

Incisor Trauma and the Planning of Orthodontic Treatment

Frontzahntrauma und kieferorthopädische Behandlungsplanung

Birgit Kugel¹, Debora Zeh², Eva Müssig¹

Abstract

Because of the frequency of dental injuries during infancy and adolescence, traumatized teeth with variable long-term prognoses present a problem for orthodontic treatment planning. Orthodontic therapy can remain unaffected, or be complicated, by traumatized teeth. In some cases, following dental injury, orthodontics can also be used to enhance (prosthetic and) restorative treatment results. The orthodontic challenges involved in treating patients with a history of dental trauma are complicated by the consequences of trauma on dentition development and the different treatment options that must be considered. In this paper, we provide actual examples of the effects dental trauma can have on orthodontic treatment planning.

Key Words: Incisor trauma · Orthodontics

Introduction

Due to the frequency of dental trauma in infancy and youth, traumatized teeth with various long-term prognoses pose a problem when planning orthodontic treatment [4].

The WHO classifies traumatic dental injuries depending on the main injury sustained by the affected tooth [1, 30]. A distinction is made between trauma to the hard tooth substance, either with or without injury to the pulp, and trauma to the periodontal ligament. Diagnoses may include on the one hand complicated or uncomplicated crown fractures, crown root fractures or root fractures, and on the other hand concussion, subluxation, lateral luxation, intrusion, or complete luxation.

¹Department of Orthodontics,

²Department of Operative Dentistry, University of Heidelberg, Germany.

Received: September 2, 2005; accepted: November 9, 2005

Zusammenfassung

Aufgrund der Häufigkeit von Zahnverletzungen im Kindes- und Jugendalter stellen traumatisierte Zähne mit unterschiedlicher Langzeitprognose bei der kieferorthopädischen Behandlungsplanung ein Problem dar. Die kieferorthopädische Behandlungsplanung und Therapiedurchführung kann durch traumatisierte Zähne unbeeinflusst bleiben oder erschwert werden. In einigen Fällen kann durch eine kieferorthopädische Behandlung die als Traumafolge entstandene dentale Situation sogar verbessert werden. Vor dem Hintergrund vielfältiger möglicher Folgen eines Frontzahntraumas für die Gebissentwicklung, aber auch verschiedener Therapiemöglichkeiten kommt der Kieferorthopädie bei der Behandlung von Patienten mit Zahntraumata eine wichtige Aufgabe zu. In diesem Beitrag sollen einige Beispiele den Einfluss traumatisierter Zähne auf die kieferorthopädische Behandlungsplanung zeigen.

Schlüsselwörter: Frontzahntrauma · Kieferorthopädie

Einleitung

Aufgrund der Häufigkeit von Zahnverletzungen im Kindes- und Jugendalter stellen traumatisierte Zähne mit unterschiedlicher Langzeitprognose bei der kieferorthopädischen Behandlungsplanung ein Problem dar [4].

Gemäß der üblichen Nomenklatur entsprechend der WHO-Klassifikation [1, 30] werden traumatische Zahnverletzungen nach der Hauptverletzung eines betroffenen Zahnes eingeteilt. Man unterscheidet die Verletzungen der Zahnhartsubstanz mit oder ohne Pulpabeteiligung von den Verletzungen des Parodonts. Als Diagnose kommen einerseits komplizierte bzw. unkomplizierte Kronen-Fraktur, Kronen-Wurzelfraktur oder Wurzelfraktur, andererseits Konkussion, Subluxation, laterale Luxation, Intrusion oder Totalluxation infrage.

J Orofac Orthop 2006;67:48–57

DOI 10.1007/s00056-006-0536-6



Figures 1a and 1b. a) Discoloration of the crowns of teeth 51 and 61 and infected pulp necrosis as primary trauma damage to primary dentition. b) Secondary trauma damage: enamel discoloration and hypoplasia of tooth 12.

Abbildungen 1a und 1b. a) Verfärbung der Zahnkronen der Zähne 51 und 61 und infizierte Pulponekrose als primäre Traumaschäden im Milchgebiss. b) Sekundärer Traumaschaden: Schmelzverfärbung und Hypoplasie des Zahnes 12.



The planning of orthodontic treatment must primarily consider long-term prognoses for traumatized teeth. The planning of orthodontic treatment and administering of therapy may be unaffected by traumatized teeth (e.g. uncomplicated crown fractures) or hampered (e.g. ankylosis following an avulsion). In certain cases, orthodontic treatment can improve the dental status following a trauma. This may be carried out, for example, by orthodontic extrusion after a crown root fracture or an intrusion, or by an orthodontic space closure after traumatic tooth loss.

Orthodontics has an important role to play in the treatment of patients with dental trauma when one considers the manifold consequences of dentitional development and various treatment options presently available. We have selected a few examples to demonstrate various traumas and how traumatized teeth may affect the planning of orthodontic treatment.

Dental Trauma in Primary Dentition

Dental trauma occurring in the primary dentition is, at a percentage of 30–45% of all cases, more frequent than dental trauma in mixed and secondary dentition. The peak incidence is between two and three years of age. 80–90% of cases concern luxation or dislocation injuries [6, 14]. As well as the direct, primary after-effects of trauma in primary dentition (Figure 1a) such as loosening of the teeth, discoloration of the crown or premature tooth loss through endodontic complications, secondary trauma damage occurs in secondary dentition in particular; this can both require and hinder orthodontic treatment [7]. For instance, enamel discoloration and hypoplasia (Figure 1b) can hinder the bonding of brackets. A dilacerated crown or root can hinder the correct alignment of a front tooth. Damage to root growth in permanent teeth, and the ectopic, delayed appearance or non-eruption of a tooth, can result in orthodontic mobilization becoming necessary [16, 19].

During a check-up 1 year after a complete luxation of teeth 52 to 62, a 7-year-and-5-month-old girl showed delayed eruption of teeth 11 and 21, particularly when compared with teeth 12 and 22, as well as damage to root growth in teeth 11 and 21 (Figure 2a). Tooth 11 showed an abnormally large root canal lumen with wide open apical foramen. Tooth 21 clearly showed obliteration of the root canal.

