

S2k-Leitlinie (Langfassung)

Therapie des dentalen Traumas bleibender Zähne

AWMF-Registernummer: 083-004

Stand: März 2022

Gültig bis: März 2027

Federführende Fachgesellschaften:

- Deutsche Gesellschaft für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie (DGMKG)
- 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 Parodontologie (DG PARO)
- Deutsche Gesellschaft für Prothetische Zahnmedizin und Biomaterialien (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 (BZÖG)
- Bundeszahnärztekammer (BZÄK)
- Berufsverband deutscher Oralchirurgen (BDO)
- Deutsche Gesellschaft für Endodontologie und zahnärztliche Traumatologie (DGET)
- Deutsche Gesellschaft für Funktionsdiagnostik und –therapie in der DGZMK (DGFDZ)
- Deutsche Gesellschaft für Präventivzahnmedizin (DGPZM)
- Deutsche Gesellschaft für Restaurative und Regenerative Zahnerhaltung (DGR²Z)
- Freier Verband Deutscher Zahnärzte (FVDZ)
- Kassenzahnärztliche Bundesvereinigung (KZBV)
- Österreichische Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, Arbeitsgemeinschaft für Zahntrauma (ÖGZMK, ARGE Zahntrauma)
- Verband Deutscher zertifizierter Endodontologen (VDZE)

publiziert bei:



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

publiziert bei:



Methodik:

Prof. Dr. Ina Kopp (AWMF)
Dr. Silke Auras (DGZMK, Leitlinienbeauftragte)
Dr. Birgit Marré (DGZMK, Leitlinienbeauftragte)
Dr. Anke Weber (DGZMK, Leitlinienbeauftragte)

Jahr der Erstellung: 05/2015
vorliegende Aktualisierung/ Stand: 31.03.2022, **Version:** 2.0
gültig bis: 30.03.2027

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) oder der AWMF (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.

1 Was gibt es Neues?

- Spezifizierung der Nomenklatur der Dislokationsverletzungen in Anlehnung an die internationale Terminologie (Kap. 5.1)
- Gewichtung der fotografischen Dokumentation (Kap. 6.3.2)
- Darstellung von Risikofaktoren und Empfehlungen zur Prävention von Zahnunfällen (Kap. 7.1)
- Aktualisierte Vorgehensweise bei der Erstversorgung von Kronenfrakturen mit Pulpabeteiligung (Kap. 7.2.2.2.2)
- Revitalisierung als regenerative Therapiemöglichkeit bei Pulpaverlust an Zähnen mit nicht abgeschlossenem Wurzelwachstum (Kap. 7.2.2.2.2)
- Spezifische Empfehlungen zur Primärversorgung sowie langfristigen Restauration von Kronen-Wurzel-Frakturen (Kap. 7.2.3)
- Erläuterungen zur Schienung nach Dislokationsverletzungen und Alveolarfortsatzfraktur inklusive Tabelle mit Schienungsdauern (Kap. 7.3)
- Differenziertes Vorgehen bei der Versorgung von Intrusionsverletzungen in Abhängigkeit vom Wurzelwachstum (Kap. 7.3.5)
- Vereinfachung der Empfehlung zur Bewertung der Prognose nach Avulsionsverletzungen (Kap. 7.3.6)
- Klinisches Hilfsmittel zur quantitativen Abschätzung der erwarteten vertikalen Infraposition von Zähnen bei Ankylose (Kap. 7.4)
- Ausführliche Darstellung der Therapieoptionen bei posttraumatischer Ankylose (Kap. 7.4) und Zahnverlust (Kap. 7.5)
- Aktualisiertes Glossar zu Heilungsvorgängen und Heilungsstörungen (Kap. 11)

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 (≥ 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 (siehe Tabelle 5, Kap. 7.4).
- Bei Zahnverlust des im Wachstum befindlichen jugendlichen Gebisses ist die Interimsprothese/Kinderprothese ein probates Mittel zur Primärversorgung einer Frontzahnücke. 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

1	Was gibt es Neues?	i
2	Die wichtigsten Empfehlungen auf einen Blick	ii
3	Herausgeber	1
3.1	Federführende Fachgesellschaften	1
3.2	Kontakt	1
3.3	Zitierweise	1
3.4	Redaktioneller Hinweis	1
4	Geltungsbereich und Zweck	2
4.1	Begründung für die Auswahl des Leitlinienthemas	2
4.2	Zielsetzung und Fragestellung	2
4.3	Anwenderzielgruppe und Adressaten der Leitlinie	3
4.4	Patientenzielgruppe	3
4.5	Ausnahmen von der Leitlinie	3
4.6	Versorgungsbereich	4
4.7	Weitere Dokumente zu dieser Leitlinie	4
4.8	Verbindungen zu anderen Leitlinien	4
5	Einleitung	5
5.1	Definition des Krankheitsbildes	5
5.2	Klassifikation der Zahnverletzungen	6
5.3	Epidemiologie dentales Trauma	7
5.4	ICD-10 Codes	8
5.5	Symptome	8
5.6	Therapieziele	8
6	Diagnostik	10
6.1	Anamnese	10
6.2	Notwendige Untersuchungen zur Therapieentscheidung	10
6.2.1	Intraoral	11
6.2.2	Extraoral	11
6.3	Bildgebende Diagnostik	12
6.3.1	Röntgen	12
6.3.2	Dentale Fotografie	13
6.4	Dokumentation	14

7	Therapie	15
7.1	Prävention	15
7.2	Frakturen	16
7.2.1	Schmelzinfraction.....	16
7.2.2	Kronenfraktur	17
7.2.2.1	Kronenfraktur, begrenzt auf den Schmelz (= Schmelzfraktur)	17
7.2.2.2	Kronenfraktur (Schmelz-Dentin)	18
7.2.2.2.1	Ohne Pulpabeteiligung (=unkomplizierte Kronenfraktur)	18
7.2.2.2.2	Mit Pulpabeteiligung (=komplizierte Kronenfraktur)	19
7.2.3	Kronen-Wurzel-Fraktur	24
7.2.4	Wurzelfraktur mit / ohne Kommunikation zur Mundhöhle	27
7.2.4.1	Intraalveoläre Fraktur.....	27
7.2.4.2	Wurzellängsfraktur	29
7.2.5	Fraktur des bezahnten Alveolarfortsatzes	29
7.3	Dislokationsverletzungen der Zähne	30
7.3.1	Konkussion.....	33
7.3.2	Lockerung	33
7.3.3	Laterale Dislokation.....	34
7.3.4	Extrusion.....	35
7.3.5	Intrusion	36
7.3.6	Avulsion	37
7.3.6.1	Behandlung avulsierter Zähne mit geschlossenem Apex.....	40
7.3.6.2	Behandlung avulsierter Zähne mit offenem Apex.....	41
7.4	Behandlung der posttraumatischen Ankylose	42
7.4.1	Temporäres Belassen des ankylosierten Zahnes.....	45
7.4.2	Chirurgische Anluxation	45
7.4.3	Dekoration.....	46
7.4.4	Chirurgische Entfernung des Zahnes.....	46
7.5	Therapieoptionen bei Zahnverlust	46
7.5.1	Versorgung mit Adhäsivbrücke	48
7.5.2	Kieferorthopädischer Lückenschluss.....	48
7.5.3	Autogene Zahntransplantation	49
7.5.4	Enossale Implantation	50
7.5.5	Weitere Versorgungsmöglichkeiten.....	50

