

# Übersicht über die aktuellen Therapiemöglichkeiten der Frakturen am Kopf des Pferdes

Anton Fürst, Michelle Jackson, Jan Kümmerle, Regula Bettschart-Wolfensberger und Martin Kummer

Departement für Pferde der Vetsuisse-Fakultät der Universität Zürich

## Zusammenfassung

Kopftraumata entstehen durch direkte Kollisionen mit Hindernissen, durch Schläge anderer Pferde oder durch Stürze, bei denen es zur Gewalteinwirkung auf den Schädel kommt. Der Großteil der Kopftraumata geht mit Verletzungen der Weichteile einher. Obwohl es häufig auch zu Verletzungen der Kopfknochen kommt, ist nur ein kleiner Teil mit einer Schädigung des ZNS verbunden. Hingegen kommt es oftmals zu einer Beteiligung benachbarter Strukturen wie Zähne, Nasennebenhöhlen, Augen, Nerven oder Gefäßen. Für die Beschreibung und Behandlung der verschiedenen Frakturen am Kopf ist somit die genaue Kenntnis der Anatomie des Schädels erforderlich. Die Symptome der Frakturen am Kopf sind sehr vielfältig und von der Lokalisation der Fraktur abhängig. Die Computertomographie hat sich beim Pferd ganz besonders im Zusammenhang mit Frakturen am Kopf sehr rasch etabliert, so dass diese Untersuchungsmethode heute wenn immer möglich bei unklaren Schädelfrakturen zum Einsatz kommt. Verletzungen im CT sind oft dramatischer als eine Adspektion und Inspektion sowie eine normale Röntgenaufnahme vermuten lassen. Für die Behandlung der rostralen Frakturen hat sich die Anwendung von Drahtcerclagen bewährt. Es gibt viele Instrumente, die spezifisch für die Reposition und Fixation von Schädelknochen entwickelt wurden. Dazu zählen unter anderem besondere Extraktionsinstrumente und Rosetten für die Fixation. Verbesserte Diagnostik wie fortschrittliche Therapiemethoden tragen wesentlich dazu bei, dass sich die Prognose für Schädeltraumata beim Pferd deutlich verbessert hat.

**Schlüsselwörter:** Pferd, Fraktur, Schädel, Kopf, Knochen, Computertomographie

## Summary of current therapeutic measurements in head fractures of horses

Head trauma result from collision with immovable objects, kicks from other horses or from falls during which the head sustains a forceful impact. Most fractures are accompanied by soft tissue injuries. Although bone injuries are common in head trauma, injuries to the central nervous system (CNS) are relatively rare, with the exception of horses that rear over backwards and hit their head on a hard surface during their fall. Injuries of the head range from small lesions, which may only be apparent as small indentations in the bone, to severe, multi-fragmented fractures with secondary involvement of vital structures such as teeth, sinuses, eyes, nerves or major blood vessels. The extent and type of these secondary lesions are usually the most important prognostic factors. Therefore, the description and understanding of head fractures requires a good working knowledge of the anatomy of the skull. The clinical signs of head fractures are manifold and depend on the location of the lesions. Computed tomography (CT) is a very useful diagnostic procedure that is often indicated for the assessment of complicated head injuries. It had the greatest impact in the management of diseases involving the head, particularly fractures, for horses. They are frequently more dramatic on CT images than on radiographs or as compared to what one would expect after external inspection. Nowadays most head fractures are treated surgically and generally the prognosis is very good. The majority of rostral fractures can be treated successfully with intraoral wiring. For fractures of the skull and sinuses a variety of special instruments for the repositioning and fixation of skull bone fragments have been developed in human medicine. Several of them, including extraction instruments and rosettes, are useful in equine surgery.

**Keywords:** horse, fracture, cranium, head, bone, computed tomography

## Einleitung

Frakturen des Kopfes und vor allem der Mandibula kommen beim Pferd häufig vor (Auer 2006). In einer Übersichtsarbeit von Hug (Hug 2009) über Frakturen nach Schlagverletzung betrug der Anteil der Frakturen am Kopf des Pferdes 12 %, was die Wichtigkeit dieser Frakturen beim Pferd aufzeigt. Die Hauptursachen für Frakturen am Kopf des Pferdes sind Hufschläge von anderen Pferden (Fürst et al. 2006b), Kollisionen mit festen Gegenständen sowie Stürze der Pferde verbunden mit einem Aufschlagen des Kopfes auf einer harten Unterlage. Aufgrund der geringen Weichteile um die Knochen kann es rasch zu Frakturen kommen. Die so auftretenden Verletzungen der Schädelknochen können sehr klein sein und nur gerade eine kleine Eindellung des Knochens aufweisen, oder aber aus multiplen Frakturen mit sekundären Traumata bestehen. Dazu zählen Verletzungen der Zähne, Nasennebenhöhlen, Augen, Nerven oder Gefäße. Das Ausmaß dieser sekundären Ver-

letzungen bestimmt meist die Prognose für eine Heilung. Besonders zu erwähnen sind die häufig auftretenden Frakturen der rostralen Anteile des Gesichtsschädels mit Beteiligung der Schneidezahnalveolen. Die genaue Kenntnis der Anatomie ist bei der Behandlung von Schädelfrakturen unabdingbar, weil viele wichtige Strukturen wie Nerven, Gefäße, Zähne oder Speichelgänge in unmittelbarer Umgebung der Zugänge zu den Knochen liegen. Als Schädel oder Kopfskelett werden der Oberschädel, der Unterkiefer und das Zungenbein zusammengefasst. Am Oberschädel unterscheidet man den Hirnschädel oder Neurokranium, der eine stabile Hülle um das Gehirn bildet, und den Gesichtsschädel oder Splanchnokranium, der die Grundlage für das Gesicht bildet. Der Hirnschädel wird in das Schädeldach und die Schädelbasis unterteilt. Die Knochen des Gesichtsschädels bilden unter anderem die Augen- und Nasenhöhlen und die Mundhöhle. Die Knochen des Schädels sind in der Regel platt und besitzen eine

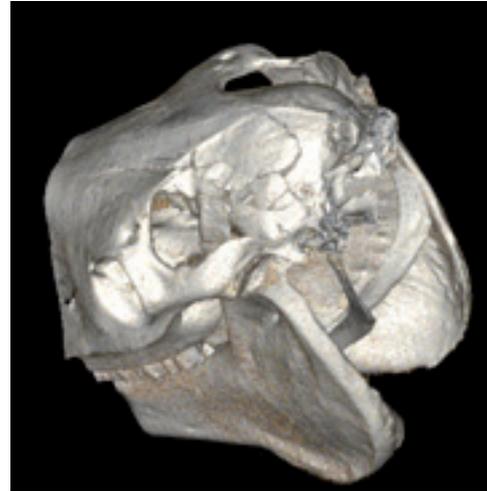
kompakte Lamina externa und interna, welche die spongiöse Mittelschicht einschließen. Die beiden Unterkieferkörper sind über eine Synchondrose in der Sutura intermandibularis verbunden. Diese verbindet sich beim Pferd im zweiten Lebensjahr. Das Zungenbein liegt gut geschützt im Kehlgang zwischen den Unterkieferkörpern. Frakturen dieses Knochens sind deshalb selten und entstehen meist durch Traumata.

