-885.

Lauridsen E, Andreasen JO, Bouaziz O, Andersson L (2020) Risk of ankylosis of 400 avulsed and replanted human teeth in relation to length of dry storage: A re-evaluation of a long-term clinical study. *Dent Traumatol* 36(2): 108-116.

Lauridsen E, Hermann NV, Gerds TA, Ahrensburg SS, Kreiborg S, Andreasen JO (2012a) Combination injuries 1. The risk of pulp necrosis in permanent teeth with concussion injuries and concomitant crown fractures. *Dent Traumatol* 28(5): 364-370.

Lauridsen E, Hermann NV, Gerds TA, Ahrensburg SS, Kreiborg S, Andreasen JO (2012b) Combination injuries 2. The risk of pulp necrosis in permanent teeth with subluxation injuries and concomitant crown fractures. *Dent Traumatol* 28(5): 371-378.

Lauridsen E, Hermann NV, Gerds TA, Ahrensburg SS, Kreiborg S, Andreasen JO (2012c) Combination injuries 3. The risk of pulp necrosis in permanent teeth with extrusion or lateral luxation and concomitant crown fractures without pulp exposure. *Dent Traumatol* 28(5): 379-385.

Layug ML, Barrett EJ, Kenny DJ (1998) Interim storage of avulsed permanent teeth. *J Can Dent Assoc* 64(5): 357-363, 365-359.

Lee R, Barrett EJ, Kenny DJ (2003) Clinical outcomes for permanent incisor luxations in a pediatric population. II. Extrusions. *Dent Traumatol* 19(5): 274-279.

Lekic P, Kenny D, Moe HK, Barretti E, McCulloch CA (1996) Relationship of clonogenic capacity to plating efficiency and vital dye staining of human periodontal ligament cells: implications for tooth replantation. *J Periodontal Res* 31(4): 294-300.

Levin L, Day PF, Hicks L, O'Connell A, Fouad AF, Bourguignon C, Abbott PV (2020) International Association of Dental Traumatology guidelines for the management of traumatic dental injuries: General introduction. *Dent Traumatol* 36(4): 309-313.

Love RJ, Murray JM, Mamandras AH (1990) Facial growth in males 16 to 20 years of age. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 97(3): 200-206.

Love RM (1996) Bacterial penetration of the root canal of intact incisor teeth after a simulated traumatic injury. *Endod Dent Traumatol* 12(6): 289-293.

Magno MB, Neves AB, Ferreira DM, Pithon MM, Maia LC (2019) The relationship of previous dental trauma with new cases of dental trauma. A systematic review and meta-analysis. *Dent Traumatol* 35(1): 3-14.

Mahmoodi B, Rahimi-Nedjat R, Weusmann J, Azaripour A, Walter C, Willershausen B (2015) Traumatic dental injuries in a university hospital: a four-year retrospective study. *BMC Oral Health* 15(1): 139.

Malmgren B, Malmgren O, Andreasen JO (2006) Alveolar bone development after decoronation of ankylosed teeth. *Endodontic Topics* 14: 35-40.

Malmgren B, Tsilingaridis G, Malmgren O (2015) Long-term follow up of 103 ankylosed permanent incisors surgically treated with decoronation--a retrospective cohort study. *Dent Traumatol* 31(3): 184-189.

Malmgren O, Malmgren B, Andreasen JO, Andreasen FM, Andersson L (2007) Orthodontic Management of the Traumatized Dentition. Textbook and color atlas of traumatic injuries to the teeth, Munksgaard, Copenhagen: pp. 669-715.

Mankani N, Chowdhary R, Patil BA, Nagaraj E, Madalli P (2014) Osseointegrated dental implants in growing children: a literature review. *J Oral Implantol* 40(5): 627-631.

Maurer P (2010) Epidemiologie der Verletzungen im Kiefer-Gesichtsbereich. In: Schubert J, ed. Traumatologie für Zahnärzte, Sanofi-Aventis, Berlin: pp. 10-12.

Mavridou AM, Hauben E, Wevers M, Schepers E, Bergmans L, Lambrechts P (2016) Understanding External Cervical Resorption in Vital Teeth. *Journal of endodontics*.

Medeiros RB, Mucha JN (2009) Immediate vs late orthodontic extrusion of traumatically intruded teeth. *Dent Traumatol* 25(4): 380-385.

Mente J, Hage N, Pfefferle T, Koch MJ, Dreyhaupt J, Staehle HJ, Friedman S (2009) Mineral trioxide aggregate apical plugs in teeth with open apical foramina: a retrospective analysis of treatment outcome. *J Endod* 35(10): 1354-1358.

Mente J, Leo M, Panagidis D, Ohle M, Schneider S, Lorenzo Bermejo J, Pfefferle T (2013) Treatment outcome of mineral trioxide aggregate in open apex teeth. *J Endod* 39(1): 20-26.