8	Antibiotische Prophylaxe / Therapie.....	51
9	Nachsorge.....	52
10	Aufklärung über Spätfolgen.....	54
11	Heilungsvorgänge und Heilungsstörungen	55
11.1	Heilungsvorgänge und Heilungsstörungen im Pulpa-Dentin-Komplex	55
11.2	Heilungsvorgänge und Heilungsstörungen im Parodont	56
11.3	Formveränderungen an der noch wachsenden Wurzel.....	58
11.4	Heilungsvorgänge und Heilungsstörungen der Gingiva	58
12	Informationen zu dieser Leitlinie	59
12.1	Zusammensetzung der Leitliniengruppe	59
12.1.1	Redaktion und Koordination	59
12.1.2	Beteiligte Fachgesellschaften, Organisationen und Mandatsträger	59
12.1.3	Literaturrecherche.....	60
12.1.4	Patientenvertreter.....	60
12.1.5	Methodik	61
13	Gültigkeitsdauer und Aktualisierungsverfahren	61
14	Tabellenverzeichnis.....	62
15	Literatur	63

3 Herausgeber

3.1 Federführende Fachgesellschaften



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



Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (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 2.0, 2022, 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 Begründung für die Auswahl des Leitlinienthemas

Die Prävalenz des dentalen Traumas wird in nahezu allen Altersgruppen unabhängig von der Region weltweit mit ca. 25% bis 30% als hoch angegeben. Die Inzidenz des dentalen Traumas von Patienten im Alter bis ca. 35 Jahre wird auf bis zu 20% geschätzt. In Deutschland wird über ähnliche Häufigkeiten mit einer Prävalenz von 6 bis 38% im Kindes- und Jugendalter berichtet. Die durch Verletzungen der Zähne bedingten jährlichen Krankheits- und Folgekosten liegen in Deutschland konservativ geschätzt bei ca. 200 bis 550 Millionen Euro, wobei die Unfallzahlen mit Zahnverletzungen stetig steigen.

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) 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.

Obschon Zahntraumata in allen Altersgruppen auftreten, stellt die der 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 Versorgung 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 für eine angemessene Indikationsstellung für die endodontische, kieferorthopädische, prothetische oder implantologische Versorgung oder zur Zahntransplantation.

4.3 Anwenderzielgruppe und Adressaten der Leitlinie

Anwenderzielgruppe:

- Zahnärzte aller Fachrichtungen und Schwerpunkte
- Fachzahnärzte für Oralchirurgie
- Fachzahnärzte für Kieferorthopädie
- Fachärzte für Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie

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 Patientenzielgruppe

Alle Patienten mit unfallbedingten Verletzungen an bleibenden Zähnen

4.5 Ausnahmen von der Leitlinie

Diese Leitlinie bezieht sich nicht auf Verletzungen an Milchzähnen (1. Dentition) 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 Kap. 4.8).

4.6 Versorgungsbereich

Die Leitlinie gilt für den zahnärztlichen und fachzahnärztlichen Versorgungsbereich. Dies umfasst die Behandlung in Zahnarztpraxen/Zahnkliniken, Zahnarztpraxen/Zahnkliniken der folgenden Bereiche:

- ☒ ambulant ☒ stationär ☒ teilstationär
- ☒ Prävention ☒ Früherkennung
- ☐ Diagnostik ☒ Therapie ☒ Rehabilitation
- ☒ primärärztliche Versorgung ☒ spezialärztliche Versorgung

4.7 Weitere Dokumente zu dieser Leitlinie

- Leitlinienreport
- Kurzversion in Planung

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; **Fehler! Linkreferenz ungültig.**<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>)

5 Einleitung

5.1 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'¹) (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	Lockerung
• 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

Tabelle 1 Nomenklatur der Dislokationsverletzungen

¹ 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'.

5.2 Klassifikation der Zahnverletzungen

Frakturen	Dislokationsverletzungen
<p>Schmelzinfraction Sichtbarer Riss des Zahnschmelzes ohne Substanzverlust</p> <p>Kronenfraktur, begrenzt auf den Schmelz (= Schmelzfraktur)</p> <p>Kronenfraktur (Schmelz, Dentin, ohne Pulpabeteiligung) (= unkomplizierte Kronenfraktur) Schmelz-Dentin-Fraktur</p> <p>Kronenfraktur (Schmelz, Dentin, mit Pulpabeteiligung) (= komplizierte Kronenfraktur) Schmelz-Dentin-Fraktur mit Freilegung der Pulpa</p> <p>Kronen-Wurzelfraktur (mit und ohne Pulpabeteiligung) Bis in die Wurzel extendierte Kronenfraktur. Mobiles Kronenfragment ist oftmals noch an der Gingiva befestigt. Eine Exposition der Pulpa ist nicht zwingend.</p> <p>Wurzelfraktur ohne Kommunikation zur Mundhöhle Horizontale bzw. schräge Fraktur der Zahnwurzel. Oftmals erhöhte Mobilität des koronalen Fragments ggf. mit Dislokation.</p> <p>Wurzelfraktur mit Kommunikation zur Mundhöhle Horizontale bzw. schräge Fraktur der Zahnwurzel. Oftmals erhöhte Mobilität des koronalen Fragments ggf. mit Dislokation</p> <p>Wurzellängsfraktur Vollständiger Längsriss mit Kommunikation zur Mundhöhle</p>	<p>Konkussion² Keine Dislokation, keine Lockerung, lediglich Perkussionsempfindlichkeit</p> <p>Lockerung Keine Dislokation, erhöhte Mobilität, Perkussionsempfindlichkeit, Blutung aus dem Sulkus möglich</p> <p>Laterale Dislokation Dislokation nach <i>oral</i>, oftmals Verkeilung in dieser Position, Aufbissstörung. Dislokation nach <i>vestibulär</i> mit oder ohne Verkeilung i. S. e. intrusiven Dislokation (Gemeinsam ist <i>beiden</i> Formen die Dislokation des Zahnes mitsamt der frakturierten festhaftenden bukkalen Lamelle.)</p> <p>Extrusive Dislokation (Extrusion) Dislokation nach <i>inzisal</i>, hochgradige Mobilität (Zahn hängt an der Pulpa und/oder an einigen dentogingivalen Fasern.)</p> <p>Intrusive Dislokation (Intrusion) Dislokation nach apikal, Verkeilung im Alveolarknochen, Diskrepanz zwischen Gingiva und Zahnumfang, Alveole bukkal aufgetrieben, keine Perkussionsempfindlichkeit, keine Sulkusblutung, metallischer Perkussionsschall</p> <p>Avulsion Komplette Herauslösung des Zahnes aus seiner Alveole</p>

² 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.

Fraktur des bezahnten Alveolarfortsatzes
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
Weichteilverletzungen (Lippe, Wange, Zunge)
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.)

Tabelle 2 Klassifikation der Zahnverletzungen

5.3 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 Zahntrauma erlitten haben (Petti et al. 2018). Damit stellt das Zahntrauma die fünfthäufigste 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 Trauma (Magno et al. 2019) sowie Patienten mit weit protrudierten Oberkieferfront-Zähnen bei zurückliegendem Unterkiefer (sog. Angle-Klasse II1) (Bauss et al. 2008) dar.

5.4 ICD-10 Codes

Die Leitlinie befasst sich mit Erkrankungen, deren ICD-10 Codes auf der Homepage des Bundesinstituts für Arzneimittel und Medizinprodukte (BfArM) unter folgendem Link hinterlegt sind.

https://www.bfarm.de/DE/Kodiersysteme/Klassifikationen/ICD/ICD-10-GM/_node.html

Dazu gehören unter anderem:

Leitlinie: Therapie des dentalen Traumas bleibender Zähne	
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

Tabelle 3 ICD-10 Codes

5.5 Symptome

Siehe Kapitel 6.2 „Notwendige Untersuchungen zur Therapieentscheidung“

5.6 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.