Schädelfrakturen entpuppen sich in der Regel als wesentlich dramatischer, als man es von außen oder auch aufgrund von Röntgenbildern vermuten würde. Für die Diagnostik von komplizierten Frakturen am Kopf ist die computertomographische Untersuchung deshalb sehr wertvoll und in vielen Fällen indiziert. Sehr häufig werden Frakturen am Kopf chirurgisch versorgt, im Allgemeinen mit sehr guter Prognose, auch wenn es sich in 80 % der Fälle um offene Frakturen handelt. Auch gibt es heute viele Instrumente, die spezifisch für die Reposition und Fixation von Schädelknochen entwickelt wurden. Dazu zählen unter anderem besondere Extraktionsinstrumente und Rosetten (Flapfix, Synthes Ltd, West Chester, PA, USA) für die Fixation (Auer 2006). Aufgrund der Lokalisation werden am Kopf folgende Frakturen unterschieden: Frakturen des Hirn- und des Gesichtsschädels, der Mandibula und des Zungenbeins. In diesem Übersichtsartikel sollen die einzelnen Frakturen näher beschrieben und die heute verwendeten Behandlungsmethoden aufgezeigt werden.

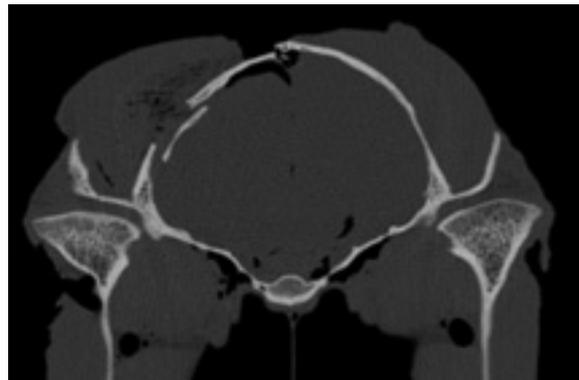
### Untersuchung und Behandlung der verschiedenen Frakturtypen

Die Symptome der Frakturen am Kopf sind sehr vielfältig und von der Lokalisation der Fraktur abhängig. So können je nach Lokalisation nebst Schwellung und Schmerzen bei der Palpation des betroffenen Knochens - mit oder ohne Verletzung der umliegenden Weichteile - eine Emphysembildung oder Blutungen aus Augen, Nasen- und Mundhöhle auffällig sein. Oftmals fällt ein reduzierter Allgemeinzustand mit fehlendem Appetit, Speicheln und Foetor ex ore auf. Frakturen, die den Hirnschädel betreffen, führen meist zu neurologischen Ausfällen wie Ataxie oder einem Vestibulärsyndrom. Sehr verdächtig für eine Fraktur sind auch Asymmetrien zwischen den Schädelhälften. Pferde mit Schädelfrakturen müssen sehr genau untersucht werden, um das Ausmaß der Fraktur richtig einzuschätzen. Dazu gehört eine sehr sorgfältige Untersuchung der Maulhöhle, damit eine bestehende Fraktur nicht weiter verschlimmert wird. Meist wird die Maulhöhle bei Verdacht auf Kieferfraktur nur mit einem einseitigen Keil zwischen den gesunden Backenzahnreihen inspiziert. Neben einer gründlichen klinischen Adspektion sollten die Pferde je nach Verletzung auch endoskopisch, ultrasonographisch, radiologisch und computertomographisch weiter verfolgt werden. Eine endoskopische Untersuchung ist wichtig, um einerseits neurologische Ausfälle im Bereich von Larynx und Pharynx zu erkennen und andererseits um Veränderungen am Zungenbein und Blutungen im Luftsack zu diagnostizieren. Radiologisch muss der Kopf bei Verdacht auf eine Fraktur mindestens in zwei Ebenen aufgenommen werden und je nach Fraktur sind dann weitere Spezialprojektionen erforderlich. Dazu zählen intraorale Aufnahmen wie auch Schrägaufnahmen des Kopfes. Die Aussagekraft der Röntgenbilder am Kopf ist jedoch beschränkt und viele Frakturen können nicht sicher diagnostiziert werden, was vor allem für den Hirnschädel gilt.

Neben der klinischen und radiologischen Diagnostik ist die Computertomographie eine wichtige und häufig auch notwendige Untersuchungsmethode, um das gesamte Ausmaß der Fraktur erkennen zu können (Gardelle et al. 1999, Lischer et al. 2005) (Abb. 1a und 1b). Aufgrund aller gesammelten Ergebnisse können die Patienten in zwei Gruppen unterteilt



**Abb. 1a** CT Aufnahme einer Impressionsfraktur des Os parietale, die den sofortigen Tod des Pferdes zur Folge hatte.  
*CT image of a compression fracture of the parietal bone of a mature horse, which resulted in immediate death after impact.*



**Abb. 1b** Transversale CT Aufnahme des frakturierten Os parietale desselben Pferdes.  
*Transverse CT image of the fractured parietal bone of the same horse.*

werden, je nachdem, ob eine Beteiligung des ZNS vorliegt oder nicht. Es handelt sich dabei um zwei völlig verschiedene Gruppen mit unterschiedlichster Therapie und Prognose. Bei traumatischen Einwirkungen auf die rostralen Anteile des Gesichtsschädels ist der Allgemeinzustand in der Regel gut und die Pferde zeigen auch sonst keine Anzeichen von ZNS-Störungen. Bei kaudalen Traumata wird das Risiko einer ZNS-Verletzung allerdings deutlich höher. Frakturen am Kopf besitzen in der Regel eine gute Prognose und können meist erfolgreich behandelt werden (DeBowes 1996). Dies gilt sowohl für offene als auch für stark dislozierte Frakturen. Gründe dafür sind die gute Blutversorgung am Kopf, trotz weniger Weichteile um die Knochen, die geringe Belastung der Knochen, die meist stark gezackten Frakturende, welche eine gute und stabile Fixation erlauben und auch die Möglichkeit, ähnliche Instrumente und Implantate einzusetzen, wie sie für die Humanmedizin entwickelt worden sind. Zudem dienen die großen Backenzähne für manche Frakturen als zusätzliche

Stabilisation oder Schienung. Eine vorsichtige Prognose besitzen Frakturen, die in das Temporomandibulargelenk reichen, Frakturen, die den Hirnschädel betreffen wie auch alte, infizierte und ausgedehnte Frakturen. Implantatversagen sind bei Kopffrakturen weniger häufig als im Röhrenknochen, weil die Belastung der Implantate wesentlich geringer ist. Gelegentlich kann allerdings ein Cerclagedraht brechen, der dann ersetzt werden muss, oder um die Pins des Fixateur externe können Infektionen entstehen, die jedoch lokalisiert bleiben und nach Entfernen der Pins spontan heilen. Bei offenen Frakturen können Infektionen der Knochen meist nicht verhindert werden, so dass Osteomyelitiden auftreten und Sequester entstehen können. Diese müssen durch sorgfältiges Kürettieren und Spülen mit desinfizierenden Lösungen sowie genügend langer systemischer Antibiotikagabe behandelt werden. Auch können bei Beteiligung von Zähnen Fisteln entstehen, die entsprechend behandelt werden müssen, sei es, durch eine endodontische Behandlung oder durch eine Zahnextraktion nach Frakturheilung.