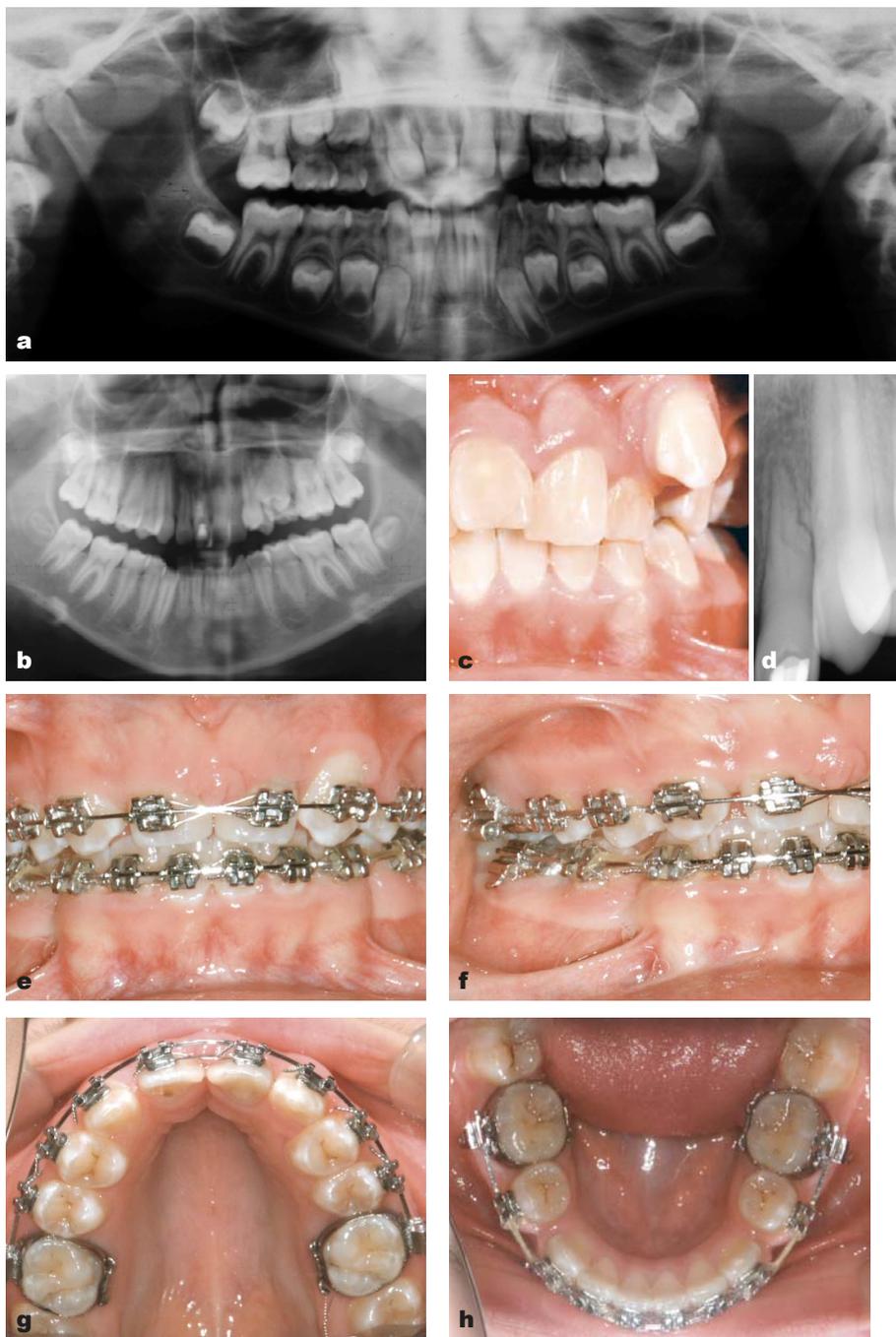
Vor allem die kieferorthopädische Behandlungsplanung muss die Langzeitprognose traumatisierter Zähne berücksichtigen. Die kieferorthopädische Behandlungsplanung und Therapiedurchführung kann durch traumatisierte Zähne unbeeinflusst bleiben (z.B. unkomplizierte Kronenfraktur) oder erschwert werden (z.B. Ankylose als Folge einer Avulsion). In einigen Fällen kann durch eine kieferorthopädische Behandlung die als Traumafolge entstandene dentale Situation verbessert werden. Dies kann beispielsweise durch eine kieferorthopädische Extrusion nach Kronen-Wurzel-Fraktur oder nach Intrusion oder durch einen kieferorthopädischen Lückenschluss nach traumatischem Zahnverlust erfolgen.

Vor dem Hintergrund vielfältiger möglicher Folgen für die Gebissentwicklung und der verschiedenen heute zur Verfügung stehenden Therapiemöglichkeiten kommt der Kieferorthopädie bei der Behandlung von Patienten mit Zahntraumata eine wichtige Aufgabe zu. Einige ausgewählte Beispiele sollen die unterschiedlichen Verletzungen und den möglichen Einfluss traumatisierter Zähne auf die kieferorthopädische Behandlungsplanung zeigen.

Zahntrauma im Milchgebiss

Zahnverletzungen im Milchgebiss sind mit 30–45% häufiger als Zahnverletzungen im Wechsel- und bleibenden Gebiss. Der Altersgipfel liegt im zweiten bis dritten Lebensjahr. Zu 80–90% handelt es sich dabei um Luxations- bzw. Dislokationsverletzungen [6, 14]. Neben direkten primären Traumafolgen im Milchgebiss (Abbildung 1a) wie Zahnlockerung, Verfärbung der Zahnkrone oder frühzeitigem Zahnverlust durch endodontische Komplikationen treten vor allem sekundäre Traumaschäden an bleibenden Nachfolgern auf, die eine kieferorthopädische Behandlung behindern oder aber erfordern können [7]. So können Schmelzverfärbungen und Hypoplasien (Abbildung 1b) z.B. die Befestigung von Brackets erschweren. Die Abknickung der Krone oder Wurzel (Dilazeration) kann ein Hindernis für die korrekte Einstellung eines Frontzahnes darstellen. Störungen der Wurzelentwicklung bleibender Zähne sowie ein ektopischer, verzögerter oder ausbleibender Zahndurchbruch können eine kieferorthopädische Mobilisation notwendig werden lassen [16, 19].

Eine 7 Jahre und 5 Monate alte Patientin zeigte bei einer Kontrolluntersuchung ein Jahr nach Totalluxation der Zäh-



Figures 2a to 2h. a) Age: 7 yrs 5 m – Panoramic x-ray 1 year after the complete luxation of teeth 52–62, delayed eruption of teeth 11 and 21, damage to root development of teeth 11 and 21. b) Panoramic x-ray at the age of 12 years and 9 months, approx. 6 years after the trauma to the front teeth, situation after endodontic treatment of tooth 11, root canal obliteration of teeth 21, 22. c) Intra-oral view before the start of treatment with a distinct arch length discrepancy in the maxilla for tooth 23 and a crowding in the mandible. d) Periapical x-ray: external resorption on tooth 22. e) to h) Intra-oral view during treatment, following the extraction of teeth 11, 21, 34 and 44 and orthodontic space closure, results after provisional composite fillings for teeth 12 and 22.

Abbildungen 2a bis 2h. a) Alter 7 J, 5 Mo. OPG 1 Jahr nach Totalluxation der Zähne 52–62, verzögerter Durchbruch der Zähne 11 und 21, Störungen der Wurzelentwicklung der Zähne 11 und 21. b) OPG mit 12 Jahren 9 Monaten, ca. 6 Jahre nach FZ-Trauma, Z.n. endodontischer Behandlung von Zahn 11, Wurzelkanalobliteration der Zähne 21, 22. c) Intraorale Ansicht vor Behandlungsbeginn mit ausgeprägtem Platzmangel im Oberkiefer mit Bukkalstand des Zahnes 23 und ausgeprägtem Engstand im Unterkiefer. d) Zahnfilm: externe Resorption an Zahn 22. e) bis h) Intra-orale Ansicht während der Behandlung, Z.n. Exzision der Zähne 11, 21, 34 und 44 und kieferorthopädischem Lückenschluss, Z.n. provisorischem Kompositaufbau der Zähne 12 und 22.