Michl I, Nolte D, Tschammler C, Kunkel M, Linsenmann R, Angermair J (2017) Premolar autotransplantation in juvenile dentition: quantitative assessment of vertical bone and soft tissue growth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* 124(1): e1-e12.

Miyashin M, Kato J, Takagi Y (1991) Tissue reactions after experimental luxation injuries in immature rat teeth. *Endod Dent Traumatol* 7(1): 26-35.

Nair PNR, Pajarola G, Schroeder HE (1996) Types and incidence of human periapical lesions obtained with extracted teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 81(1): 93-102.

Namour M, Theys S (2014) Pulp revascularization of immature permanent teeth: a review of the literature and a proposal of a new clinical protocol. *ScientificWorldJournal* 2014: 737503.

Naumann M, Schmitter M, Frankenberger R, Krastl G (2018) "Ferrule Comes First. Post Is Second!" Fake News and Alternative Facts? A Systematic Review. *J Endod* 44(2): 212-219.

Nielsen A, Ravn JJ (1981) [Treatment with silver nitrate in pedodontics]. *Tandlaegebladet* 85(14): 417-419.

Nobre CM, de Barros Pascoal AL, Albuquerque Souza E, Machion Shaddox L, Dos Santos Calderon P, de Aquino Martins AR, de Vasconcelos Gurgel BC (2017) A systematic review and meta-analysis on the effects of crown lengthening on adjacent and non-adjacent sites. *Clin Oral Investig* 21(1): 7-16.

Nolte D (2020) Hot Topic: Dentales Trauma, dentoalveoläres Trauma. MKG-UpDate. Wiesbaden: 1-24

Nolte D, Tschaemmler C, Henzler M, Linsenmann R, Angermair J (2017) Two-Phase Transplantation (TPTX) Concept: A New Approach for Instant Rehabilitation of Young Children after Avulsion of Central Incisor. *Open Journal of Stomatology* 7: 136-146.

O'Mullane DM (1973) Some factors predisposing to injuries of permanent incisors in school children. *Br Dent J* 134(8): 328-332.

Oesterle LJ, Cronin RJ, Jr., Ranly DM (1993) Maxillary implants and the growing patient. *Int J Oral Maxillofac Implants* 8(4): 377-387.

Osmanovic A, Halilovic S, Kurtovic-Kozaric A, Hadziabdic N (2018) Evaluation of periodontal ligament cell viability in different storage media based on human PDL cell culture experiments-A systematic review. *Dent Traumatol* 34(6): 384-393.

Patel S, Lambrechts P, Shemesh H, Mavridou A (2018) European Society of Endodontontology position statement: External Cervical Resorption. *Int Endod J*.

Petti S, Glendor U, Andersson L (2018) World traumatic dental injury prevalence and incidence, a meta-analysis-One billion living people have had traumatic dental injuries. *Dent Traumatol* 34(2): 71-86.

Pilalas I, Tsalikis L, Tatakis DN (2016) Pre-restorative crown lengthening surgery outcomes: a systematic review. *J Clin Periodontol* 43(12): 1094-1108.

Plotino G, Abella Sans F, Duggal MS, Grande NM, Krastl G, Nagendrababu V, Gambarini G (2020) Clinical procedures and outcome of surgical extrusion, intentional replantation and tooth autotransplantation - a narrative review. *Int Endod J* 53(12): 1636-1652.

Plotino G, Abella Sans F, Duggal MS, Grande NM, Krastl G, Nagendrababu V, Gambarini G (2021) European Society of Endodontontology position statement: Surgical extrusion, intentional replantation and tooth autotransplantation: European Society of Endodontontology developed by. *Int Endod J* 54(5): 655-659.

Pohl Y, Filippi A, Kirschner H (2005a) Results after replantation of avulsed permanent teeth. I. Endodontic considerations. *Dent Traumatol* 21(2): 80-92.

Pohl Y, Filippi A, Kirschner H (2005b) Results after replantation of avulsed permanent teeth. II. Periodontal healing and the role of physiologic storage and anti-resorptive-regenerative therapy. Dent Traumatol 21(2): 93-101.

Pohl Y, Geist P, Filippi A (2008) Transplantation of primary canines after loss or ankylosis of upper permanent incisors. A prospective case series study on healing and survival. Dent Traumatol 24(4): 388-403.

Pohl Y, Wahl G, Filippi A, Kirschner H (2005c) Results after replantation of avulsed permanent teeth. III. Tooth loss and survival analysis. Dent Traumatol 21(2): 102-110.

Pontoriero R, Celenza F, Jr., Ricci G, Carnevale G (1987) Rapid extrusion with fiber resection: a combined orthodontic-periodontic treatment modality. Int J Periodontics Restorative Dent 7(5): 30-43.

Prapas E, Ibel G, Zachrisson BU, Bantleon HP (2008) Forcierte Eruption – eine Literaturübersicht. Informationen aus Orthodontie & Kieferorthopädie 40(03): 225-231.