### Frakturen des Hirnschädels

Bei Frakturen des Hirnschädels unterscheiden wir zwischen Frakturen des Schädeldaches und solchen der Schädelbasis, wobei die letzteren beim Pferd selten vorkommen. Frakturen des Hirnschädels können mit intrakraniellen Blutungen einhergehen, sodass es durch diese raumfordernden Prozesse zu Funktionsstörungen der betroffenen Hirnareale kommen kann. Dabei können Bewusstseinsstörungen in Form von Apathie, Stupor oder Koma auftreten. Krampfanfälle, Opisthotonus, wie auch ein Vestibulärsyndrom sind ebenfalls Zeichen eines Gehirntraumas. Ein weiterer Hinweis auf ein Kopftrauma sind Ausfallserscheinungen der Gehirnnerven. Diese sind am einfachsten zu diagnostizieren, wenn sie das Auge betreffen. So können betroffene Pferde Nystagmus, Strabismus oder auch eine lichtstarre bilaterale Mydriasis, eine beidseitige Miosis, sowie eine Anisokorie aufweisen. Aus diesen Gründen muss der neurologischen Untersuchung ein ganz besonderes Augenmerk geschenkt werden. Besonders häufig kommt es zu Frakturen mit schweren Hirntraumata, wenn sich die Pferde über den Rücken nach hinten überschlagen und mit dem Kopf auf einem harten Gegenstand aufschlagen. Dabei verschlechtert sich die Prognose für eine Heilung deutlich, sobald die Pars basilaris des Hinterhauptbeines betroffen ist (Feary et al. 2007). Frakturen der Schädelbasis können durch Dislokation der Fragmente zu einer Verletzung des Hirnstammes und damit zu Veränderungen der Atem- und Herzfrequenz führen. Weitere Begleiterscheinungen sind Blutungen in den äußeren Gehörgang sowie Austritt von Liquor aus den Ohren und den Nüstern. Allgemein gilt, dass der Schweregrad der klinischen Symptomatik mit dem Schweregrad der ZNS-Schädigung korreliert. Grundsätzlich schließt das Fehlen neurologischer Symptome nach einem Kopftrauma jedoch nicht aus, dass das ZNS beteiligt ist. Nach einem schwerwiegenden Hirntrauma kann es auch zum Festliegen oder zum sofortigen Tod kommen (Abb. 1).

#### Therapie

Die Einleitung einer sofortigen und umfassenden initialen Therapie ist beim Pferd mit einer ZNS-Schädigung, und ganz im Besonderen für das festliegende Pferd, ausschlaggebend für

die Prognose, die mit zunehmender Zeit des Festliegens schlechter wird. Dementsprechend ist es das wichtigste therapeutische Ziel, dem Pferd das Aufstehen zu ermöglichen, was heute mithilfe eines Hebegeschirrs relativ einfach erreicht werden kann (Fürst et al. 2006a, Fürst et al. 2008). Im Vordergrund der Therapie steht die Schocktherapie, welche die Stabilisierung von Atmung und Kreislauf, sowie die Blutstillung beinhaltet (Fürst et al. 2009). Die medikamentöse Behandlung eines Gehirntraumas richtet sich vor allem gegen das entstehende Hirnödem und den damit verbundenen erhöhten intrakraniellen Druck (Feige et al. 2000). Dexamethason (0.05-0.1 mg/kg KG; sid i.v.) wird am besten unmittelbar zu Beginn der Behandlung eingesetzt. Mannitol (1 g/kg KG; bid i.v.) kann ebenfalls zur Behandlung eines Hirnödems und zur Reduktion des intrakraniellen Druckes eingesetzt werden, wobei der Einsatz aufgrund der Gefahr einer Verstärkung des Ödems selber diskutiert wird. Eine Verbesserung der klinischen Symptomatik sollte innerhalb von 12 bis 24 Stunden eintreten. Während der Behandlung muss der Hydratationszustand sorgfältig überwacht werden und der Einsatz dieses Medikaments ist bei Verdacht auf eine intrakranielle Blutung kontraindiziert. DMSO (1 g/kg KG; sid i.v. an 3 aufeinanderfolgenden Tagen, anschließend jeden zweiten Tag für weitere 6 Tage) als 20%ige Lösung ist bei der Behandlung von ZNS-Erkrankungen aufgrund seiner antiinflammatorischen Wirkung durchaus indiziert. Die Infusion von DMSO muss langsam erfolgen, da es ansonsten zu einer starken Hämolyse kommen kann. Nichtsteroidale Antiphlogistika (NSAIDs) sollen in den empfohlenen Dosierungen angewendet werden, um die Entzündung des ZNS zu reduzieren. Breitspektrumantibiotika sind indiziert, wenn eine offene Fraktur oder der Verdacht darauf (Blutung aus Ohren oder Nüstern) besteht. Geeignet sind Trimethoprim-Sulfonamid Präparate (30 mg/kg KG; bid per os), da zumindest mit gewissen Sulfonamiden therapeutisch wirksame Spiegel im Liquor erreicht werden können. Diazepam und Phenobarbital können für die Behandlung von Krämpfen eingesetzt werden (Feary et al. 2007). Chirurgische Interventionen am Hirnschädel sollten auf Fälle beschränkt werden, die wirklich von einer Reduktion der Fraktur oder von einer intrakraniellen Dekompression profitieren. Dazu gehören Verletzungen der Meningen oder Frakturen mit direkter Schädigung des Gehirns sowie ein progressiver Verlauf neurologischer Symptome trotz adäquater Therapie. Fragmente des Processus paracondylaris können chirurgisch in Allgemeinanästhesie entfernt werden. Muss ein Pferd nach einem Schädel-Hirntrauma in Anästhesie gelegt werden, so sollte kein Acepromazin zur Sedation verwendet werden, da dies das Entstehen von Krämpfen begünstigt. Während der Anästhesie muss durch künstliche Beatmung der CO<sub>2</sub>-Partialdruck zwischen 30 und 40 mmHg gehalten werden, um ein weiteres Ansteigen des intrakraniellen Druckes zu verhindern.

### Frakturen des Gesichtsschädels

In diesem Abschnitt werden die Frakturen des Gesichtsschädels beschrieben mit Ausnahme der rostralen Anteile des Os incisivum. Auch Frakturen des Gesichtsschädels müssen sehr sorgfältig untersucht werden, weil benachbarte Strukturen mit betroffen sein können. Dies sind vor allem die Maul-, Nasen- und Nasennebenhöhlen, das Auge, die Augenumgebung, wie auch das Hirn und andere Nervenstrukturen. Meist handelt es sich um ausgedehnte Impressionsfrakturen mit mehreren gro-

ßen und auch kleinen Fragmenten, die durch ein äußeres Trauma nach innen gedrückt wurden. Wie die meisten Frakturen am Kopf des Pferdes, sind auch Frakturen des Gesichtsschädels nahezu immer offen und die Haut kann großflächig vom Knochen gelöst sein. Dank der guten Blutversorgung und der geringen Belastung der Knochen, besitzen auch ausgedehnte Frakturen des Gesichtsschädels eine sehr gute Prognose (Abb. 2a und 2b). Bei diese Frakturen empfiehlt es sich in den meisten Fällen, die Fraktur chirurgisch zu explorieren, denn selbst mit radiologischen und ultrasonographischen Untersuchungen kann selten das gesamte Ausmaß der Fraktur dargestellt werden. Kleine, geschlossene und wenig dislozierte Impressionsfrakturen können konservativ behandelt werden, jedoch ist die chirurgische Therapie bei offenen Frakturen fast ausnahmslos angezeigt. Das Risiko für eine Wundinfektion oder andere



**Abb. 2a** Komplizierte Kopfverletzung mit mehreren Fragmenten der Maxilla und Eröffnung des Sinus maxillaris nach Schlag eines anderen Pferdes.