She sought orthodontic advice 6 years after the incisal trauma at the age of 12 years and 9 months. In the interim, a periapical abscess had developed on tooth 11, requiring subsequent endodontic treatment of the tooth. Teeth 21 and 22 displayed obliterations of the root canal, and tooth 22 also showed external root resorption (Figures 2b and 2d). From an orthodontic point of view, there was a clear lack of space for tooth 23, demonstrated by its eruption buccal to the dental arch, and severe crowding in the mandible (Figure 2c).

ne 52 bis 62 einen vor allem im Vergleich zu den Zähnen 12 und 22 verzögerten Zahndurchbruch der Zähne 11 und 21 sowie Störungen der Wurzelentwicklung der Zähne 11 und 21 (Abbildung 2a). Zahn 11 wies ein unphysiologisch großes Wurzelkanallumen mit weit offenem Foramen apicale auf. Zahn 21 ließ bereits eine Obliteration des Wurzelkanals erkennen.

Die Patientin stellte sich 6 Jahre nach Frontzahntrauma – mit 12 Jahren und 9 Monaten – zur kieferorthopädischen



Figures 3a and 3b. a) Age: 10 yrs 10 m – after an uncomplicated crown fracture of tooth 21 and restorative treatment. b) Periapical x-ray: composite restoration with parapulpal pins for anchorage.

Abbildungen 3a und 3b. a) Alter 10 J, 10 Mo. Z.n. unkomplizierter Kronenfraktur von Zahn 21 und restaurativer Versorgung. b) Zahnfilm: Kompositrestauration mit parapulpären Stiften zur Verankerung.

The orthodontic treatment plan therefore indicated extraction. Due to the uncertain prognosis of teeth 11 and 21, they were extracted from the maxilla, and teeth 34 and 44 were extracted from the mandible. Regarding orthodontic space closure, teeth 12 and 22 were orthodontically moved into the former positions of teeth 11 and 21 (Figures 2e–2h). Teeth 12 and 22 were treated with provisional composite fillings after mesial alignment for esthetic reasons. Definitive corrections with composite to the forms of teeth 13, 12, 22 and 23 will make further improvement of the esthetic outcome possible at a later date. Despite endodontic treatment, tooth 22 showed an uncertain prognosis and will have to be replaced by a prosthetic tooth if lost.

Dental Trauma in Developing and Secondary Dentition

At 20%, dental trauma in mixed and secondary dentition is relatively high as well. Peak incidence lies between the ages of 7 and 11. Boys are affected two to three times more often than girls. The maxillary incisors, particularly the central incisors, are those most frequently traumatized, and more than one tooth is often affected [5, 15].

With labially-proclined maxillary incisors, the risk of acute dental trauma is two to three times higher [4, 27]. Therefore, orthodontic treatment for these children should take place as soon as possible as a means of orthodontic *prevention*. Even simple devices, such as a prefabricated vestibular shield, can improve malocclusions early on and lower the risk of trauma.

Amongst dental trauma occurring in developing and secondary dentition, *crown fracture* is the most common, observed in 80–90% of cases (enamel or enamel and dentin fracture). In 15% of cases, exposed dental pulp is an indication for endodontic treatment that however does not hinder orthodontic tooth movement. With simultaneous dislocation injuries, the risk of pulp necrosis, dependent on root growth, lies at 28% [3, 25, 28]. Despite instances of unsatisfactory restorative treatment concerning esthetics (Figures 3a and 3b), the prognosis for affected teeth is good, and there are seldom repercussions affecting the planning of orthodontic

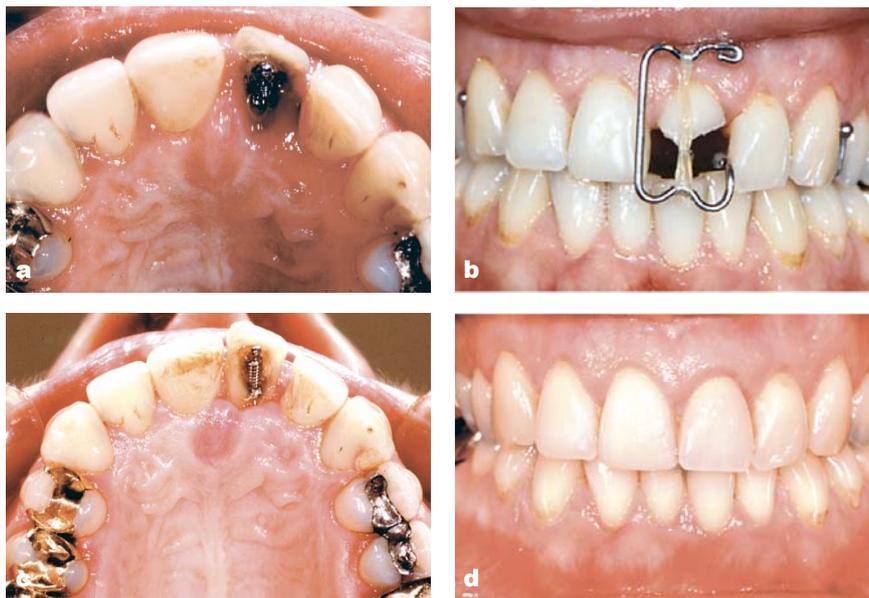
Beratung vor. Inzwischen hatte sich ein Abszess ausgehend von Zahn 11 entwickelt, der die anschließende endodontische Behandlung des Zahnes erforderlich machte. Die Zähne 21 und 22 zeigten Wurzelkanalobliterationen, der Zahn 22 außerdem eine externe Wurzelresorption (Abbildungen 2b und 2d). Aus kieferorthopädischer Sicht fallen ein ausgeprägter Platzmangel im Oberkiefer mit Bukkalstand des Zahnes 23 und ein ausgeprägter Engstand im Unterkiefer auf (Abbildung 2c).

Der kieferorthopädische Behandlungsplan machte eine Extraktionstherapie notwendig. Aufgrund ihrer unsicheren Prognose wurden bei dieser Patientin im Oberkiefer die Zähne 11 und 21 extrahiert, im Unterkiefer die Zähne 34 und 44. Im Sinne eines kieferorthopädischen Lückenschlusses wurden die Zähne 12 und 22 mesialisiert und auf Lücke anstelle der Zähne 11 und 21 eingeordnet (Abbildungen 2e–2h). Die Zähne 12 und 22 wurden aus ästhetischen Gründen nach mesial provisorisch mit Komposit aufgebaut. Später können definitive Formkorrekturen der Zähne 13, 12, 22 und 23 mit Komposit die ästhetische Situation weiter verbessern. Trotz endodontischer Behandlung zeigt der Zahn 22 eine unsichere Prognose und muss bei Verlust prothetisch ersetzt werden.

