



Nadja Wunderlin

RELEVANZ DER COMPUTERTOMOGRAPHISCHEN
UNTERSUCHUNG DES SCHÄDELS VON KATZEN MIT
EINEM GERINGGRADIGEN SCHÄDEL-HIRN-TRAUMA

Vergleich der bildgebenden Verfahren
- Röntgen versus Computertomographie -
im Hinblick auf knöcherne Veränderungen
des Schädels bei Katzen mit einem geringgradigen
Schädel-Hirn-Trauma

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Grades eines Dr. med. vet. beim Fachbereich
Veterinärmedizin der Justus-Liebig-Universität Gießen



édition scientifique
VVB LAUFERSWEILER VERLAG

Das Werk ist in allen seinen Teilen urheberrechtlich geschützt.

Jede Verwertung ist ohne schriftliche Zustimmung des Autors oder des Verlages unzulässig. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung in und Verarbeitung durch elektronische Systeme.

1. Auflage 2010

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without the prior written permission of the Author or the Publishers.

1st Edition 2010

© 2010 by VVB LAUFERSWEILER VERLAG, Giessen
Printed in Germany



édition scientifique
VVB LAUFERSWEILER VERLAG

STAUFENBERGRING 15, D-35396 GIESSEN
Tel: 0641-5599888 Fax: 0641-5599890
email: redaktion@doktorverlag.de

www.doktorverlag.de

Aus dem Klinikum Veterinärmedizin
Klinik für Kleintiere, Chirurgie
der Justus-Liebig-Universität Gießen
Betreuer: Prof. Dr. M. Kramer

**Relevanz der computertomographischen Untersuchung des
Schädels von Katzen mit einem geringgradigen
Schädel-Hirn-Trauma**

**Vergleich der bildgebenden Verfahren-
Röntgen versus Computertomographie-
im Hinblick auf knöcherne Veränderungen des Schädels bei
Katzen mit einem geringgradigen Schädel-Hirn-Trauma**

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Grades eines Dr. med. vet.
beim Fachbereich Veterinärmedizin der
Justus-Liebig-Universität Gießen

eingereicht von

Nadja Wunderlin

Tierärztin aus Backnang

Gießen 2009

Mit Genehmigung des Fachbereichs Veterinärmedizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen

Dekan: Prof. Dr. Dr. habil. G. Baljer

Gutachter: Prof. Dr. M. Kramer
Prof. Dr. M. Lierz

Tag der Disputation: 14.12.2009

Für meine Eltern

Inhaltsverzeichnis	I
Verzeichnis der Abkürzungen	V
1. Einleitung	1
2. Literaturübersicht	3
2.1 Anatomische Voraussetzungen	3
2.1.1 Das Kopfskelett	3
2.1.2 Hirnschädel, Neurokranium	4
2.1.3 Gesichtsschädel, Viszerokranium	4
2.1.4 Die knöchernen Augenhöhle, Orbita	7
2.1.5 Die Schädelbasis, Basis cranii externa	8
2.1.6 Das Kiefergelenk, Articulatio temporomandibularis	9
2.2 Das Schädel-Hirn-Trauma	10
2.2.1 Definition	10
2.2.2 Pathophysiologie	10
2.2.3 Intrakranieller Druck und zerebraler Perfusionsdruck	12
2.3 Glasgow Coma Score	14
2.3.1 Humanmedizin	14
2.3.2 Veterinärmedizin: Modifizierter Glasgow Coma Score	16
2.4 Bildgebende Verfahren	18
2.4.1 Humanmedizin	18
2.4.1.1 Computertomographie	18
2.4.1.2 Magnetresonanztomographie	19
2.4.1.3 Röntgen: Übersichtsaufnahmen des Schädels	21
2.4.1.4 Indikationen zur Computertomographie beim Schädel-Hirn-Trauma	22
2.4.2 Veterinärmedizin	24
2.4.2.1 Computertomographie	24
2.4.2.2 Magnetresonanztomographie	28
2.4.2.3 Röntgen: Übersichtsaufnahmen des Schädels	28
2.5 Schädelfrakturen	30
2.5.1 Schädelfrakturen beim Menschen	30
2.5.2 Schädelfrakturen bei Hunden und Katzen	33
2.6 Extraaxiale Traumafolgen	35
2.6.1 Das Epiduralhämatom	35

2.6.1.1	Humanmedizin	35
2.6.1.2	Veterinärmedizin	36
2.6.1.3	Das epidurale Hämatom in der Computertomographie	36
2.6.2	Das Subduralhämatom	37
2.6.2.1	Humanmedizin	37
2.6.2.2	Veterinärmedizin	38
2.6.2.3	Das subdurale Hämatom in der Computertomographie	38
2.6.3	Die subarachnoidale Blutung	39
2.6.3.1	Humanmedizin	39
2.6.3.2	Veterinärmedizin	40
2.6.3.3	Die subarachnoidale Blutung in der Computertomographie	40
2.6.4	Das subdurale Hygrom	40
2.6.4.1	Humanmedizin	40
2.6.4.2	Veterinärmedizin	41
2.6.4.3	Das subdurale Hygrom in der Computertomographie	41
2.7	Intraaxiale Traumafolgen	42
2.7.1	Kontusionen	42
2.7.1.1	Humanmedizin	42
2.7.1.2	Veterinärmedizin	42
2.7.1.3	Die Kontusion in der Computertomographie	43
2.7.2	Das intrazerebrale Hämatom	43
2.7.2.1	Humanmedizin	43
2.7.2.2	Veterinärmedizin	44
2.7.2.3	Das intrazerebrale Hämatom in der Computertomographie	44
2.7.3	Intraventrikuläre Blutungen	44
2.7.3.1	Humanmedizin	44
2.7.3.2	Veterinärmedizin	45
2.7.3.3	Die intraventrikuläre Blutung in der Computertomographie	45
2.7.4	Diffuse axonale Verletzungen (DAI)	45
2.7.4.1	Humanmedizin	45
2.7.4.2	Veterinärmedizin	46
2.7.4.3	Diffuse axonale Verletzungen in der Computertomographie	46
2.7.5	Das Hirnödem	46
2.7.5.1	Humanmedizin	46
2.7.5.2	Veterinärmedizin	46
2.7.5.3	Das Hirnödem in der Computertomographie	47