*A severe head injury with multiple fractures of the maxilla and exposure of the maxillary sinus in a horse that was kicked by another horse.*



**Abb. 2b** Dasselbe Pferd 5 Monate nach der chirurgischen Frakturbehandlung.

*The same horse 5 months after surgical repair of the fracture.*

Komplikationen (z.B. chronische Sinusitis, Sequesterbildung, chronische Wunden, Verformung des Schädels, Einengung der Atemwege, Headshaker, Mykose im Sinus maxillaris) ist bei einer konservativen Behandlung wesentlich größer.

### Therapie

Die Operation wird in der Regel in Allgemeinanästhesie durchgeführt, kann aber auch am sedierten Pferd unter Lokalanästhesie vorgenommen werden. Vorhandene Weichteilverletzungen werden nach den allgemeinen chirurgischen Prinzipien versorgt. Liegt eine Eröffnung der Nasennebenhöhlen vor, ist eine Spülung derselben erforderlich. Bei geschlossenen Frakturen soll eine gebogene Inzision über der

Fraktur gemacht werden, wobei die Inzision bis über die Frakturenden hinaus verlängert wird (Turner 1979). Im Anschluss an den Hautschnitt respektive an die Wundtoilette wird die Fraktur freigelegt und genau beurteilt. Dabei muss durch eine sorgfältige Präparation versucht werden, die Verbindung des Periostes mit den Knochen zu erhalten. Kleine und freie Knochenteile, die keine Periostverbindung mehr haben, können entfernt werden. Für die anschließende Reduktion der Fraktur können aus Kirschnerdrähten Repositionshaken geformt werden, um die Fragmente anzuheben und wieder in die anatomische korrekte Position zu bringen (Abb. 3a und 3b). Anstelle von diesen Kirschnerdrähten können auch Periostelevatoren verwendet werden, die sich ebenso wie die Langenbeck-Wundhaken ausgezeichnet für die Frakturposition eignen. Seit einiger Zeit gibt es besondere Repositionsinstrumente.



**Abb. 3a** Fraktur des Os frontale und Os nasale links mit multiplen Knochenfragmenten bei einem Warmblut-Wallach.

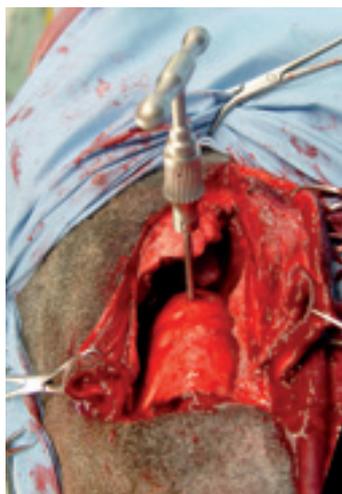
*Fracture of the left frontal and nasal bones with multiple bone fragments in a Warmblood gelding.*



**Abb. 3b** Die Fraktur wurde reduziert und die Fragmente mit Hilfe von Repositionshaken aus Kirschnerdrähten reponiert, die durch kleine Bohrlöcher geführt wurden. Das Fragment wurde nur durch Verzahnung der Fragmente am Platz gehalten – es wurden keine Implantate für die Fixation verwendet.

*The fracture was reduced and the fragments were reduced using repositioning hooks made by Kirschner wire that were introduced into small drill holes. Reduction was maintained solely via interdigitation of the jagged edges of the bone fragments - no implants were used for the fixation.*

Dazu gehört ein gewindeschneideähnlicher Stift, der mit einem T-Handgriff verbunden in das Fragment eingedreht wird (Abb. 4). Dieses Instrument ist in verschiedenen Größen und Längen erhältlich, wobei sich beim Pferd die Größen 2.4 und 3.5 mm am besten eignen. Sie werden nach einem Vorbohren mit einem 1.8 mm- bzw. 2.4 mm-Bohrer in den Knochen eingebracht, und die Fragmente auf diese Weise wieder in die korrekte Position gebracht. Häufig müssen die Fragmente dazu etwas verkleinert werden. Oft können die vorhandenen Fragmente durch ihre gezackte Frakturkonfiguration so ineinander verkeilt werden, dass keine weitere Fixation erforderlich ist, sofern die Fraktur nach der Reposition stabil erscheint (DeBowes 1996, Schaaf et al. 2008), (Abb. 3.b). Frakturen können auch mit Polydioxanon der Größe 2 USP fixiert werden. Dies hat den Vorteil, dass keine zusätzlichen Implantate



**Abb. 4** Reduktion der Knochenfragmente mittels Repositionsinstrumenten.  
*Reduction of bone fragments using traction devices.*

benötigt werden. Weiter schneidet der Faden wenig im Knochen ein, behält die Stabilität während 56 Tagen und löst sich in der Regel bis zum Tag 182 auf, so dass die Fäden nicht entfernt werden müssen (Schaaf et al. 2008). Fragmente können auch mittels 1 mm- oder 1.2 mm-Drahtcerclagen fixiert werden (DeBowes 1996). Dazu werden Löcher mit einem Durchmesser von ca. 2 mm in den Knochen gebohrt. Diese Cerclagen müssen mit großer Vorsicht angezogen werden, weil der Knochen am Gesichtsschädel in der Regel sehr dünn ist und der Draht leicht ausreißen kann. Die Fixation mittels Rosetten besitzt den großen Vorteil, dass die Fragmente grossflächig fixiert werden können, so dass das Risiko einer iatrogenen Schädigung des Knochens sehr klein ist (Abb. 5a und 5b). Damit die Rosetten gut fixiert werden können, müssen jedoch regelmäßige Knochenoberflächen vorliegen. Großflächige Frakturen können mit geeigneten Platten fixiert werden (Auer 2006, Burba und Collier 1991, Dowling et al. 2001). Dazu sind heute die Verriegelungsplatten vermutlich die besten Systeme, weil sie eine sehr stabile Fixation erlauben (Abb. 6a und 6b). Die Haut über der Fraktur soll wenn möglich wieder verschlossen werden. Bei ausgedehnten Frakturen, die mit einem großen Verlust von Knochen und Weichteilen einhergehen, ist ein primärer Verschluss der Wundhöhle nicht immer möglich. Diese Frakturen und Verletzungen können aber über eine Sekundärheilung abheilen, was in der Regel zu guten funktionellen wie auch kosmetischen Resultaten führt. Je nach

Kontaminationsgrad soll ein Spülschlauch in den betroffenen Sinus implantiert werden, damit dieser in den folgenden Tagen gespült werden kann. Unter Umständen kann es erforderlich sein, eine Drainage zwischen Knochen und Haut einzubringen. Für die Aufwachphase sollten ein Verband und darüber ein gepolsterter Kopfschutz angebracht werden. Postoperativ werden je nach Heilungsverlauf für 3-5 Tage Antibiotika und Nichtsteroidale Entzündungshemmer verabreicht. In der Regel können die eingesetzten Implantate bei komplikationsloser Abheilung der Fraktur belassen werden.