Zahntrauma im Wechsel- und bleibenden Gebiss

Im Wechsel- und bleibenden Gebiss sind Zahntraumata mit ca. 20% ebenfalls relativ häufig. Der Altersgipfel liegt zwischen dem 7. und 11. Lebensjahr. Jungen sind zwei- bis dreimal häufiger betroffen als Mädchen. Die Oberkiefer-Inzisivi, insbesondere die mittleren Schneidezähne, sind am häufigsten betroffen. Oft ist mehr als ein Zahn beteiligt [5, 15].

Bei ausgeprägter Protrusion der Oberkiefer-Inzisivi ist das Risiko für traumatische Zahnverletzungen zwei- bis dreimal höher [4, 27]. Deshalb sollte bei diesen Kindern die kieferorthopädische Behandlung im Sinne einer kieferorthopädischen *Prävention* möglichst früh einsetzen. Schon mit einfachen Geräten wie z.B. einer konfektionierten Mundvorhofplatte kann der Mundschluss frühzeitig verbessert und die Traumagefahr verringert werden.



Figures 4a to 4d. a) Age: 28 yrs 1 m – intra-oral view of tooth 21, after a crown root fracture, endodontic treatment and insertion of a Radix Anker. b) Plate device for mobilization with elastics in situ. c) After orthodontic extrusion. d) After prosthetic treatment.

Abbildungen 4a bis 4d. a) Alter 28 J, 1 Mo. Intraorale Ansicht des Zahnes 21, Z.n. Kronen-Wurzel-Fraktur, endodontischer Behandlung und Insertion eines Radixankers. b) Plattenapparat zur Mobilisation mit Gummizug in situ. c) Z.n. kieferorthopädischer Extrusion. d) Z.n. prothetischer Versorgung.

treatment. With small-scale enamel fracture, the traumatized tooth can be elongated if necessary via a differentiated vertical placement of the bracket.

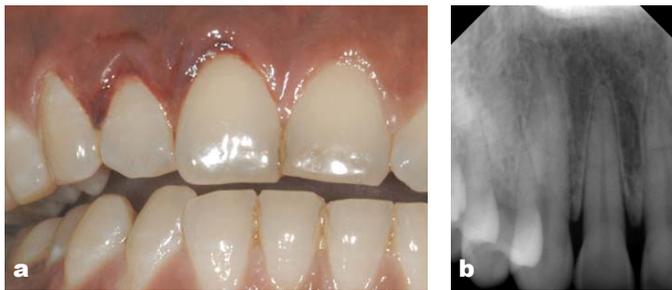
Crown root fractures (enamel, dentin, cementum fracture) account for approximately 5% of all dental traumas. The teeth usually show pulp exposure. An orthodontic extrusion can improve the pre-prosthetic situation via supragingival crown margin replacement. Root canal therapy usually becomes necessary after crown fragment extraction. Thereafter, an attachment, such as a bracket, a Radix Anker (Dentsply DeTrey, Konstanz, Germany) or provisional crown, is fixed to the fractured tooth. Mobilization can be carried out using a fixed or removable appliance. The selected strength should be high (approx. 250 cN) so that the tooth is moved as required, quickly and without limbic bone apposition. If necessary, a fibrotomy or a gingivectomy may be carried out. Subsequently, a 2- to 3-month retention phase and conservative or prosthetic treatment are necessary [29].

Tooth 21 of an adult female patient was extruded after root canal treatment, which required the insertion of a Radix Anker combined with a removable appliance, and the tooth was subsequently treated prosthetically (Figures 4a–4d).

Root fractures (dentin, cementum fracture) (Figures 5a and 5b) are much rarer at 0.5–7% of cases, and they heal with connective tissue (48–66%) or with a hard tissue callus (18–30%). 16–22% of teeth fail to heal. In 20–44% of cases, pulp necrosis develops, requiring root canal treatment of the coronal part [2, 9]. Due to the protracted healing process, the observation period of an affected tooth prior to orthodontic treatment should last 1 to 2 years. With a root fracture in the cervical third of the root, orthodontic extrusion, following the removal of the crown fragment, can ease prosthetic treatment, as is the case with crown root fracture.

Bei den auftretenden Zahnverletzungen im Wechsel- und bleibenden Gebiss ist die *Kronenfraktur* (Schmelz- bzw. Schmelz-Dentin-Fraktur) mit 80–90% die häufigste Verletzungsart. Bei 15% der Verletzungen macht eine Pulpa aperta eine endodontische Behandlung notwendig, die allerdings kein Hindernis für eine kieferorthopädische Zahnbewegung darstellt. Bei gleichzeitigen Dislokationsverletzungen liegt das Risiko für eine Pulpanekrose, abhängig vom Wurzelwachstum, bei 28% [3, 25, 28]. Trotz ästhetisch manchmal unbefriedigender restaurativer Versorgung (Abbildungen 3a und 3b) ist die Prognose der betroffenen Zähne gut und es ergibt sich meist keine Konsequenz für die kieferorthopädische Therapieplanung. Bei einer Schmelzfraktur in geringem Ausmaß kann gegebenenfalls durch differenziertes vertikales Kleben des Brackets eine Elongation des traumatisierten Zahnes erreicht werden.

Kronen-Wurzel-Frakturen (Schmelz-Dentin-Zement-Fraktur) machen ca. 5% aller Zahnverletzungen aus. Die Zähne weisen meistens eine Pulpaexposition auf. Eine kieferorthopädische Extrusion kann die präprothetische Situation durch Verlagerung des Kronenrandes nach supragingival verbessern. Nach der Extraktion des koronalen Fragments muss meist eine Wurzelkanalbehandlung erfolgen. Anschließend wird am frakturierten Zahn ein Attachment wie ein Bracket oder Knöpfchen, ein Radixanker (Dentsply DeTrey, Konstanz, Deutschland) oder eine provisorische Stiftkrone befestigt. Die Mobilisation kann mit Hilfe einer festsitzenden oder abnehmbaren Apparatur erfolgen. Die gewählte Kraft sollte groß (ca. 250 cN) sein, damit die erwünschte Zahnbewegung schnell und ohne limbale Knochenapposition abläuft. Gegebenenfalls wird eine Fibrotomie oder Gingivektomie durchgeführt. Anschließend sind eine



Figures 5a and 5b. a) Age: 20 yrs 2 m, after trauma to front teeth 11 and 12. b) Periapical x-ray: root fracture of tooth 11.

Abbildungen 5a und 5b. a) Alter 20 J, 2 Mo. Z.n. Frontzahntrauma der Zähne 11 und 12. b) Zahnfilm: Wurzelfraktur von Zahn 11.