Ravn JJ (1981) Follow-up study of permanent incisors with enamel fractures as a result of an acute trauma. Scand J Dent Res 89(3): 213-217.

Ree MH, Schwartz RS (2017) 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 43(8): 1370-1377.

Robertson A (1998) A retrospective evaluation of patients with uncomplicated crown fractures and luxation injuries. Endod Dent Traumatol 14(6): 245-256.

Robertson A, Andreasen FM, Andreasen JO, Norén JG (2000) Long-term prognosis of crown-fractured permanent incisors. The effect of stage of root development and associated luxation injury. Int J Paediatr Dent 10(3): 191-199.

Schmidt JC, Sahrmann P, Weiger R, Schmidlin PR, Walter C (2013) Biologic width dimensions--a systematic review. J Clin Periodontol 40(5): 493-504.

Skupien JA, Luz MS, Pereira-Cenci T (2016) Ferrule Effect: A Meta-analysis. JDR Clin Trans Res 1(1): 31-39.

Soliman S, Lang LM, Hahn B, Reich S, Schlagenhauf U, Krastl G, Krug R (2020) Long-term outcome of adhesive fragment reattachment in crown-root fractured teeth. Dent Traumatol 36(4): 417-426.

Stålhane I, Hedegård B (1975) Traumatized permanent teeth in children aged 7-15 years. Sven Tandlak Tidskr 68(5): 157-169.

Stenvik A, Zachrisson BU (1993) Orthodontic closure and transplantation in the treatment of missing anterior teeth. An overview. Endod Dent Traumatol 9(2): 45-52.

Thiruvenkatachari B, Harrison J, Worthington H, O'Brien K (2015) Early orthodontic treatment for Class II malocclusion reduces the chance of incisal trauma: Results of a Cochrane systematic review. Am J Orthod Dentofacial Orthop 148(1): 47-59.

Thiruvenkatachari B, Harrison JE, Worthington HV, O'Brien KD (2013) Orthodontic treatment for prominent upper front teeth (Class II malocclusion) in children. Cochrane Database Syst Rev(11): Cd003452.

Thoma DS, Sailer I, Ioannidis A, Zwahlen M, Makarov N, Pjetursson BE (2017) 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* 28(11): 1421-1432.

Torabinejad M, Nosrat A, Verma P, Udochukwu O (2017) Regenerative Endodontic Treatment or Mineral Trioxide Aggregate Apical Plug in Teeth with Necrotic Pulps and Open Apices: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Endod* 43(11): 1806-1820.

Tronstad L (1988) Root resorption--etiology, terminology and clinical manifestations. *Endod Dent Traumatol* 4(6): 241-252.

Trope M (2002) Root resorption due to dental trauma. *Endodontic Topics* 1(1): 79-100.

Tschammler C, Angermair J, Heiligensetzer M, Linsenmann R, Huth KC, Nolte D (2015) Primary canine auto-transplantation: a new surgical technique. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* 119(2): 158-169.

Tsilingaridis G, Malmgren B, Andreasen JO, Malmgren O (2012) Intrusive luxation of 60 permanent incisors: a retrospective study of treatment and outcome. *Dent Traumatol* 28(6): 416-422.

Turley PK, Joiner MW, Hellstrom S (1984) The effect of orthodontic extrusion on traumatically intruded teeth. *Am J Orthod* 85(1): 47-56.

von Arx T, Filippi A, Buser D (2001a) Splinting of traumatized teeth with a new device: TTS (Titanium Trauma Splint). *Dent Traumatol* 17(4): 180-184.

von Arx T, Filippi A, Lussi A (2001b) Comparison of a new dental trauma splint device (TTS) with three commonly used splinting techniques. *Dent Traumatol* 17(6): 266-274.

Wang G, Wang C, Qin M (2017) Pulp prognosis following conservative pulp treatment in teeth with complicated crown fractures-A retrospective study. *Dent Traumatol* 33(4): 255-260.

Weiger R, Krastl G (2019) Endodontische Spätfolgen nach Zahntrauma: Update 2019. *Die Quintessenz* 80(9): 1012-1019.

Westphal O (1995) Normal growth and growth disorders in children. *Acta Odontol Scand* 53(3): 174-178.

Wigen TI, Agnalt R, Jacobsen I (2008) Intrusive luxation of permanent incisors in Norwegians aged 6-17 years: a retrospective study of treatment and outcome. *Dent Traumatol* 24(6): 612-618.

Zachrisson BU, Skogan O, Höymyr S (1980) Enamel cracks in debonded, debanded, and orthodontically untreated teeth. *Am J Orthod* 77(3): 307-319.

Zadik D, Chosack A, Eidelman E (1979) The prognosis of traumatized permanent anterior teeth with fracture of the enamel and dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 47(2): 173-175.