#### Orbitafrakturen

Eine Besonderheit stellen die relativ häufigen Orbitafrakturen dar. Neben den knöchernen Anteilen der Augenhöhle kann



**Abb. 5a** Fraktur des Os frontale, des Os nasale und der Maxilla durch Hufschlag eines anderen Pferdes. Intraoperative Ansicht der Fraktur.  
*Fracture of the frontal and nasal bones and maxilla in a horse that was kicked by another horse. Intraoperative view of the fracture.*



**Abb. 5.b** Fixation der selben Fraktur mittels Rosetten.  
*Fixation of the same fracture using rosettes.*

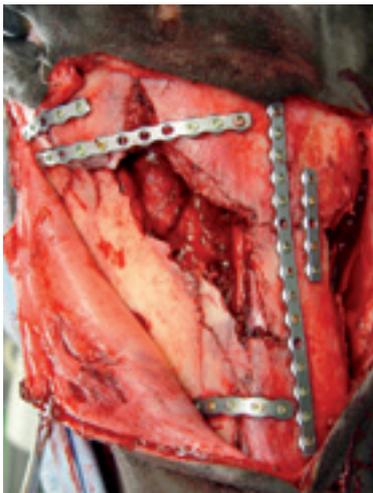
es zusätzlich zu Verletzungen der Augen und benachbarter Hirnstrukturen kommen, die sehr sorgfältig untersucht werden müssen. Die meisten Orbitafrakturen benötigen eine chirurgische Intervention, damit die anatomischen Verhältnisse korrekt wiederhergestellt werden können. Bei Frakturen der inneren Wand der Orbita kann es zu einer Dislokation des Auges

in den Sinus maxillaris kommen (Blogg et al. 1990). Die Reposition ist zum Teil auch geschlossen möglich, wobei in den meisten Fällen ein offener Zugang gewählt werden sollte. Der äußere Rand der Orbita kann mit Platten sehr gut fixiert werden, während der innere Teil sehr dünn ist und meist keine Fixation mittels Implantaten erlaubt.



**Abb. 6a** Intraoperative Ansicht einer großflächigen Fraktur des Gesichtsschädels.

*Intrasurgical view of a severe fracture of the facial skull.*



**Abb. 6b** Fixation derselben Fraktur mittels verschiedenen Verriegelungsplatten.

*Fixation of the same fracture using several locking plates.*

## Kieferfrakturen

In diesem Abschnitt werden die Frakturen der Mandibula sowie die Frakturen des Os incisivum besprochen. Die Frakturen der Mandibula sind die häufigsten Frakturen am Kopf überhaupt, wobei meistens die rostralen Anteile betroffen sind (DeBowes 1996). Diese sind in der Regel wesentlich instabiler, weil dieser Bereich weder durch Backenzähne noch durch Muskeln fixiert wird. Bedingt durch die geringe Weichteilabdeckung und die scharfen Frakturrenden sind Frakturen des Os incisivum wie auch Mandibulafrakturen häufig zur Maulhöhle hin offen, so dass es rasch zu einer Kontamination und weiter zu einer Infektion kommen kann. Sind Zahnalveolen betroffen, kann es durch eine Infektion zu einem späteren

Zahnverlust kommen. Pferde mit Frakturen im Bereich der Mandibula oder des Os incisivum zeigen je nach Lokalisation der Fraktur Dysphagie, Salivation, Konturstörungen, Fötorexore, Malokklusion und eventuell auch Blutungen aus dem Maul und Krepitation. Je nach Ausmaß der Fraktur kann auch der Allgemeinzustand reduziert sein. Kieferfrakturen entstehen ebenfalls meist durch ein stumpfes Trauma, d.h. durch Schlagverletzungen, Stürze oder infolge einer Kollision mit einem harten Gegenstand. Die rostralen Frakturen geschehen allerdings häufig durch das Spielen an Gitterstäben und dem plötzlichen Zurückziehen des Kopfes, wobei sich der Schneidezahnanteil des Kiefers zwischen den Gitterstäben verkeilt. Dies führt dann meist zu Frakturen innerhalb der Alveole, so dass die Schneidezähne nach rostral disloziert werden. Diese Frakturen sind für das Pferd häufig kaum schmerzhaft, so dass sie bei geringer Dislokation auch übersehen werden und dann spontan heilen können (DeBowes 1996).

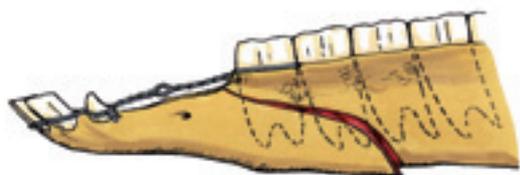
## Therapie

Je nach Lokalisation, Alter und Gewicht des Pferdes sowie Schweregrad der Fraktur muss eine entsprechende Fixationstechnik gewählt werden. Fast nie können diese Frakturen konservativ behandelt werden, weil es sich meist um dislozierte und instabile Frakturen handelt. Die Pferde werden in der Regel in Allgemeinanästhesie operiert, wobei sich die Rückenlage für diese Eingriffe am besten eignet. Kleine Eingriffe wie die Fixation von Frakturen mittels Cerclagedrähten an den Incisivi können auch am stehenden Pferd unter Lokalanästhesie durchgeführt werden. Dazu müssen der N. alveolaris inferior oder N. infraorbitalis mit einem Lokalanästhetikum direkt infiltriert werden (Tremaine 1998, Ramzan 2008). Weil das Ausmaß der Fraktur nicht immer bekannt ist, soll der Kopf bei der Operationsvorbereitung großflächig geschoren und gereinigt werden. Zudem soll auch die Maulhöhle gut gespült werden. Falls auch intraorale Eingriffe geplant sind, soll das Pferd nasal intubiert und die Maulhöhle mit Hilfsmitteln offen gehalten werden, die die Fraktur selber nicht belasten. In der Regel sind dies Keile aus Hartgummi, die zwischen die Zahnreihen geschoben werden. Die Pferde sollten in der Weise gelagert werden, dass auch intraoperative Kontrollröntgenaufnahmen möglich sind, falls komplizierte Frakturen versorgt werden müssen. Dazu eignen sich Fluoroskope ausgezeichnet. Alle erforderlichen Instrumente wie ein Orthopädie- und Cerclagebesteck, eine Bohrmaschine mit gehärteten Bohrern für die Zähne, ein AO-Set mit verschiedenen Platten, Arthroskopiehülsen mit Trokar und weitere möglicherweise benötigte Instrumente sollten vorbereitet werden. Häufig werden zusätzlich Zahnschleifinstrumente für das Kürzen der Zähne benötigt, da manchmal die nicht betroffenen Schneidezähne um ca. 2-3 Millimeter gekürzt werden müssen, um den Kaudruck auf die Fraktur zu reduzieren. Auch Extraktionszangen können zum Einsatz kommen und sollten deshalb bereit liegen. Die Zugseite ist in der Maulhöhle oral, wodurch die Implantate vorteilhaft dort eingesetzt werden sollen. Dies ist aber technisch nicht immer möglich, so dass die Implantate auch auf der Kompressionsseite angebracht werden, wodurch diese stark belastet werden und so auch brechen können. Als Grundsatz gilt, dass alle Zähne belassen werden sollten, weil diese die Fixation verbessern und die Stabilität erhöhen. Auch wackelige und frakturierte Zähne sollen zu Beginn der Behandlung nicht entfernt werden. Im Anschluss an die Operation wer-

den die Pferde besonders gefüttert: So sollten sie nicht auf die Weide, weiter keine Äpfel, keine Rüben oder andere harte Futtermaterialien erhalten. Antibiotika und NSAIA werden für weitere 3-5 Tage verabreicht und die Cerclagen im Maul müssen regelmäßig gereinigt werden: in den ersten zwei Wochen zweimal, dann nur noch einmal täglich. Komplikationen, wie Infektionen, Sequesterbildung, Implantatbrüche oder Fisteln sind bei Frakturen, die gegen die Maulhöhle hin offen sind, relativ häufig und betragen nach *Henninger et al.* (1999) ca. 27 %, können aber in der Regel erfolgreich behandelt werden.