6 Diagnostik

6.1 Anamnese

Konsensbasierte Empfehlung 1 (geprüft 2022)	
<p>Im Rahmen der Anamneseerhebung sollen erhoben werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Behandlungsrelevante Grunderkrankungen (z.B. hämorrhagische Diathesen, Allergien, Immunsuppression, Stoffwechselerkrankungen, Herzerkrankungen und medikamentöse Therapien, Hirndurchblutungsstörung, Vestibularisschwindel) <p>Zusätzlich zur sorgfältigen allgemeinen Anamnese sollen folgende traumarelevanten Aspekte erfragt werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 <p>Abstimmung: 16/16 (ja/ Anzahl der Stimmen)</p>	<p>starker Konsens</p>
Expertenkonsens	

6.2 Notwendige Untersuchungen zur Therapieentscheidung

Konsensbasierte Empfehlung 2 (modifiziert 2022)	
<p>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.</p> <p>Abstimmung: 15/15 (ja/ Anzahl der Stimmen)</p>	<p>starker Konsens</p>
Expertenkonsens	

6.2.1 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, CO₂, elektrisch (primär wenig aussagekräftig, aber vorteilhaft für Verlaufskontrolle)
 - Parodont
 - Klopfempfindlichkeit, Perkussionstest
 - Metallischer (heller) Klopfeschall (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 (perialveoläre Blutung)
- Alveolarfortsatz
 - Alveolarfortsatz
 - Okklusionsstörung
 - Abnorme Knochenbeweglichkeit
 - Knochenstufen tastbar
- Zahnersatz (vorhandener Zahnersatz, fehlende oder abnorm mobile Teile)

6.2.2 Extraoral

- Weichgewebe (Haut, Lippen)
 - Perforierende Verletzungen (Fremdkörper, Zahnfragmente)
 - Riss-, Quetsch-, Platz-, Schürfwunden
 - Schwellungen
- Hartgewebe/Knochen
 - Dislokationen / Deformationen
 - Tastbare Stufen
 - Abnorme Beweglichkeit (evtl. Krepitation)

- Funktion
 - Kieferöffnung/Unterkieferbeweglichkeit
 - Okklusionsstörung

6.3 Bildgebende Diagnostik

6.3.1 Röntgen

Konsensbasierte Empfehlung 3 (modifiziert 2022)	
Bei anamnestischem und/oder klinischem Verdacht auf ein dentales Trauma soll eine bildgebende Diagnostik erfolgen. Abstimmung: 15/15 (ja/ Anzahl der Stimmen)	starker Konsens
Expertenkonsens	

Konsensbasierte Empfehlung 4 (modifiziert 2022)	
<p>Je nach klinischem Befund und je nach Fragestellung können folgende Verfahren zur Anwendung kommen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Intraorale Aufnahme (Einzelzahnaufnahme, Zahnfilm) <ul style="list-style-type: none"> ○ 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) <ul style="list-style-type: none"> ○ Zahn-/Wurzelfrakturen ○ Dislokation von Zähnen oder Zahnfragmenten ○ Größeres Volumen bei tiefen Verletzungen zum Ausschluss von Fremdkörpern im Weichgewebe • Panoramaschichtaufnahme (PSA, OPG) <ul style="list-style-type: none"> ○ Kiefer-/Gelenkfrakturen ○ Dislokation von Zähnen oder Zahnfragmenten 	starker Konsens

Im Einzelfall können zusätzlich dreidimensionale Röntgenverfahren zur Anwendung kommen, wenn therapeutisch relevante Informationen dringend benötigt werden.	
Abstimmung: 14/14 (ja/ Anzahl der Stimmen)	
Expertenkonsens	

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).

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.

Konsensbasierte Empfehlung 5 (modifiziert 2022)	
Bei vorliegender Indikation sollte das DVT dem <i>Standard</i> -CT aufgrund der niedrigeren Strahlenbelastung vorgezogen werden.	starker Konsens
Abstimmung: 14/14 (ja/ Anzahl der Stimmen)	
Expertenkonsens	

- 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

6.3.2 Dentale Fotografie

Konsensbasierte Empfehlung 6 (neu 2022)	
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)	starker Konsens

eingesetzt werden und von labial und von inzisal am Unfalltag vor der weiteren Therapie erfolgen. Abstimmung: 15/15 (ja/ Anzahl der Stimmen)	
Expertenkonsens	

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.

6.4 Dokumentation

Konsensbasierte Empfehlung 7 (geprüft 2022)	
Die wesentlichen Befunde sollen aus Gründen der Sorgfalts- und Dokumentationspflicht in strukturierter Form dokumentiert werden. Abstimmung: 15/15 (ja/ Anzahl der Stimmen)	starker Konsens
Expertenkonsens	

Konsensbasierte Empfehlung 8 (geprüft 2022)	
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. Abstimmung: 15/15 (ja/ Anzahl der Stimmen)	starker Konsens
Expertenkonsens	

Link zum Befundbogen der DGET und DGZMK für ein Frontzahntrauma:

<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

7 Therapie

Konsensbasierte Empfehlung 9 (geprüft 2022)	
<p>Folgende Grundsätze sollten beachtet werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Minimal invasives Vorgehen mit Reposition und Ruhigstellung sowie Weichteilversorgung in der Akutsituation, invasives Vorgehen (z.B. Extraktion, Enttrümmerung, Sofortimplantation etc.) vermeiden. • Vorgehensweise nach dem chirurgischen Grundsatz: Hartgewebe vor Weichgewebe und von innen nach außen • Sofortmaßnahme: Avulierte Zähne zellphysiologisch lagern (bevorzugt Zahnrettungsbox), bis der Patient (wieder) zahnmedizinisch versorgt werden kann. • Alternative Lagerungen (in alphabetischer Reihenfolge): Alveole, H-Milch, isotonische Kochsalzlösung, Mundspeichel, Ringerlösung (Blomlöf 1981; Layug et al. 1998). <p>Abstimmung: 7/7 (ja/ Anzahl der Stimmen); 7 Enthaltungen wegen IKs</p>	starker Konsens
Expertenkonsens	

7.1 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 Vorgeschichte 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).

Konsensbasierte Empfehlung 10 (neu 2022)	
<p>Zur Prävention sollte das Tragen eines Sportmundschutzes bei Kontaktsportarten empfohlen werden, da dadurch die Inzidenz eines Frontzahntraumas deutlich verringert werden kann (Fernandes et al. 2019).</p> <p>Abstimmung: 13/13 (ja/ Anzahl der Stimmen); 1 Enthaltung wegen IKs</p>	starker Konsens
Expertenkonsens	

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 (Thiruvengkatachari et al. 2015; Thiruvengkatachari 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.

7.2 Frakturen

7.2.1 Schmelzinfraction

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

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

Konsensbasierte Empfehlung 11 (modifiziert 2022)	
Eine Kaltlichtquelle kann zur Diagnostik hilfreich sein. Abstimmung: 14/14 (ja/ Anzahl der Stimmen)	starker Konsens
Expertenkonsens	

Schmelzinfractionen 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.

Schmelzinfractionen bedürfen i.d.R. keiner restaurativen Therapie.