The frequency of *luxation traumas* (dislocation injuries) accounts for 15–40% of cases. 15–59% of *laterally-luxated teeth* show signs of pulp necrosis. Endodontic treatment of luxated teeth does not present a problem for orthodontic tooth movement [5, 25]. Before starting orthodontic treatment, the affected teeth should be observed for 6 months to 1 year, since 1–11% of dislocated teeth also develop ankylosis, which can in turn hinder orthodontic treatment. Bite-realignment therapy can be carried out, for example, but movement of those individual teeth that are affected will be impossible.

The female patient shown here suffered a lateral luxation injury to tooth 11 after starting orthodontic treatment, and pulp necrosis followed (Figures 6a and 6b). The affected tooth underwent endodontic treatment (Figure 6c). The planned orthodontic bite realignment to reduce the overjet was carried out without hindrance (Figure 6d). Given that no ankylosis appeared with tooth 11 during this treatment phase (approx. 1.5 years), the remaining treatment course can include individual tooth movement, i.e. for retrusion of the front teeth and diastema closure.

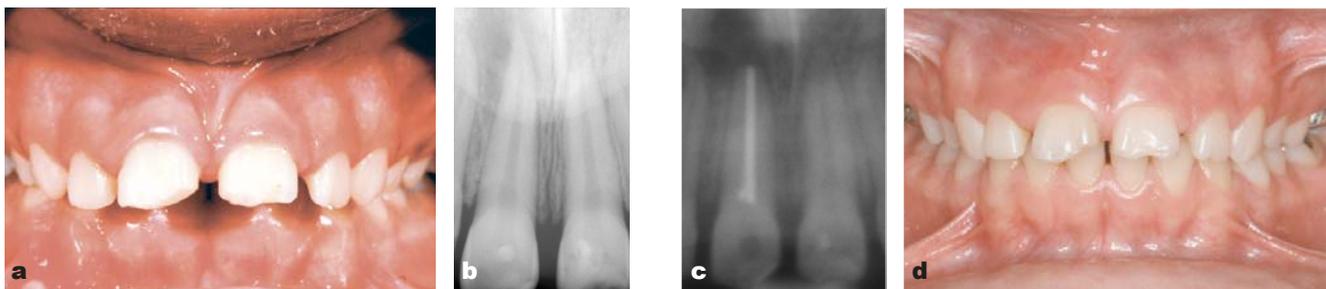
65–95% of affected teeth with *intrusion trauma* show pulp necrosis which, if endodontically treated first, does not prevent orthodontic treatment. External root resorption occurs in 55–85% of intruded teeth [17]. The prognosis and treatment of intruded teeth are dependent on root growth of

2- bis 3-monatige Retentionsphase und eine konservierende oder prothetische Versorgung notwendig [29].

Bei einer erwachsenen Patientin wurde nach einer Wurzelkanalbehandlung und Insertion eines Radixankers der Zahn 21 mit Hilfe eines abnehmbaren Gerätes extrudiert und anschließend prothetisch versorgt (Abbildungen 4a–4d).

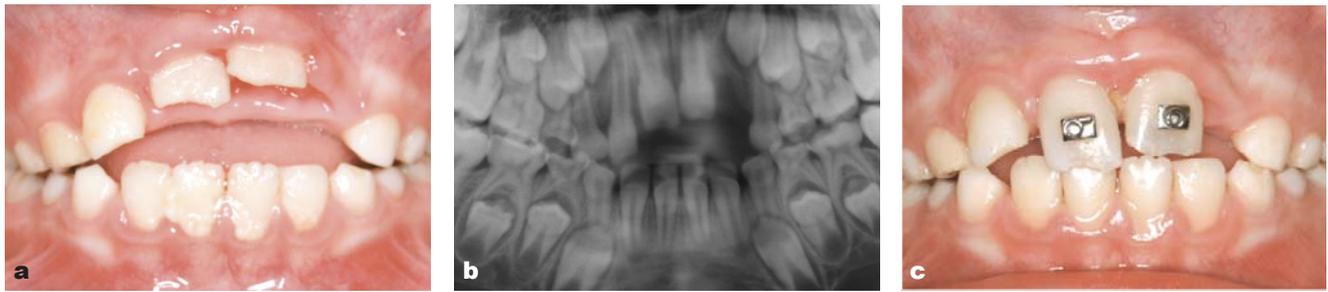
Wurzelfrakturen (Dentin-Zement-Fraktur) (Abbildungen 5a und 5b) sind mit 0,5–7% eher selten und heilen entweder bindegewebig (48–66%) oder mit einem Hartgewebekallus (18–30%) aus. 16–22% der Zähne zeigen keine Heilung. Zu 20–44% tritt eine Pulpanekrose auf, die eine Wurzelkanalbehandlung des koronalen Segmentes erfordert [2, 9]. Aufgrund des langwierigen Heilungsprozesses sollte der Beobachtungszeitraum eines betroffenen Zahnes vor Beginn einer kieferorthopädischen Behandlung ein bis zwei Jahre sein. Bei einer Wurzelfraktur im zervikalen Wurzel Drittel kann nach Entfernung des koronalen Fragmentes eine kieferorthopädische Extrusion wie bei einer Kronen-Wurzel-Fraktur die prothetische Versorgung erleichtern.

Die Häufigkeit der *Luxationsverletzungen* (Dislokationsverletzungen) beträgt 15–40%. 15–59% der *lateral luxierten Zähne* zeigen eine Pulpanekrose, deren endodontische Versorgung kein Hindernis für eine kieferorthopädische Zahnbewegung darstellt [5, 25]. Vor Beginn einer kieferorthopädischen Therapie sollten die betroffenen Zähne aller-



Figures 6a to 6d. a) Age: 10 yrs 0 m – intra-oral view at the start of orthodontic treatment. b) Periapical x-ray: after luxation and repositioning of tooth 11. c) Periapical x-ray: after treatment of tooth 11. d) Intra-oral view after distalization of the upper posterior teeth and anterior repositioning to the mandible.

Abbildungen 6a bis 6d. a) Alter 10 J, 0 Mo. Intraorale Ansicht zu Beginn der kieferorthopädischen Behandlung. b) Zahnfilm: Z.n. lateraler Luxation und Reposition von Zahn 11. c) Zahnfilm: Z.n. endodontischer Versorgung von Zahn 11. d) Intraorale Ansicht nach Distalisation der Seitenzähne im Oberkiefer und Bissverschiebung nach anterior.



Figures 7a to 7c. a) Age: 8 yrs 8 m – intra-oral view and b) panoramic x-ray after intrusion of teeth 11 and 21 and complete luxation of tooth 22. c) Situation after orthodontic extrusion of teeth 11 and 21.