#### Fixation mittels Drahtcerclagen

Die meisten rostralen Frakturen können mittels Drahtcerclagen fixiert werden. Es besteht allerdings immer das Risiko, dass sich die Frakturenenden bei der Reduktion zueinander verschieben, daher sollten die Cerclagen immer unter Kontrolle der Frakturenenden angezogen werden (Abb. 7a). Zudem ist es sehr wichtig, dass die Cerclagen zuerst gelegt, dann gespannt und dann symmetrisch links und rechts gleichzeitig angezogen werden. Nach der Fixation werden die Enden des Drahtes gekürzt und umgebogen, damit diese die Schleimhaut nicht verletzen. Auch soll das Maul geschlossen und so die Reduktion kontrolliert werden. Evtl. können auch Repositionszangen an den Ober- und Unterkiefer angelegt und so die korrekte Position beurteilt werden. Falls die Fraktur beim Anziehen der Cerclagen kollabiert oder nach der Fixation noch instabil ist, müssen andere Fixationssysteme wie zum Beispiel Platten eingesetzt werden. Drahtcerclagen können auch angewandt werden, um Frakturen der Symphyse wie auch des interalveolären Bereiches zu fixieren, ohne Zähne zu involvieren. Auch Hemicerclagen können dort sehr erfolgreich eingesetzt werden. In der Arbeit von *Henninger et al.*



**Abb. 7a** Schematische Darstellung einer typischen Mandibulafraktur. Die Fixation mit Drahtcerclagen ist oftmals ungenügend für eine komplette Reduktion der Fraktur.  
*Schematic Representation of a typical mandibular fracture. Fixation of the fracture using cerclage wire is often insufficient for complete fracture reduction.*



**Abb. 7b** Schematische Darstellung derselben Fraktur, hier fixiert mit einer Drahtcerclage und einer Verriegelungsplatte.  
*Schematic Representation of the same fracture, which was fixed using cerclage wire and a locking compression plate.*

(1999) konnten 90 % aller Frakturen um die Schneidezähne mit Cerclagen fixiert werden.

#### Anbringen der Drahtcerclage

In der Regel wird beim Pferd ein orthopädischer Draht mit einem Durchmesser von 1,2 mm eingesetzt (*Hertsch und Wissdorf 1990*). Die gesunden Zähne dienen als Schiene, so dass die frakturierten Zähne mittels der Drahtcerclage an diese fixiert werden (*Piacenza und Böhm 1985*). Man muss sehr gut darauf achten, dass der Draht immer gut gespannt ist und nicht durch Abknicken geschwächt wird. Der Draht kann schräg angeschnitten werden, so dass ein spitzes Ende entsteht, das dann durch die Schleimhaut geschoben werden kann. Alternativ können Kanülen mit dem eingelegten Draht verwendet oder es können kleine Löcher mit einem Steinmannnagel oder einem kleinen Bohrer vorgebohrt werden (*Henninger et al. 1999, Ramzan 2008*). Dies kann erforderlich sein zwischen den Schneidezähnen und ist praktisch immer notwendig, wenn die Drahtschlinge zwischen den Backenzähnen durchgeführt wird.

#### Fixation des Drahtes

Für die Fixation des Drahtes im Bereich der Schneidezähne hat sich die Technik nach *Obwegeser (1952)* bewährt (Abb. 8a und 8b). Dies erlaubt eine gleichmäßige Verteilung der Spannung zwischen allen beteiligten Zähnen (*Auer 2006*). Dazu wird der Draht zwischen den Schneidezähnen in beide Richtungen geschoben und so eine Öse gebildet, durch die dann das zweite Drahtende gebracht wird. Am Ende werden dann alle Ösen angezogen und so der Draht gleichmäßig gespannt. Alternativ können auch 8ter Schlingen mit dem Draht gelegt werden. Dabei müssen die Schlingen aber überlappend angeordnet sein, damit die Zähne nicht auseinander gezogen werden (*Piacenza und Böhm 1985*). Grundsätzlich sollte man es vermeiden, dass ein Draht durch den Frakturspalt geht. Je nach Fraktur kann der Draht alleine um die Schneidezähne, um den Caninus, um die Backenzähne oder aber auch um eine Schraube fixiert werden. Wird der Draht um den I3 oder um den Caninus geführt, muss an diesem Zahn eine tiefe Kerbe angebracht werden, damit der Draht nicht abrutscht. Alternativ kann auch eine Schraube in den Knochen eingedreht werden, die dann als Fixation für den Draht dient. Eine besonders stabile Fixation des Drahtes kann erzielt werden, wenn der Draht um die Backenzähne geführt wird, wobei der Draht meist zwischen dem O6 und O7 gelegt wird. Dazu wird die Haut entsprechend aseptisch vorbereitet, ein Hautschnitt gemacht und anschließend eine kurze Arthroskopiehülse mit einem Trokar in die Maulhöhle vorgeschoben. Mit dieser Technik können starke Blutungen, die bei einem Zugang mit dem Skalpell häufig beobachtet werden, verhindert werden. Durch die Arthroskopie- oder Bohrschutzhülse kann darauf ein gehärteter Bohrer eingeführt werden, um ein Loch zwischen den Backenzähnen zu bohren. Durch dieses Loch wird der Draht geführt und so die Fixation deutlich verstärkt. Der Draht kann im interdentalen Bereich verdreht und so die Spannung weiter erhöht werden. Die korrekte Position des Drahtes in der Maulhöhle kann mithilfe eines Endoskopes kontrolliert werden.

#### Fixation mittels Schrauben und/oder Platten

Frakturen des Ramus wie auch des Körpers der Mandibula können erfolgreich mit Schrauben und Platten fixiert wer-

den. Schrauben können alleine verwendet werden, wobei meistens Zugschrauben durch den Frakturspalt eingebracht werden. Obwohl die Zugseite in der Maulhöhle ist, werden die Platten ventral angebracht. Dort ist der Kortex der Mandibula sehr dick und auch stabil, so dass damit eine gute Fixation erzielt werden kann (Abb. 7b). Für die Fixation der Fraktur mittels einer Platte muss das Pferd in Rückenlage verbracht werden. Dann soll der Knochen weit axial und abaxial vom Unterkieferast nach dorsal präpariert werden, damit man die Fraktur gut darstellen kann. Beim Zugang müssen Strukturen wie Arterien, Venen und Speichelgänge geschont werden. Diese sollen isoliert und mithilfe von Pen-



**Abb. 8a** Schematische Darstellung der Obwegesertechnik. *Interdental continuous wire-loop splint described by Obwegeser.*



**Abb. 8b** Fixation einer Oberkieferfraktur mittels Drahtcerclagen nach Obwegeser. *Fixation of a maxillafracture using cerclage wires described by Obwegeser.*

rosedrains geschützt werden. Die Fraktur soll mit Repositionszangen fixiert werden. Es können DCP-Platten eingesetzt werden, wobei mittels einer LCP-Platte eine höhere Stabilität erzielt werden kann (Kuemmerle et al. 2009). Infolge des relativ dünnen Kortex und dem spongiösen Knochen sind die Verriegelungsschrauben am Kopf des Pferdes sehr beliebt und garantieren eine gute, zusätzliche Stabilität. Je nach Größe des Pferdes wird eine schmale 3.5 oder 4.5 LCP-Platte verwendet (Abb. 9a, 9b, 9c). Verschiedene biomechanische Untersuchungen haben auch gezeigt, dass die Fixation einer Unterkieferfraktur mit einer intraoralen Drahtcerclage zusammen mit einer Platte die beste Stabilität erzielt (Peavey et al. 2003) (Abb. 10a und 10b).