Konsensbasierte Empfehlung 12 (modifiziert 2022)	
Bei Schmelzinfractionen sind im Regelfall auch keine speziellen Therapiemaßnahmen der Pulpa erforderlich. Die Sensibilität („Vitalität“) des Zahnes sollte im Rahmen von jährlichen Nachkontrollen überprüft werden, da Infractionen und Mikrorisse Eintrittspforten für Mikroorganismen sein können. Ausgeprägte Risse können mit einem Adhäsivsystem versiegelt werden, um die Pulpa vor einer möglichen bakteriellen Invasion zu schützen und um eine	starker Konsens

<p>ästhetisch störende extrinsische Verfärbung der Risse zu verhindern (Love 1996).</p> <p>Abstimmung: 12/12 (ja/ Anzahl der Stimmen); 2 Enthaltungen wegen IKs</p>	
Expertenkonsens	

Konsensbasierte Empfehlung 13 (modifiziert 2022)	
<p>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).</p> <p>Abstimmung: 12/12 (ja/ Anzahl der Stimmen); 2 Enthaltungen wegen IKs</p>	starker Konsens
Expertenkonsens	

Die Prognose nach Schmelzinfractionen ist sehr gut. Bei Infractionen 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).

7.2.2 Kronenfraktur

7.2.2.1 Kronenfraktur, begrenzt auf den Schmelz (= Schmelzfraktur)

Definition: Frakturen, die ausschließlich den Zahnschmelz betreffen.

Konsensbasierte Empfehlung 14 (modifiziert 2022)	
<p>Bei Schmelzfrakturen sind im Regelfall keine speziellen Therapiemaßnahmen der Pulpa erforderlich. Eine Versiegelung unter Anwendung der Säureätztechnik kann bei ausgeprägten Schmelzfrakturen im 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.</p> <p>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.</p>	starker Konsens

Abstimmung: 11/11 (ja/ Anzahl der Stimmen); 2 Enthaltungen wegen IKs	
Expertenkonsens	

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).

7.2.2.2 Kronenfraktur (Schmelz-Dentin)

7.2.2.2.1 Ohne Pulpabeteiligung (=unkomplizierte Kronenfraktur)

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

Konsensbasierte Empfehlung 15 (geprüft 2022)	
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. Abstimmung: 11/11 (ja/ Anzahl der Stimmen); 2 Enthaltungen wegen IKs	starker Konsens
Expertenkonsens	

Konsensbasierte Empfehlung 16 (modifiziert 2022)	
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 bakteriendichte Abdeckung mit einem geeigneten Material (beispielsweise Dentinadhäsiv, Glasionomerzement) erfolgen. Abstimmung: 12/12 (ja/ Anzahl der Stimmen); 2 Enthaltungen, 1 Enthaltung wegen IKs	starker Konsens
Expertenkonsens	

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)

Konsensbasierte Empfehlung 17 (geprüft 2022)	
Zähne mit Kronenfrakturen ohne direkte Pulpabeteiligung sollten innerhalb des ersten Jahrs nach dem Trauma mindestens einmal nachuntersucht werden. Abstimmung: 13/13 (ja/ Anzahl der Stimmen); 1 Enthaltung	starker Konsens
Expertenkonsens	

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).

7.2.2.2.2 Mit Pulpabeteiligung (=komplizierte Kronenfraktur)

Definition: 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 (Takehashi et al. 1965). Das primäre Ziel der Behandlung ist die Entzündungsfreiheit und Erhaltung der Vitalität der Pulpa durch einen möglichst dichten Verschluss zur Mundhöhle.

Konsensbasierte Empfehlung 18 (modifiziert 2022)	
<p>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.</p> <p>Abstimmung: 14/14 (ja/ Anzahl der Stimmen)</p>	starker Konsens
Expertenkonsens	

Dazu können je nach Situation folgende Vorgehensweisen indiziert sein:

Konsensbasierte Empfehlung 19 (modifiziert 2022)	
<p>1. Direkte Überkappung</p> <p>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).</p> <p>2. (Partielle) Pulpotomie</p> <p>Als bevorzugte Therapieoption sollte die <i>partielle Pulpotomie</i> durchgeführt werden (Krastl et al. 2021b).</p> <p>Abstimmung: 14/14 (ja/ Anzahl der Stimmen)</p>	starker Konsens
Expertenkonsens	

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 durch eine zeitliche Verzögerung von mehreren Tagen nicht maßgeblich beeinflusst.

Konsensbasierte Empfehlung 20 (neu 2022)	
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. Abstimmung: 13/13 (ja/ Anzahl der Stimmen)	starker Konsens
Expertenkonsens	

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

Konsensbasierte Empfehlung 21 (modifiziert 2022)	
Nach direkter Überkappung oder (partieller) Pulpotomie sollte ein pulpaverträgliches, bioaktives Material in Kontakt mit dem verbliebenen Pulpagewebe verwendet werden. Abstimmung: 13/13 (ja/ Anzahl der Stimmen); 1 Enthaltung wegen IKs	starker Konsens
Expertenkonsens	

Bei vitalerhaltenden endodontischen Maßnahmen nach Pulpaexposition 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.

Konsensbasierte Empfehlung 22 (modifiziert 2022)	
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 Hartschubstanzverlust der Zahnkrone, wenn die definitive Restauration zusätzlich mit einem Stift adhäsiv im Wurzelkanal verankert werden muß (Krastl et al. 2021b).	starker Konsens

Abstimmung: 14/14 (ja/ Anzahl der Stimmen); 1 Enthaltung	
Expertenkonsens	

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 7.2.2 beschrieben.

Liegt eine Pulpanekrose vor bzw. wird diese bei den entsprechenden Nachuntersuchungen festgestellt, richtet sich die Art der Sekundärbehandlung nach dem Stadium des Wurzelwachstums.

Konsensbasierte Empfehlung 23 (geprüft 2022)	
Bei abgeschlossenem oder weitgehend abgeschlossenem Wurzelwachstum sollte die konventionelle Wurzelkanalbehandlung und -füllung durchgeführt werden. Abstimmung: 14/14 (ja/ Anzahl der Stimmen); 1 Enthaltung	starker Konsens
Expertenkonsens	

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 Entfernbarkeit 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.

Konsensbasierte Empfehlung 24 (modifiziert 2022)	
<p>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).</p> <p>Abstimmung: 14/14 (ja/ Anzahl der Stimmen); 1 Enthaltung</p>	starker Konsens
Expertenkonsens	

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 (Entfernbarkeit) im Fall einer notwendigen endodontischen Revision. Die Applikation ist im Vergleich zur Apexifikation schwieriger und erfordert Elektivbedingungen mit optischen Vergrößerungshilfen bei kooperativen Kindern. Der Preis des Materials liegt im Vergleich zur Alternative von Kalziumhydroxid um mehrere Größenordnungen höher.

3. **Revitalisierung** oder regenerative endodontische Therapie

Nach Desinfektion des Kanalsystems wird durch mechanische Provokation der apikalen Gewebe eine Einblutung in den Kanal erzeugt. Das Blutkoagel wird mittels hydraulischem Kalziumsilikatzement abgedeckt und der Zugang bakteriendicht verschlossen. Nach Reorganisation des Koagels kann es zur Gewebeneubildung im Kanal kommen, die eine Apposition von Hartgewebe ermöglicht und somit zur Stärkung fragiler Wurzelwände beitragen kann (Galler et al. 2016). Die Erfolgsquoten nach Revitalisierung hinsichtlich der Ausheilung periapikaler 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).