Abbildungen 7a bis 7c. a) Alter 8 J, 8 Mo. Intraorale Ansicht und b) OPG nach Intrusion der Zähne 11 und 21 sowie Totalluxation von Zahn 22. c) Z.n. kieferorthopädischer Extrusion der Zähne 11 und 21.

the affected tooth and the extent of intrusion. The ideal treatment is an active orthodontic extrusion within 2 weeks [8]. An alternative to orthodontic extrusion – when root growth is incomplete and intrusion only mild – is to wait for a spontaneous re-eruption [11]. If there is no discernable repositioning after 2–3 weeks, active extrusion should be carried out. With acute intrusions, surgical repositioning can be considered. Endodontic treatment must be carried out within 7–10 days. Some authors suggest *intentional replantation* with the extraction of the tooth, extra-oral retrograde root canal treatment, and subsequent replantation [23]. The greatest risk with intruded teeth is pulp necrosis, particularly with acute intrusion, additional crown fractures, or completed root growth. If a pulp necrosis is treated too late, an inflammatory root resorption (IRR) may occur. In addition, replacement resorptions (RR) may occur in terms of an ankylosis.

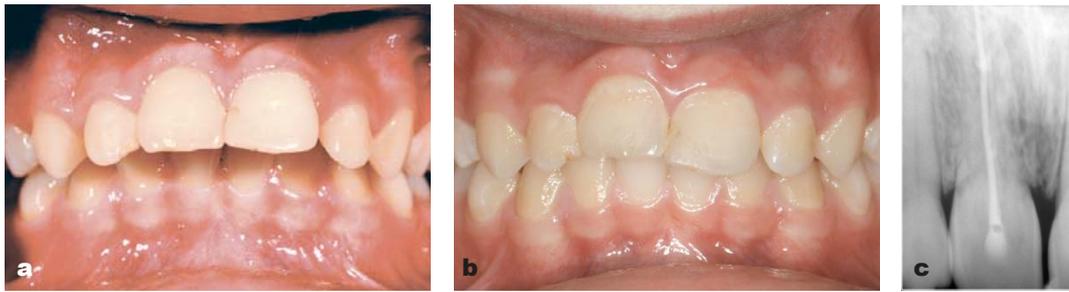
Orthodontic mobilization of intruded teeth 11 and 21 was carried out for one patient (Figures 7a–7c). Endodontic therapy then became necessary.

Complete luxation (avulsion) is a very rare dental trauma, accounting for 0.5–16% of cases; and yet pulp necrosis occurs in almost 100% of all teeth affected. 74–96% develop an ankylosis as the most severe after-effect of a dental trauma, a factor that can hinder orthodontic treatment, particularly concerning individual tooth movement. The estimated average survival rate of completely luxated and replanted teeth is 57.3 months [22]. The prognosis depends on the state of the periodontal ligament and pulp. It is crucial to actually store the tooth before replantation in a nutrient solution, such as a Dentosafe® tooth box (Medice, Iserlohn, Germany), to preserve or partially regenerate the periodontal ligament [24]. In addition, the timing and quality of endodontic treatment is important to avoid an IRR [23]. Anti-resorptive regenerative treatment (ART) with local application of glucocorticoids, enamel matrix derivatives (Emdogain®, Bio-ira®, Malmö, Schweden), if required [13], and a systematic dosage of doxycyclin, can improve the prognoses for replanted teeth [22].

dings 6 Monate bis 1 Jahr überwacht werden, da 1–11% der dislozierten Zähne auch eine Ankylose entwickeln, die die kieferorthopädische Therapie erschweren kann. Beispielsweise kann dann zwar eine Bissverschiebung durchgeführt werden, aber keine Einzelzahnbewegung der betroffenen Zähne stattfinden.

Die hier gezeigte Patientin erlitt kurz nach Beginn der kieferorthopädischen Therapie eine laterale Luxationsverletzung an Zahn 11 mit konsekutiver Pulpanekrose (Abbildungen 6a und 6b). Der betroffene Zahn wurde endodontisch behandelt (Abbildung 6c). Die geplante kieferorthopädische Bissverschiebung zur Reduktion der Frontzahnstufe konnte ungehindert durchgeführt werden (Abbildung 6d). Da während dieser Behandlungsphase (ca. 1,5 Jahre) keine Ankylose des Zahnes 11 aufgetreten ist, kann im weiteren Verlauf der Therapie auch eine Einzelzahnbewegung, z.B. zur Retrusion der Frontzähne und zum Diastema-Schluss, vorgenommen werden.

Bei *Intrusionsverletzungen* zeigen 65–95% der betroffenen Zähne eine Pulpanekrose, die, endodontisch behandelt, die kieferorthopädische Therapie nicht behindert. Externe Wurzelresorptionen treten bei 55–85% der intrudierten Zähne auf [17]. Die Prognose und die Therapie intrudierter Zähne sind von der Wurzelentwicklung des betroffenen Zahnes und dem Ausmaß der Intrusion abhängig. Therapie der Wahl ist eine aktive orthodontische Extrusion innerhalb von 2 Wochen [8]. Als Alternative bietet sich bei nicht abgeschlossenem Wurzelwachstum oder milder Intrusion das Abwarten einer spontanen Reeruption an [11]. Falls nach 2–3 Wochen keine Reposition erkennbar ist, sollte auch dann eine aktive Extrusion erfolgen. Bei starker Intrusion kann eine chirurgische Reposition angedacht werden. Innerhalb von 7–10 Tagen muss eine endodontische Behandlung erfolgen. Einige Autoren fordern eine *intentionelle Replantation* mit Extraktion des Zahnes, extraoraler retrograder Wurzelkanalbehandlung und anschließender Replantation [23]. Das größte Risiko bei intrudierten Zähnen stellt die Pulpanekrose dar, vor allem bei starker Intrusion, bei zusätzlichen Kronenfrakturen oder bei abgeschlossenem Wur-



Figures 8a to 8c. a) Age: 12 yrs 0 m. – intra-oral view at the start of orthodontic treatment; situation after complete luxation and replantation of tooth 11. b) After distalisation of side teeth in the maxilla and jaw repositioning to the anterior, infra-position of tooth 11 as clinical indication of ankylosis. c) Periapical x-ray: ankylosis of tooth 11.

Abbildungen 8a bis 8c. a) Alter 12 J, 0 Mo. Intraorale Ansicht zu Beginn der kieferorthopädischen Behandlung, Z.n. Totalluxation und Replantation von Zahn 11. b) nach Distalisation der Seitenzähne im Oberkiefer und Bissverschiebung nach anterior, Infra-position Zahn 11 als klinisches Zeichen einer Ankylose. c) Zahnfilm: Ankylose Zahn 11.

The female patient shown here (Figures 8a–8c) suffered dental trauma 1 year before orthodontic treatment, with complete luxation of tooth 11, subsequent replantation and endodontic treatment. The affected tooth developed ankylosis, which is discernible clinically by the infra-position of tooth 11 (Figure 8b) and radiologically, by the lack of periodontal ligament space and external root resorption (Figure 8c). To reduce the large overjet (Figure 8a) and achieve a neutral dentition, we were able to reposition the mandible and distalize the maxillary molars without difficulty (Figure 8b). The incisor ankylosis makes subsequent necessary deep-bite therapy and overjet correction much more difficult.