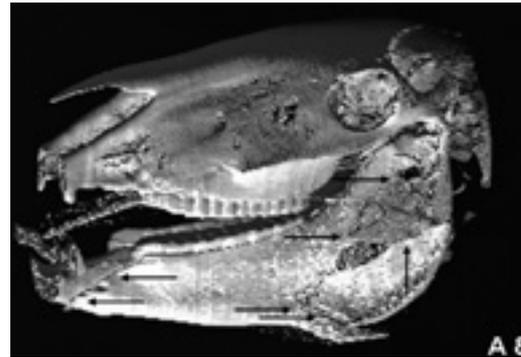
#### Fixation mittels einer U-förmigen intraoralen Schiene

Eisenbügel können gut zu einer U-förmigen Schiene modelliert und dann durch die Löcher mit Drahtcerclagen an die Zähne fixiert werden (Abb. 11). Solche Eisenbügel werden an der bukkalen Seite der Schneide- und Backenzähne fixiert, in

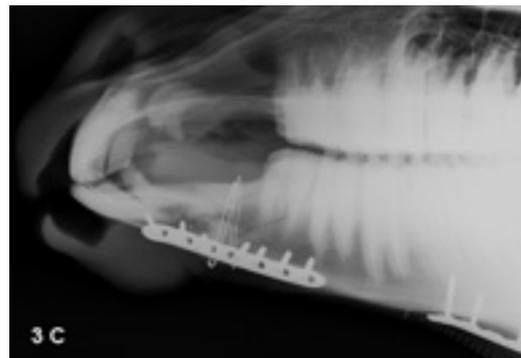
dem an mehreren Stellen eine Drahtcerclage um die Zähne wie auch um den Bügel fixiert wird. Die Fixation an den hinteren Backenzähnen ist jedoch ausgesprochen schwierig und häufig schlecht möglich, so dass die U-Schiene nicht immer optimal fixiert werden kann.

#### Fixation mit einer intraoralen Polymethylmetacrylat-Schiene

Methylmetacrylat-Schienen werden ebenfalls an den Unterkiefer modelliert und dann mit Drahtcerclagen an mehreren Stellen am Unterkiefer fixiert (Abb. 12). Die so entstandene Schiene soll einen Kollaps der Fraktur verhindern (Dart und



**Abb. 9a** CT-Aufnahme einer multiplen Mandibulafraktur. *Computed tomographic image of a multifragmented mandibular fracture.*



**Abb. 9b** Fixation der rostralen Fraktur mit einer schmalen 4.5-Verriegelungsplatte. *Fixation of the rostral part of the fracture using a narrow 4.5 locking compression plate.*



**Abb. 9c** Fixation der kaudalen Fraktur mit zwei schmalen 4.5-Verriegelungsplatten. *Fixation of the caudal part of the fracture using two narrow 4.5 locking compression plates.*

Pascoe 1987, Colahan und Pascoe 1983). Am Unterkiefer muss die Masse eine U-Form aufweisen, damit das Frenulum der Zunge sich frei bewegen kann, während am Oberkiefer eine gute Verbindung mit dem harten Gaumen möglich ist. Es ist wichtig, dass eine kalt härtende Acrylverbindung verwendet wird, um Gewebsschädigungen durch Hitze zu vermeiden. Der Vorteil dieser Fixation sind die geringen Kosten des Materials, die Stabilisation auf der Zugseite der Fraktur und der Einsatz als Schienung außerhalb des Knochens. Nachteile sind sicher die technisch schwierige Handhabung und auch die begrenzte Stabilität des Materials.

#### Fixation mittels intramedullären Pins

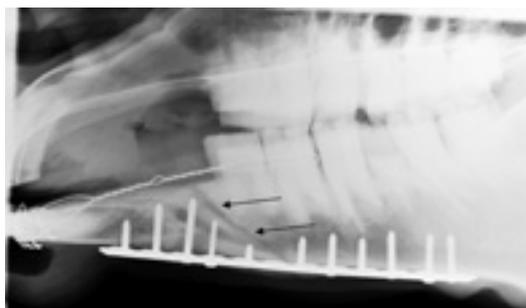
Intramedulläre Pins können eingesetzt werden, wobei die erreichte Stabilität klein ist. Diese Implantate finden demzufolge wenig Verwendung.

#### Fixation mittels Fixateur externe

Mit einem Fixateur externe können Frakturen des Unterkieferastes- und körpers ebenfalls stabilisiert werden. Dazu werden Kirschner Ehmer-Fixationen als Typ I und Typ II Fixateur eingesetzt (Belsito und Fischer 2001, DeBowes 1996). Der Fixateur Typ I erfasst nur die beiden Kortizes eines Unterkieferastes, während der Fixateur Typ II beide Unterkieferäste erfasst. Dazu können Pins mit einem zentralen Gewinde eingesetzt werden, die stabiler sind und weniger rasch locker werden. Der Durchmesser der Pins beträgt bei erwachsenen Pferden ca. 4 mm. Die Löcher müssen vorgebohrt werden, wobei die Bohrer immer gut zu kühlen sind, um eine Hitzeneurose zu vermeiden. Es werden auf jeder Seite der Fraktur zwei Pins verwendet (Belsito und Fischer 2001). Für eine erhöhte Stabilität sollten Crossbars eingesetzt werden. Alle Pins wie auch Fixationsstangen müssen möglichst kurz abge-



**Abb. 10a** Radiologische Darstellung einer Fraktur des Diastema.  
Radiograph of a fracture of the interdental space.



**Abb. 10b** Fixation der Fraktur mittels einer Verriegelungsplatte und intraoralen Drahtcerclagen.  
Fixation of the fracture using a locking compression plate and intraoral cerclage wire.

setzt und dann gut geschützt werden, damit das Pferd nicht an festen Gegenständen hängen bleibt. Der große Vorteil eines Fixateur externe ist die Möglichkeit der lokalen Wundbehandlung, die ja bei Frakturen am Kopf häufig ein Problem darstellen. Zudem können die Implantate weit entfernt von der Fraktur eingesetzt werden (Belsito und Fischer 2001).

#### Fixation mittels Pinless Fixateur

Der Pinless Fixateur erlaubt eine rasche und wenig invasive Fixation von Unterkieferfrakturen beim Pferd (Lischer et al.



**Abb. 11** Schematische Darstellung eines U-Bügels.  
Schematic representation of the placement of a U-splint.

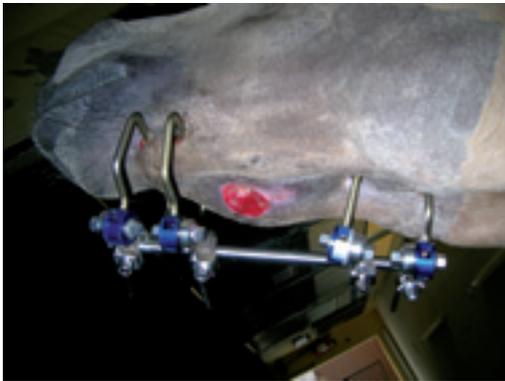


**Abb. 12** Schematische Darstellung einer intraoralen Schiene aus Polymethylmetacrylat.  
Schematic representation of a polymethylacrylic intraoral splint.