Konsensbasierte Empfehlung 25 (neu 2022)	
<p>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.</p> <p>Abstimmung: 15/15 (ja/ Anzahl der Stimmen)</p>	starker Konsens
Expertenkonsens	

7.2.3 Kronen-Wurzel-Fraktur

Definition: 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. Bei der definitiven Restauration ist die biologische Breite zu 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

Konsensbasierte Empfehlung 26 (neu 2022)	
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. Abstimmung: 11/11 (ja/ Anzahl der Stimmen); 2 Enthaltungen wegen IKs; 1 Enthaltung	starker Konsens
Expertenkonsens	

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

Konsensbasierte Empfehlung 27 (neu 2022)	
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). Abstimmung: 12/12 (ja/ Anzahl der Stimmen); 2 Enthaltungen wegen IKs; 1 Enthaltung	starker Konsens
Expertenkonsens	

Allerdings bleiben dadurch subgingivale Dentinareale unversorgt.

Restaurative Versorgung nach chirurgischer Kronenverlängerung

Konsensbasierte Empfehlung 28 (neu 2022)	
In ästhetisch nicht relevanten Bereichen (z.B. palatinal in der Oberkieferfront) kann der Defekt durch eine gezielte chirurgische Kronenverlängerung für die nachfolgende Restauration zugänglich gemacht und gleichzeitig die biologische Breite wiederhergestellt werden. Abstimmung: 12/12 (ja/ Anzahl der Stimmen); 2 Enthaltungen wegen IKs; 1 Enthaltung	starker Konsens
Expertenkonsens	

Aufgrund der notwendigen Ostektomie handelt es sich bei der chirurgischen Kronenverlängerung um das invasivste Verfahren zur restaurativen Versorgung tief frakturierter Zähne. Als weitere Nachteile werden Rezidive (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 Wurzelfrakturen 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, wird bei der schnellen kieferorthopädischen Extrusion in regelmäßigen Abständen u.a. eine suprakrestale Fibrotomie durchgeführt (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 intraalveoläre 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 palatinalen und bukkalen 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 Restzahnschubstanz - alle Möglichkeiten der restaurativen Versorgung vom Kompositaufbau bis zur Überkronung mit ein.

Extraktion mit nachfolgender Lückenversorgung

Konsensbasierte Empfehlung 29 (neu 2022)	
Bei sehr weit nach apikal reichenden Kronen-Wurzel-Frakturen und/oder zusätzlichen Frakturen im Wurzelbereich, bei denen die oben aufgeführten Therapieoptionen nicht erfolversprechend erscheinen, sollte der Zahn extrahiert und eine in Abhängigkeit vom Patientenalter geeignete Art der Lückenversorgung gewählt werden (siehe Kap. 7.4). Abstimmung: 15/15 (ja/ Anzahl der Stimmen)	starker Konsens
Expertenkonsens	

7.2.4 Wurzelfraktur mit / ohne Kommunikation zur Mundhöhle

7.2.4.1 Intraalveoläre Fraktur

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

Konsensbasierte Empfehlung 30 (modifiziert 2022)	
<p>Folgende Grundsätze sollten beachtet werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ausschluss Korrespondenz Bruchspalt/Mundhöhle via Sulkus/Tasche • Ansonsten: Entfernung des koronalen Fragments • Bei Erhalt des koronalen Fragments: <ul style="list-style-type: none"> ○ Bei disloziertem koronalem Fragment Repositionierung ○ Schienung über 4 Wochen, bei ausgeprägter Dislokation Schienung bis 12 Wochen (siehe Tabelle 4, Kap. 7.3) ○ 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: <ul style="list-style-type: none"> ○ Wurzelkanalaufbereitung ○ Chirurgische Extrusion mit Schienung (zwischen 2 bis 8 Wochen; siehe Tabelle 4, Kap. 7.3) oder kieferorthopädische Extrusion und Retention für 3 Monate ○ Definitive Wurzelkanalfüllung ○ Prothetische Versorgung <p>Abstimmung: 18/18 (ja/ Anzahl der Stimmen)</p>	<p>starker Konsens</p>
Expertenkonsens	

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 pulpal Regeneration und im Idealfall auf die Einlagerung von osteoidem Hartgewebe in den Frakturspalt ab (Andreasen und Hjørtting-Hansen 1967).

Konsensbasierte Empfehlung 31 (modifiziert 2022)	
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) (siehe Tabelle 4, Kap. 7.3). Abstimmung: 18/18 (ja/ Anzahl der Stimmen)	starker Konsens
Expertenkonsens	

Mit nahezu 80 % ist die Prognose der Erhaltung von Zähnen mit intraalveolärer Wurzelfraktur günstig (Abbott 2019; Andreasen et al. 2004a; Andreasen et al. 2004b).

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).

Konsensbasierte Empfehlung 32 (modifiziert 2022)	
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 verbreiteter 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. Abstimmung: 18/18 (ja/ Anzahl der Stimmen)	starker Konsens
Expertenkonsens	

7.2.4.2 Wurzellängsfraktur

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

Konsensbasierte Empfehlung 33 (modifiziert 2022)	
Bei Längsfraktur soll der betroffene Zahn entfernt werden. Abstimmung: 18/18 (ja/ Anzahl der Stimmen)	starker Konsens
Expertenkonsens	

Die therapeutischen Optionen für den Ersatz des Zahnes sind altersabhängig und variieren wie unter 7.5 beschrieben je nach bevorzugter Wahl des Lückenschlusses (orthodontischer Lückenschluss/ autogene Zahntransplantation/ Brückenversorgung/ Offenhalten der Lücke bis zur späteren Implantatversorgung).

7.2.5 Fraktur des bezahnten Alveolarfortsatzes

Definition: 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 Dislokation³.

Inspektorisch 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 Panoramaschichtaufnahme gut dargestellt werden. Weiterführende Diagnostik mittels Einzelzahnaufnahmen oder DVT können dabei zur Klärung des Frakturverlaufs hilfreich sein (Jackowski et al. 2007).

Konsensbasierte Empfehlung 34 (modifiziert 2022)	
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 (siehe Tabelle 4, Kap. 7.3). Diese soll durch eine zahngetragene Draht-Kunststoff-Schiene durchgeführt werden. Ist auf	starker Konsens

³ Dislokation hier im Sinne einer dislozierten bzw. nicht dislozierten Fraktur der Alveolenwand

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). Abstimmung: 18/18 (ja/ Anzahl der Stimmen)	
Expertenkonsens	

Konsensbasierte Empfehlung 35 (modifiziert 2022)	
Bei kombinierten Zahn-/Alveolarfortsatz-Verletzungen sollte ein Kompromiss in der Schienungszeit (Zähne: siehe Tabelle 4, Kap. 7.3, Alveolarfortsatz: 4 bis 6 Wochen) und Schienungsart (Zähne: flexibel; Knochen: rigide) nach der individuellen Situation gefunden werden. Abstimmung: 17/17 (ja/ Anzahl der Stimmen)	starker Konsens
Expertenkonsens	

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

Konsensbasierte Empfehlung 36 (neu 2022)	
Die Schienungsdauer sollte die primäre Stabilisierung des Zahnes berücksichtigen und ist abhängig von der Art der Verletzung (siehe Tabelle 4, Kap. 7.3). Sie sollte sowohl den Verletzungstyp auch als auch dessen Ausmaß berücksichtigen und kann je nach Primärstabilität des Zahnes (= Lockerungsgrad nach Reposition/Replantation) und Ankyloserisiko (= Schweregrad der parodontalen Schädigung) variiert werden (Krastl et al. 2000). Abstimmung: 18/18 (ja/ Anzahl der Stimmen)	starker Konsens
Expertenkonsens	

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.