For *ankylosed teeth*, the treatment options for vertical correction are distraction [20], surgical luxation and subsequent orthodontic mobilization [18], or surgical luxation followed by intentional replantation [13]. If the tooth is not worth preserving, one can consider extracting it. Orthodontic space closure is possible after an extraction under appropriate conditions, as with the young girl shown initially (Figures 2a–2h) [26]. Should the conditions for orthodontic space closure not be fulfilled, one can consider the autotransplantation of an extracted premolar [21] for example, or space closure with a prosthetic replacement, or implant treatment after complete growth.

Conclusion

In summary, the planning of the orthodontic treatment of traumatized teeth depends on the type and timing of the trauma, the affected tooth's prognosis, and the patient's orthodontic status.

In particular, the long-term prognosis of each affected tooth is difficult to make and represents the greatest factor of uncertainty when planning orthodontic treatment. In 1994, Ebeleseder designed a scoring system to make more precise diagnosis possible, one not just oriented toward the main trauma, due to the wide range of complex injuries to different tissues [10]. Classification is made according to the af-

zelwachstum. Wird eine Pulpanekrose zu spät therapiert, kann eine entzündliche Wurzelresorption (IRR = Inflammatory Root Resorption) entstehen. Außerdem können Ersatzresorptionen (RR = Replacement Resorption) im Sinne einer Ankylose auftreten.

Bei einem Patienten wurde eine kieferorthopädische Mobilisation der intrudierten Zähne 11 und 21 durchgeführt (Abbildungen 7a–7c). Eine endodontische Versorgung war anschließend notwendig.

Die *Totalluxation (Avulsion)* ist mit 0,5–16% zwar eine eher seltene Zahnverletzung, jedoch entsteht bei nahezu 100% aller betroffenen Zähne eine Pulpanekrose. 74–96% entwickeln als schwerwiegendste Folge eines Zahntraumas eine Ankylose, die eine kieferorthopädische Behandlung, insbesondere Einzelzahnbewegungen, erschweren kann. Die geschätzte durchschnittliche Überlebensrate totalluxierter und replantierter Zähne beträgt 57,3 Monate [22]. Die Prognose ist vom Zustand des Parodontalligamentes und der Pulpa abhängig. Entscheidend ist die physiologische Lagerung des Zahnes vor Replantation in einem Nährmedium wie beispielsweise der Zahnrettungsbox (Dentosafe®, Medice, Iserlohn, Deutschland) zum Erhalt bzw. zur teilweisen Regeneration des Parodontalligamentes [24]. Außerdem sind der Zeitpunkt und die Qualität der endodontischen Versorgung wichtig, um entzündliche Wurzelresorptionen (IRR) zu vermeiden [23]. Eine antiresorptive-regenerative Therapie (ART) mit lokaler Applikation von Glukokortikoiden und gegebenenfalls Schmelzmatrixderivaten (Emdogain®, Biora®, Malmö, Schweden) [13] sowie eine systemische Doxycyclin-Gabe können die Prognose replantierter Zähne verbessern [22].

Die hier gezeigte Patientin (Abbildungen 8a–8c) erlitt 1 Jahr vor der kieferorthopädischen Behandlung ein Zahntrauma mit Totalluxation des Zahnes 11, anschließender Replantation und endodontischer Behandlung. Der betroffene Zahn entwickelte eine Ankylose, die sowohl klinisch durch die Infra-position des Zahnes 11 (Abbildung 8b) als auch

affected structures: **hard tooth substance, endodont, periodont, alveolar bone and gingiva** (called the “HEPAG system”). Each affected structure is assigned a value according to the degree of injury between 0 (= treatment no longer possible) and 5 (= uninjured). Referring to each individual value for the affected tissues, a score for the whole tooth is calculated; this should facilitate the future prognoses of affected teeth. Filippi et al. [12] used this scoring system for making prognoses in an initial retrospective study. The significance of this score in the prognosis of affected teeth must, however, be confirmed in further clinical studies.

In principle, one can expect gingiva and bone to heal without any problems following dental trauma, whereas the healing of the endodont and periodont in particular is problematic. Trauma to these two tissues influence the long-term prognosis of affected teeth the most.

Close collaboration between all the disciplines concerned – operative dentistry, dental surgery and orthodontics – not only improves the prognosis for affected teeth, it also optimizes the treatment of patients with dental trauma.

Acknowledgment

The authors are most grateful to Dr. D. Woodnutt for critical reading of the manuscript and for stylistic improvements.

References

1. Andreasen JO, Andreasen FM. Classification, etiology and epidemiology. In: Andreasen JO, Andreasen FM. eds. Textbook and color atlas of traumatic injuries to the teeth. Munksgaard, Copenhagen, 1996:151–80.
2. Andreasen JO, Andreasen FM, Mejäre I, et al. Healing of 400 intra-alveolar root fractures. *Dent Traumatol* 2004;20:192–211.
3. Andreasen JO, Andreasen FM, Skeie A, et al. Effect of treatment delay upon pulp and periodontal healing, of traumatic dental injuries – a review article. *Dent Traumatol* 2002;18:116–28.
4. Bauss O, Röhling J, Schweska-Polly R. Prevalence of traumatic injuries to the permanent incisors in candidates for orthodontic treatment. *Dent Traumatol* 2004;20:61–6.
5. Borum MK, Andreasen JO. Therapeutic and economic implications of traumatic dental injuries in Denmark: an estimate based on 7549 patients treated at a major trauma centre. *Int J Paediatr Dent* 2001;11:249–58.
6. Cardoso M, de Carvalho Rocha MJ. Traumatized primary teeth in children assisted at the Federal University of Santa Catarina, Brazil. *Dent Traumatol* 2002;18:129–33.
7. Cardoso M, Rocha MJ. Federal university of Santa Catarina follow-up management routine for traumatized primary teeth – part 1. *Dent Traumatol* 2004;20:307–13.
8. Chaushu S, Shapira J, Heling I, et al. Emergency orthodontic treatment after the traumatic intrusive luxation of maxillary incisors. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2004;126:162–72.
9. Cvek M, Mejäre I, Andreasen JO. Healing and prognosis of teeth with intra-alveolar fractures involving the cervical part of the root. *Dent Traumatol* 2002;18:57–65.
10. Ebeleseder K. A suggestion of a new classification system of traumatic dental injuries. *Endod Dent Traumatol* 1994;10:39.
11. Faria G, Silva RAB, Fiori-Júnior M, et al. Re-eruption of traumatically intruded mature permanent incisor: case report. *Dent Traumatol* 2004;20:229–32.

röntgenologisch durch einen fehlenden Parodontalspalt und externe Wurzelresorptionen erkennbar ist (Abbildung 8c). Zur Reduktion der stark vergrößerten Frontzahnstufe (Abbildung 8a) und zum Einstellen einer neutralen Verzahnung konnte problemlos eine Bissverschiebung und die Distalisation der Oberkiefer-Seitenzähne durchgeführt werden (Abbildung 8b). Die weitere notwendige Therapie zur Bisshebung und vollständigen Beseitigung der Frontzahnstufe ist aufgrund der Ankylose sehr erschwert.