1997). Er wird vor allem bei stark infizierten Frakturen eingesetzt, wenn der Einsatz von Platten nicht indiziert ist. Es handelt sich dabei um Klammern, die ähnlich wie ein Fixateur externe Typ I funktionieren, aber den Knochen nicht penetrieren (Abb. 13 und 14). Damit ist das Risiko von Zahnbeschädigungen wie auch einer Osteomyelitis viel kleiner. Der große Vorteil besteht darin, dass der Pinless Fixateur minimal invasiv appliziert werden kann und die Klammern wiederholt gebraucht werden können. Insgesamt betrachtet erlaubt die verbesserte Diagnostik verbunden mit einer wesentlich stabileren Fixationstechnik eine erfolgreiche Behandlung der meisten Frakturen am Kopf des Pferdes.



**Abb. 13** Schematische Darstellung des Pinless Fixateurs.  
Schematic representation of the pinless fixator.



**Abb. 14** Fixation einer offenen und infizierten Mandibulafraktur mit einem Pinless Fixateur.  
Fixation of an open and infected mandibular fracture using a pinless fixator.

## Literatur

Auer J. (2006) Craniomaxillofacial disorders. *Equine Surgery* (ed 3), Auer JA, Stick JA (eds), St. Louis, Saunders Elsevier, 1341-1362

Belsito K. A. und Fischer A. T. (2001) External skeletal fixation in the management of equine mandibular fractures: 16 cases (1988-1998). *Equine Vet. J.* 33, 176-183

Blogg J. R., Stanley R. G. und Phillip C. J. (1990) Skull and orbital blow-out fractures in a horse. *Equine Vet. J. Suppl.* 5-7

Burba D. J. und Collier M. A. (1991) T-Plate repair of fracture of the nasal bones in a horse. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 199, 909-912

Colahan P. T. und Pascoe J. R. (1983) Stabilization of equine and bovine mandibular and maxillary fractures, using an acrylic splint. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 182, 1117-1119

Dart A. J. und Pascoe R. R. (1987) Treatment of a bilateral mandibular fracture in a mare using an intraoral acrylic splint. *Aust. Vet. J.* 64, 382-384

DeBowes R. M. (1996) Fractures of the mandible and maxilla. *Equine Fracture Repair*, Nixon AJ (ed): Philadelphia, W.B. Saunders Company, 313-322

Dowling B. A., Dart A. J. und Trope G. (2001) Surgical repair of skull fractures in four horses using cuttable bone plates. *Aust. Vet. J.* 79, 324-327

Feary D. J., Magdesian K. G., Aleman M. A. und Rhodes D. M. (2007) Traumatic brain injury in horses: 34 cases (1994-2004). *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 231, 259-266

Feige K., Fürst A., Kaser-Hotz B. und Ossent P. (2000) Traumatic injury to the central nervous system in horses: occurrence, diagnosis and outcome. *Equine vet. Educ.* 12, 220-224

Fürst A., Keller R. and von Salis B. (2006a) Entwicklung eines verbesserten Hängegeschirrs für Pferde. *Das Tier-Bergungs-Transportnetz (TBTN). Pferdeheilkunde* 22, 767-772

Fürst A., Knubben J., Auer A. and Stauffacher M. (2006b) Pferde in Gruppenhaltung: Eine Betrachtung aus tierärztlicher Sicht unter besonderer Berücksichtigung des Verletzungsrisikos. *Pferdeheilkunde* 22, 254-258

Fürst A., Keller R., Kummer M., Manera C., von Salis B., Auer J. und Bettschart-Wolfensberger R. (2008) Evaluation of a new full-body animal rescue and transportation sling in horses: 181 horses (1998-2006). *J. Vet. Emerg. Crit. Care* 18, 619-625

Fürst A., Jackson M., Keller R. and von Salis B. (2009) Notfallversorgung und Transport des Frakturpferdes. *Pferdeheilkunde* 25, 302-309

Hug S. (2009) Ursache von Frakturen bei den Pferden, die an die Pferdeklinik der Vetsuisse - Fakultät überwiesen wurden: Bedeutung der Schlagverletzung als Ursache für Frakturen, in *Departement für Pferde. Diss. Med. Vet. Zürich*

Gardelle O., Feige K., Geissbühler U., Geyer H., Schmucker N., Sydler T. und Kaser-Hotz B. (1999) Möglichkeiten der Computertomographie am Kopf des Pferdes anhand von zwei Fällen einer Fraktur der Schädelbasis. *Schweiz. Arch. Tierheilkd.* 141, 267-272

Hertsch B. und Wissdorf H. (1990) Die chirurgische Behandlung von Unterkieferfrakturen beim Pferd mit Cerclage oder dem Fixateur externe. *Pferdeheilkunde* 6, 55-61

Henninger R. W., Beard W. L., Schneider R. K., Bramlage L. R. und Burkhardt H. A. (1999) Fractures of the rostral portion of the mandible and maxilla in horses: 89 cases (1979-1997). *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 214, 1648-1652

Kuemmerle J., Kummer M., Auer J., Nitzl D. und Fürst A. (2009) Lock-ing compression plate osteosynthesis of complicated mandibular fractures in six horses. *Vet. Comp. Orthop. Traumatol.* 22, 54-58

Lischer C., Fluri E., Kaser-Hotz B., Bettschart-Wolfensberger R. und Auer J. (1997) Pinless External Fixation of Mandible Fractures in Cattle. *Vet. Surg.* 26, 14-19

Lischer C., Walliser U., Witzmann P., Wehrli Eser M. und Ohlert S. (2005) Fracture of the paracondylar process in four horses: advantages of CT imaging. *Equine vet. J.* 37, 483-487

Obwegeser H. (1952) Ueber eine einfache Methode der freihändigen Drahtschienung von Kieferbrüchen. *Osterr. Z. Stomatol.* 49, 652-70

Peavey C. L., Edwards R. B. 3rd, Escarcega A. J., Vanderby R. Jr. und Markel M. D. (2003) Fixation technique influences the monotonic properties of equine mandibular fracture constructs. *Vet. Surg.* 32, 350-358

Piacenza C. und Böhm D. (1985) Zur Fraktur des Kiefers beim Pferd unter besonderer Berücksichtigung der Schneidezähne. *Berl. Münch. Tierärztl. Wschr.* 98, 181-186

Ramzan P. H. (2008) Management of rostral mandibular fractures in the young horse. *Equine vet. Educ.* 20, 107-112

Schaaf K. L., Kannegieter N. J. und Lovell D. K. (2008) Management of equine skull fractures using fixation with polydioxanone sutures. *Aust. Vet. J.* 86, 481-485

Turner A. S. (1979) Surgical Management of Depression Fractures of the Equine Skull. *Vet. Surg.* 8, 29-33

Tremaine W. H. (1998) Management of equine mandibular injuries. *Equine vet. Educ.* 10, 146-154

PD Dr. med. vet. Anton Emil Fürst  
Departement für Pferde  
Vetsuisse-Fakultät Universität Zürich  
Winterthurerstrasse 260  
8057 Zürich  
Schweiz  
afuerst@vetclinics.uzh.ch