Konsensbasierte Empfehlung 37 (neu 2022)	
Die heute üblichen flexiblen Schienungen erhöhen das Ankyloserisiko nicht zusätzlich und sollten deshalb so lange belassen werden, wie es praktikabel erscheint (erhöhter Kaukomfort vs. erhöhter Pflegebedarf). Abstimmung: 17/17 (ja/ Anzahl der Stimmen)	starker Konsens
Expertenkonsens	

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)

Tabelle 4 Empfehlungen zur Schienung nach Zahntrauma

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.

Konsensbasierte Empfehlung 38 (neu 2022)	
Die Wurzelkanalbehandlung ist primär nicht indiziert , wenn der Pulpaschaden gering ist und die Vitalerhaltung realistisch erscheint oder eine spontane Revaskularisierung der geschädigten Pulpa wahrscheinlich ist. Andererseits ist eine frühzeitige Wurzelkanalbehandlung von entscheidender Bedeutung, wenn ein hohes Risiko für die Entwicklung einer infektionsbedingten externen Wurzelresorption besteht (Krastl et al. 2021b). Abstimmung: 17/17 (ja/ Anzahl der Stimmen)	starker Konsens
Expertenkonsens	

7.3.1 Konkussion

Definition: 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.

Konsensbasierte Empfehlung 39 (modifiziert 2022)	
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 4, Kap. 7.3) erwogen werden (Kahler et al. 2016). Abstimmung: 15/15 (ja/ Anzahl der Stimmen); 1 Enthaltung	starker Konsens
Expertenkonsens	

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

7.3.2 Lockerung

Definition: 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 Parodontalspalt es sichtbar sein.

Konsensbasierte Empfehlung 40 (modifiziert 2022)	
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 4, Kap. 7.3). Abstimmung: 17/17 (ja/ Anzahl der Stimmen)	starker Konsens
Expertenkonsens	

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).

7.3.3 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 Zahnfilmaufnahme entweder verkürzt oder verlängert abgebildet.

Konsensbasierte Empfehlung 41 (modifiziert 2022)	
Betroffene Zähne sollten möglichst exakt reponiert und abhängig vom Ausmaß der Knochenverletzung flexibel geschient werden (siehe Tabelle 4, Kap. 7.3; Diangelis et al. 2012; Kahler et al. 2016). Bei verzögerter Erstvorstellung kann eine kieferorthopädische Reposition erwogen werden. Abstimmung: 17/17 (ja/ Anzahl der Stimmen)	starker Konsens
Expertenkonsens	

Konsensbasierte Empfehlung 42 (neu 2022)	
Wegen hoher Komplikationsraten sollte bei Zähnen mit abgeschlossenem Wurzelwachstum mit Dislokation ≥ 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. Abstimmung: 16/16 (ja/ Anzahl der Stimmen)	starker Konsens
Expertenkonsens	

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).

7.3.4 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, unstillbar 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.

Konsensbasierte Empfehlung 43 (modifiziert 2022)	
Extrudierte Zähne sollten vorsichtig reponiert und flexibel geschient werden (siehe Tabelle 4, Kap. 7.3). Abstimmung: 17/17 (ja/ Anzahl der Stimmen)	starker Konsens
Expertenkonsens	

Konsensbasierte Empfehlung 44 (modifiziert 2022)	
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. Abstimmung: 18/18 (ja/ Anzahl der Stimmen)	starker Konsens
Expertenkonsens	

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).

7.3.5 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 Alveolarknochen 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 palatinaler 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.

Konsensbasierte Empfehlung 45 (modifiziert 2022)	
<p>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 Tabelle 4, Kap. 7.3).</p> <p>Abstimmung: 18/18 (ja/ Anzahl der Stimmen)</p>	starker Konsens
Expertenkonsens	

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 (Chaushu et al. 2004; Costa et al. 2017).

Konsensbasierte Empfehlung 46 (modifiziert 2022)	
<p>Intrudierte Zähne mit abgeschlossenem Wurzelwachstum sollen grundsätzlich bei der Erstversorgung in die anatomisch korrekte Position reponiert und dort geschient werden. Chirurgisch reponierte Zähne können flexibel geschient werden (Tabelle 4, Kap. 7.3) (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 Pulponekrose und der oftmals daraus resultierenden infektionsbedingten externen Resorption ausgeschlossen werden.</p> <p>Abstimmung: 17/17 (ja/ Anzahl der Stimmen)</p>	starker Konsens
Expertenkonsens	

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 (siehe Kap. 7.4) durchgeführt werden, um eine vertikale Wachstumshemmung aufzuheben.

7.3.6 Avulsion

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

Konsensbasierte Empfehlung 47 (modifiziert 2022)	
<p>Grundsätzlich gilt für die Avulsion von Zähnen die Darstellung aus Kapitel 6. Zusätzlich sollten die folgenden wichtigen <i>Sofortmaßnahmen bei Zahnverlust</i> beachtet werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Austrocknung od. mechanische Schädigung der Zahnwurzel-Oberfläche vermeiden. 	starker Konsens

<ul style="list-style-type: none"> • 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. <p>Abstimmung: 18/18 (ja/ Anzahl der Stimmen)</p>	
Expertenkonsens	

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 avulsierter Zähne ist eine hohe Überlebensrate desmodontaler Zellen (parodontales Ligament, PDL-Zellen) auf der Wurzeloberfläche. Dies ist insbesondere bei kurzer extraalveolärer 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.

Konsensbasierte Empfehlung 48 (neu 2022)	
<p>Aus klinischer Sicht ist für die <i>Einschätzung der Prognose</i> 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 <i>folgende Einteilung</i>:</p> <ul style="list-style-type: none"> 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). 	starker Konsens

Abstimmung: 18/18 (ja/ Anzahl der Stimmen)	
Expertenkonsens	

Konsensbasierte Empfehlung 49 (modifiziert 2022)	
<p>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.</p> <p>Abstimmung: 18/18 (ja/ Anzahl der Stimmen)</p>	starker Konsens
Expertenkonsens	

Es folgt die vorsichtige Entfernung des verfestigten Koagulums unter möglicher 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.

Konsensbasierte Empfehlung 50 (modifiziert 2022)	
<p>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 Tabelle 4, Kap. 7.3) erfolgen (Kahler et al. 2016).</p> <p>Abstimmung: 18/18 (ja/ Anzahl der Stimmen)</p>	starker Konsens
Expertenkonsens	

Konsensbasierte Empfehlung 51 (modifiziert 2022)	
<p>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.</p>	starker Konsens

<p>Nach Abschluss dieser Akutmaßnahmen folgt die weitere Behandlung des replantierten Zahnes, die <i>zwei wesentliche Entscheidungskriterien</i> berücksichtigen soll:</p> <p>(1) Handelt es sich um einen <i>Zahn mit geschlossenem oder offenem Apex</i>?</p> <p>(2) Wie ist die <i>Prognose des replantierten Zahnes</i> aufgrund des Zustandes der desmodontalen Zellen zu bewerten (extraorale Lagerung und Verweilzeit)?</p> <p>Abstimmung: 18/18 (ja/ Anzahl der Stimmen)</p>	
Expertenkonsens	

7.3.6.1 Behandlung avulsierter Zähne mit geschlossenem Apex

Konsensbasierte Empfehlung 52 (modifiziert 2022)	
<p>Die Wurzelkanalbehandlung von replantierten avulsierten Zähnen mit geschlossenem Apex sollte unmittelbar vor der Schienenentfernung innerhalb von 7 - 10 Tagen nach dem Trauma eingeleitet werden.</p> <p>Abstimmung: 19/19 (ja/ Anzahl der Stimmen)</p>	starker Konsens
Expertenkonsens	

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 Kap. 11).