Bei *ankylosierten Zähnen* bleiben als Therapieoptionen zur vertikalen Einstellung des betroffenen Zahnes entweder die Distraction [20], die chirurgische Luxation und anschließende kieferorthopädische Mobilisation [18] oder die chirurgische Luxation und anschließende intentionelle Replantation [13]. Bei Nichterhaltungswürdigkeit muss die Exaktion des betroffenen Zahnes in Erwägung gezogen werden. Nach der Exaktion ist bei geeigneten Voraussetzungen, wie bei der eingangs gezeigten Patientin (Abbildungen 2a–h), ein kieferorthopädischer Lückenschluss möglich [26]. Wenn die Voraussetzungen für einen kieferorthopädischen Lückenschluss nicht gegeben sind, kann eine Autotransplantation, beispielsweise eines zur Exaktion vorgesehenen Prämolaren [21], der Lückenerhalt mit anschließendem prothetischem Ersatz bzw. eine Implantatversorgung nach Abschluss des Wachstums in Erwägung gezogen werden.

Schlussfolgerung

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die kieferorthopädische Therapieplanung bezüglich traumatisierter Zähne von Art und Zeitpunkt des Traumas, der Prognose des betroffenen Zahnes und vom kieferorthopädischen Gebissbefund des Patienten abhängig ist.

Insbesondere die Langzeitprognose jedes beteiligten Zahnes ist schwierig zu beurteilen und stellt den größten Unsicherheitsfaktor bei der kieferorthopädischen Behandlungsplanung dar. Um aufgrund der meist komplexen Verletzungen verschiedener beteiligter Gewebe eine genauere, nicht nur an der Hauptverletzung orientierte Diagnose stellen zu können, wurde von Ebeleseder ein Scoring-System erarbeitet [10]. Die Einteilung erfolgt nach den beteiligten Strukturen: **Zahnhartsubstanz, Endodont, Parodont, Alveolarknochen und Gingiva** (ZEPAG-Schema). Jeder beteiligten Struktur wird je nach Verletzungsgrad ein Wert zwischen 0 (= keine Therapie mehr möglich) und 5 (= unverletzt) zugeordnet. Aus den Einzelwerten für die beteiligten Gewebe wird ein Score für den ganzen Zahn errechnet, mit dessen Hilfe sich in Zukunft vielleicht auch leichter die Prognose eines betroffenen Zahnes einschätzen lässt. In einer ersten retrospektiven Untersuchung wurde das Scoring-System von Filippi et al. [12] bereits zur Prognosestellung angewendet. Dennoch müssen weitere klinische Untersuchungen die Aussagekraft dieses Scores bezüglich der Prognose betroffener Zähne bestätigen.

Prinzipiell ist nach einem Zahntrauma eine problemlose Heilung von Gingiva und Knochen zu erwarten, die Heilung

12. Filippi A, Tschan J, Pohl Y, et al. A retrospective classification of tooth injuries using a new scoring system. *Clin Oral Invest* 2000;4:173–5.
13. Filippi A, Pohl Y, von Arx T. Treatment of replacement resorption with Emdogain – preliminary results after 10 months. *Dent Traumatol* 2001;17:134–8.
14. Flores MT. Traumatic injuries in the primary dentition. *Dent Traumatol* 2002;18:287–98.
15. Grimm S, Frazao P, Antunes JLF, et al. Dental injury among Brazilian schoolchildren in the state of Sao Paulo. *Dent Traumatol* 2004;20:134–8.
16. Hetzer G. Traumatologie im Milchgebiss. *Inf Orthod Kieferorthop* 2005;37:55–9.
17. Humphrey JM, Kenny DJ, Barrett EJ. Clinical outcomes for permanent incisor luxations in a pediatric population. I. Intrusions. *Dent Traumatol* 2003;19:266–73.
18. Isaacson RJ, Strauss RA, Bridges-Poquis A, et al. Moving an ankylosed central incisor using orthodontics, surgery and distraction osteogenesis. *Angle Orthod* 2001;71:411–8.
19. Katz-Sagi H, Moskovitz M, Moshonov J, et al. Pulp canal obliteration in an unerupted permanent incisor following trauma to its primary predecessor: a case report. *Dent Traumatol* 2004;20:181–3.
20. Kofod T, Würtz V, Melsen B. Treatment of an ankylosed central incisor by a single tooth dento-osseous osteotomy and a simple distraction device. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005;127:73–80.
21. Paulsen HU, Andreasen JO. Eruption of premolars subsequent to autotransplantation. A longitudinal radiographic study. *Eur J Orthod* 1998;20:45–55.
22. Pohl Y, Filippi A, Kirschner H. Results after replantation of avulsed permanent teeth. *Dent Traumatol* 2005;21:80–110.
23. Pohl Y, Filippi A, Tekin U, et al. Periodontal healing after intentional auto-alloplastic reimplantation of injured immature upper front teeth. *J Clin Periodontol* 2000;27:198–204.
24. Pohl Y, Tekin U, Boll M, et al. Investigations on a cell culture medium for storage and transportation of avulsed teeth. *Aust Endod J* 1999;25:70–5.
25. Robertson A, Andreasen FM, Andreasen JO, et al. Long-term prognosis of crown-fractured permanent incisors. The effect of stage of root development and associated luxation injury. *Int J Pediatr Dent* 2000;10:191–9.
26. Sabri R. Treatment of a Class I crowded malocclusion with an ankylosed maxillary ventral incisor. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002;122:557–65.
27. Shulman JD, Peterson J. The association between incisor trauma and occlusal characteristics in individuals 8–50 years of age. *Dent Traumatol* 2004;20:67–74.
28. Tovo MF, dos Santos PR, Kramer PF, et al. Prevalence of crown fractures in 8–10 years old schoolchildren in Canoas, Brazil. *Dent Traumatol* 2004;20:251–4.
29. Wehr C, Roth A, Gustav M, et al. Forced eruption for preservation of a deeply fractured molar. *J Orofac Orthop* 2004;65:343–54.
30. WHO – World Health Organization: Application of the international classification of diseases and stomatology. Geneva: IDCDA, 1992.

des Endodonts und vor allem des Parodonts problematisch ist. Die Verletzung dieser beiden Gewebe beeinflusst die Langzeitprognose betroffener Zähne am meisten.

Eine enge interdisziplinäre Zusammenarbeit aller beteiligten Disziplinen, d.h. der Zahnerhaltung, der zahnärztlichen Chirurgie und Kieferorthopädie, verbessert nicht nur die Prognose der verletzten Zähne, sondern optimiert auch die Versorgung von Patienten mit Zahntraumata.

Danksagung

Die Autoren danken Dr. D. Woodnutt für die kritische Durchsicht des Manuskripts und stilistische Korrekturen.

Correspondence Address

Dr. med. dent. Birgit Kugel
Poliklinik für Kieferorthopädie
des Universitätsklinikums Heidelberg
Im Neuenheimer Feld 400
69120 Heidelberg
Germany
Phone (+49/6221) 56-6565, Fax -5753
e-mail: birgit_kugel@med.uni-heidelberg.de