7.3.6.2 Behandlung avulsierter Zähne mit offenem Apex

Konsensbasierte Empfehlung 53 (modifiziert 2022)	
Bei replantierten avulsierten Zähnen mit offenem Apex sollte die Einschätzung der Prognose der PDL-Zellen (siehe Kap. 7.3.6) in derselben Weise wie beim Erwachsenen mit Zähnen mit geschlossenem Apex erfolgen. Abstimmung: 15/15 (ja/ Anzahl der Stimmen)	starker Konsens
Expertenkonsens	

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

Konsensbasierte Empfehlung 54 (modifiziert 2022)	
Zähne mit offenem Apex und extraoraler <i>Trockenlagerungszeit</i> < 60 Minuten sollten nach Replantation primär nicht wurzelgefüllt werden. Es sollte ein engmaschiges Recall (siehe Kap. 9) durchgeführt und bei pathologischen Befunden eine Apexifikation eingeleitet, ein apikaler Verschluss mit hydraulischem Kalziumsilikatcement (Göhring et al. 2004; Mente et al. 2009) oder eine Revitalisierung durchgeführt werden (Galler et al. 2016; Namour und Theys 2014). Abstimmung: 17/17 (ja/ Anzahl der Stimmen)	starker Konsens
Expertenkonsens	

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

Konsensbasierte Empfehlung 55 (modifiziert 2022)	
Im Falle einer extraoralen <i>Trockenlagerungszeit</i> von > 60 Minuten sollte die endodontische Behandlung eingeleitet werden. Dies kann , analog zur Behandlung von Zähnen 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). Abstimmung: 17/17 (ja/ Anzahl der Stimmen)	starker Konsens
Expertenkonsens	

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

Konsensbasierte Empfehlung 56 (neu 2022)	
Die Entscheidung über das weitere Vorgehen (Zahnerhalt durch chirurgische Anluxation mit sofortiger kieferorthopädischer Einstellung des Zahns oder Dekoronation sowie Zahnersatz durch autogene Zahntransplantation oder Adhäsivbrücke oder Implantation; siehe Tabelle 5, Kap. 7.4) kann in Folgesprechstunden und nach Konsultation eines Kieferorthopäden, Zahnarztes und Chirurgen erfolgen. Abstimmung: 17/17 (ja/ Anzahl der Stimmen)	starker Konsens
Expertenkonsens	

Das Ziel dieses Vorgehens ist die Erhaltung des Knochens und das Vermeiden einer Hemmung des vertikalen Knochenwachstums (Cohenca und Stabholz 2007).

7.4 Behandlung der posttraumatischen Ankylose

Bei posttraumatisch ankylosierten Zähnen führt die fortschreitende Ersatzgewebsresorption unausweichlich zu einem sukzessiven Ersatz der Wurzel durch Knochen (siehe auch Kap. 11.2). Bei Patienten im Wachstum ist damit eine Wachstumshemmung des benachbarten Alveolarknochens und eine zunehmende Infraposition der sichtbaren Zahnkrone verbunden. Ankylosierte Zähne können kieferorthopädisch nicht bewegt werden.

Konsensbasierte Empfehlung 57 (neu 2022)	
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 (siehe Tabelle 5, Kap. 7.4). Abstimmung: 15/15 (ja/ Anzahl der Stimmen)	starker Konsens
Expertenkonsens	

Zeitfenster	Therapieoption	Kapitel
Frühes Wechselgebiss (6.-10. LJ)	Chirurgische Anluxation	7.4.2
	Chirurgische Zahnentfernung	7.4.4
	Kinderprothese	7.5/ 7.5.5
	Adhäsivbrücke	7.5.1
	Autogene Milchzahn-TX	7.5.3
Spätes Wechselgebiss (11.-14. LJ)	Chirurgische Anluxation	7.4.2
	Dekoronation	7.4.3
	Chirurgische Zahnentfernung	7.4.4
	Adhäsivbrücke	7.5.1
	KFO-Lückenschluss	7.5.2
	Prämolaren-TX	7.5.3
Jugendliches Gebiss (ab 14. LJ)	Chirurgische Anluxation	7.4.2
	Dekoronation	7.4.3
	Adhäsivbrücke	7.5.1
	KFO-Lückenschluss	7.5.2
	Prämolaren-TX	7.5.3
	Chirurgische Anluxation	7.4.2
Nach (weitgehendem) Abschluss des KW / Erwachsenengebiss	Zahnerhalt	7.4.1
	Adhäsivbrücke	7.5.1
	Implantation	7.5.4
	Weitere Versorgungsmöglichkeiten	7.5.5
KW: Kieferwachstum; LJ: Lebensjahr; TX: Transplantation.		
Abstimmung: 14/14 (ja/ Anzahl der Stimmen), starker Konsens		

Tabelle 5 Therapieoptionen bei posttraumatischer Ankylose oder Zahnverlust in Abhängigkeit vom therapeutischen Zeitfenster (nach Nolte et al. 2022)

Konsensbasierte Empfehlung 58 (neu 2022)	
<p>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.</p> <p>Abstimmung: 15/15 (ja/ Anzahl der Stimmen)</p>	starker Konsens
Expertenkonsens	

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

7.4.1 Temporäres Belassen des ankylosierten Zahnes

Konsensbasierte Empfehlung 59 (neu 2022)	
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). Abstimmung: 16/16 (ja/ Anzahl der Stimmen)	starker Konsens
Expertenkonsens	

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 Wachstumsspur 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.

7.4.2 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).

Statement	
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. Abstimmung: 15/15 (ja/ Anzahl der Stimmen)	starker Konsens
Expertenkonsens	

7.4.3 Dekoronation

Konsensbasierte Empfehlung 60 (neu 2022)	
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. Abstimmung: 15/15 (ja/ Anzahl der Stimmen)	starker Konsens
Expertenkonsens	

Die Indikation zur Dekoronation ist vor allem dann gegeben, wenn vor dem pubertären Wachstumsschub eine deutliche Infraposition des posttraumatisch ankylosierten Zahnes vorliegt und die Zahnschubstanz 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).

7.4.4 Chirurgische Entfernung des Zahnes

Konsensbasierte Empfehlung 61 (neu 2022)	
Die chirurgische Entfernung ankylosierter Zähne sollte bei geplantem kieferorthopädischem Lückenschluss vollständig erfolgen, um die Zahnbewegung in die Lücke hinein zu ermöglichen. Abstimmung: 15/15 (ja/ Anzahl der Stimmen)	starker Konsens
Expertenkonsens	

7.5 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 5, Kap. 7.4). 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.

Konsensbasierte Empfehlung 62 (neu 2022)	
Zur Lückenversorgung im Frontzahnggebiet vor Abschluss des Kieferwachstums können insbesondere die Adhäsivbrücke, der kieferorthopädische Lückenschluss sowie die autogene Zahntransplantation erwogen werden (Tabelle 5, Kapitel 7.4). Abstimmung: 16/16 (ja/ Anzahl der Stimmen)	starker Konsens
Expertenkonsens	

Konsensbasierte Empfehlung 63 (neu 2022)	
Ist das Kieferwachstum/der pubertäre Wachstumsschub weitestgehend abgeschlossen, so kann als zusätzliche Therapieoption die enossale Implantation erwogen werden. Abstimmung: 16/16 (ja/ Anzahl der Stimmen)	starker Konsens
Expertenkonsens	

Konsensbasierte Empfehlung 64 (neu 2022)	
Im Falle einer Zahnentfernung sollte bei nicht zeitgleich erfolgreicher 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). Abstimmung: 11/11 (ja/ Anzahl der Stimmen); 3 Enthaltungen wegen IKs	starker Konsens
Expertenkonsens	

7.5.1 Versorgung mit Adhäsivbrücke

Statement	
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). Abstimmung: 17/17 (ja/ Anzahl der Stimmen)	starker Konsens
Expertenkonsens	

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 Offenhalten der Lücke für eine spätere Implantatversorgung oder definitive Versorgung mit einer Adhäsivbrücke im Wechselgebiss angewendet werden.

7.5.2 Kieferorthopädischer Lückenschluss

Konsensbasierte Empfehlung 65 (neu 2022)	
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. Abstimmung: 16/16 (ja/ Anzahl der Stimmen)	starker Konsens
Expertenkonsens	

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).

Konsensbasierte Empfehlung 66 (neu 2022)	
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	starker Konsens

Leitlinie Zahnimplantatversorgungen bei multiplen Zahnnichtanlagen und Syndromen (AWMF 083-024; S3; Stand: 12/2016; https://www.awmf.org/leitlinien/detail/II/083-024.html). Abstimmung: 14/14 (ja/ Anzahl der Stimmen)	
Expertenkonsens	

7.5.3 Autogene Zahntransplantation

Ein Vorteil der autogenen Zahntransplantation liegt beim noch im Wachstum befindlichen jugendlichen Gebiss in seiner zuverlässigen osteoinduktiven Potenz, der zeitnahen 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.

Konsensbasierte Empfehlung 67 (neu 2022)	
Die Prämolaren-Transplantation sollte in enger Kooperation mit dem behandelnden Kieferorthopäden im Hinblick auf die Entnahmestelle des Prämolaren vorher besprochen werden. Abstimmung: 14/14 (ja/ Anzahl der Stimmen)	starker Konsens
Expertenkonsens	

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; Tschammler 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.

Konsensbasierte Empfehlung 68 (neu 2022)	
Im Kindes- und Adoleszentenalter sollte die autogene Zahntransplantation als Therapieoption geprüft werden. Dabei kann im frühen Jugendalter ab dem 6. Lj. die Milchzahn-Transplantation (Hoss et al. 2021; Pohl et al. 2008; Tschammler et al. 2015) als temporäre Maßnahme mit mittleren 5-Jahres-	starker Konsens

<p>Überlebensraten von 87 % bei mittleren Überlebenszeiten von 7,2 Jahren erwogen werden (Tschammler et al. 2015; Hoss et al. 2021).</p> <p>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.</p> <p>Abstimmung: 14/14 (ja/ Anzahl der Stimmen); 1 Enthaltung</p>	
Expertenkonsens	

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

7.5.4 Enossale Implantation

Die Implantation stellt ebenfalls eine zuverlässige Maßnahme zur Versorgung der Zahnücke in der Oberkieferfront dar.

Konsensbasierte Empfehlung 69 (modifiziert 2022)	
<p>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 Restaurationen zur Folge haben kann (Bohner et al. 2019; Foley und Mamandras 1992; Love et al. 1990; Mankani et al. 2014; Oesterle et al. 1993).</p> <p>Abstimmung: 13/13 (ja/ Anzahl der Stimmen); 2 Enthaltung wegen IKs</p>	starker Konsens
Expertenkonsens	

7.5.5 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.

8 Antibiotische Prophylaxe / Therapie

Konsensbasierte Empfehlung 70 (modifiziert 2022)	
<p>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.</p> <p>Abstimmung: 13/13 (ja/ Anzahl der Stimmen)</p>	starker Konsens
Expertenkonsens	

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).

Statement	
<p>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.</p> <p>Abstimmung: 12/14 (ja/ Anzahl der Stimmen), 2 Enthaltungen</p>	Konsens
Expertenkonsens	

9 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:

Konsensbasierte Empfehlung 71 (modifiziert 2022)	
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. Abstimmung: 11/11 (ja/ Anzahl der Stimmen)	starker Konsens
Expertenkonsens	

Konsensbasierte Empfehlung 72 (modifiziert 2022)	
Die radiologischen Kontrollen der verunfallten Zähne können in Abhängigkeit von der klinischen Situation und der individuellen Risikobewertung von den angegebenen Intervallen zur klinischen Kontrolle abweichen. Abstimmung: 11/11 (ja/ Anzahl der Stimmen)	starker Konsens
So kann beispielsweise bei Kronenfrakturen mit Vitalerhalt der Pulpa auf Röntgenbilder im Rahmen der Nachsorge weitgehend verzichtet werden. Abstimmung: 12/12 (ja/ Anzahl der Stimmen)	starker Konsens
Bei schweren Dislokationsverletzungen (Avulsion/Intrusion) sollten im Rahmen der genannten Nachsorgeintervalle Röntgenkontrollen erfolgen. Abstimmung: 13/14 (ja/ Anzahl der Stimmen); 1 Enthaltung	starker Konsens
Expertenkonsens	

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.

Konsensbasierte Empfehlung 73 (neu 2022)	
Ab dem zweiten Jahr sollten jährliche Nachkontrollen zumindest in den ersten 5 Jahren durchgeführt werden. Danach kann die Nachsorge im Rahmen der üblichen zahnärztlichen Betreuung individuell erfolgen. Abstimmung: 14/14 (ja/ Anzahl der Stimmen)	starker Konsens
Expertenkonsens	

Konsensbasierte Empfehlung 74 (neu 2022)	
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. Abstimmung: 11/11 (ja/ Anzahl der Stimmen)	starker Konsens
Expertenkonsens	

10 Aufklärung über Spätfolgen

Konsensbasierte Empfehlung 75 (geprüft 2022)	
Der Patient sowie die gesetzlichen Vertreter bei Minderjährigen und medizinischen Vertreter bei betreuten Patienten sollen auf die möglichen Folgen eines Zahntraumas hingewiesen werden. Abstimmung: 13/13 (ja/ Anzahl der Stimmen)	starker Konsens
Expertenkonsens	

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

Konsensbasierte Empfehlung 76 (neu 2022)	
Für den Fall eines Zahnverlustes im wachsenden Kiefer sollte auf die möglichen Therapieoptionen des Zahnersatzes hingewiesen werden (Tabelle 5, Kapitel 7.4). Abstimmung: 13/13 (ja/ Anzahl der Stimmen)	starker Konsens
Expertenkonsens	

11 Heilungsvorgänge und Heilungsstörungen

11.1 Heilungsvorgänge und Heilungsstörungen im Pulpa-Dentin-Komplex

Bridging: Bei traumatischer Eröffnung einer sonst intakten Pulpa und Sterilhaltung derselben bildet diese lokal ein 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 transients 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 Pulpapreparatur (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 Wurzelfrakturen 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 Wurzelfraktur mit Erhalt der Pulpavitalität (= bei 80 % aller Wurzelfrakturen 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 Pulpa kann sich das reparative Gewebe im Kontakt mit infizierten Pulpaabschnitten in ein resorbierendes Granulom verwandeln, das ohne endodontischen Eingriff die Zahnwurzel kontinuierlich kugel- oder oval-förmig aushöhlt und schließlich in das Parodont durchbricht. Die therapeutische Konsequenz ist hier die zeitnahe Wurzelkanalbehandlung (Fuss et al. 2003).

Pulpitis: Eine nach Trauma vital erhaltene Pulpa 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. Seltenere 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 Schienung 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).

11.2 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 Resorptionsgeschwindigkeit 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.

11.3 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 röntgendichtes Gebilde von der Form eines Tropfens, dessen rundes Ende nach koronal weist (Ebeleseder und Glockner 1999).

11.4 Heilungsvorgänge und Heilungsstörungen der Gingiva

Gingivanarbe: Zerreißen, 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 Zerreißen 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.