3.	Eigene Untersuchungen	49
3.1	Material und Methoden	49
3.1.1	Technische Daten	49
3.1.2	Patientenkollektiv	51
3.1.3	Vorbereitung des Patienten	64
3.1.3.1	Neurologische Untersuchung	64
3.1.3.2	Anästhesie	64
3.1.3.3	Lagerungstechnik	65
3.1.3.4	Computertomographie- und Röntgenbildmaterial	68
3.1.4	Statistische Auswertung	68
4.	Ergebnisse	70
4.1	Kraniofaziale Veränderungen in der Computertomographie	70
4.2	Frakturkombinationen in der Computertomographie	84
4.3	Vergleich der Untersuchungsergebnisse der Computertomographie mit den Befunden des Röntgens	85
4.3.1	Untersuchung auf Signifikanz der Befunderhebung durch die zu vergleichenden bildgebenden Verfahren	85
4.3.2	Frakturen, die röntgenologisch nicht diagnostiziert werden können	94
4.3.3	Falsch positive Ergebnisse im Röntgen	114
5.	Diskussion	118
5.1	Eigene Methodik	118
5.1.1	Lagerungstechniken im Röntgen zur gezielten Darstellung knöcherner Strukturen am Kopf	118
5.1.2	Limitationen der eigenen Untersuchungsmethoden	118
5.2	Ergebnisse	119
5.2.1	Rasseverteilung	119
5.2.2	Altersverteilung	119
5.2.3	Unfallursache	120
5.2.4	Geschlechterverhältnis	120
5.2.5	Begleitverletzungen	121
5.2.6	Radiologische Befunde	122
5.2.6.1	Kraniofaziale Frakturen	122
5.2.6.2	Unterkiefer- und Kiefergelenksfrakturen	123
5.2.6.3	Oberkieferfrakturen	126
5.2.6.4	Frakturen des Os palatinum	127
5.2.6.5	Orbitafrakturen	128
5.2.6.6	Frakturen der Conchen	131

5.2.6.7	Frakturen des Vomer	131
5.2.6.8	Frakturen des Os zygomaticum	132
5.2.6.9	Frakturen des Os temporale	133
5.2.6.10	Frakturen des Os pterygoideum	134
5.2.6.11	Frakturen des Os sphenoidale	134
5.2.6.12	Frakturen der Suturen	135
5.2.6.13	Frakturen des Os parietale, Os interparietale und des Os occipitale	135
5.2.6.14	Frakturkombinationen	136
5.2.6.15	Intrakranielle Verletzungen	137
5.2.7	Vergleich der bildgebenden Verfahren (Röntgen versus Computertomographie)	138
5.2.7.1	Übereinstimmende Resultate	139
5.2.7.2	Frakturen, die röntgenologisch nicht sichtbar sind	141
5.2.7.3	Überlegenheit der Computertomographie	141
6.	Zusammenfassung	144
7.	Summary	147
8.	Literaturverzeichnis	150
9.	Anhang	177

Verzeichnis der Abkürzungen:

3D	dreidimensional
Abb.	Abbildung
aut	Autounfall
bds	beiderseits
BMDP	Biomedical Computer Programs
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CBF	zerebraler Blutfluss
Cm	Zentimeter
CT	Computertomographie
DAI	Diffuse axonal injury
Dipl. ECVDI	Diplomate des European College of Diagnostic Imaging
EDH	Epiduralhämatom
EKH	Europäische Kurzhäarkatze
Erstunters	Erstuntersuchung
Eth	Os ethmoidale
exkl	exklusive
Fr	Os frontale
Fx	Fraktur
GCS	Glasgow Coma Score
MGCS	Modifizierter Glasgow Coma Score
ggr.	geringgradig
hgr.	hochgradig
ICP	intracranial pressure
In	Os incisivum
Kg	Kilogramm
KM	Körpermasse
kV	Kilovolt
Lamina horiz	Lamina horizontalis
li	links
M	Molar
m	männlich
MAP	mittleren arteriellen Blutdruck
mAs	Milliampere-Sekunde
Md	Mandibula
mgr.	mittelgradig
mk	männlich-kastriert
mm	Millimeter
MRT	Magnetresonanztomographie
Mx	Maxilla
n	Anzahl
Nr.	Nummer
OK	Oberkiefer
P	Prämolar
p	Irrtumswahrscheinlichkeit
PI	Os palatinum
re	rechts

Verzeichnis der Abkürzungen

SAB	subarachnoidale Blutung
SDH	Subduralhämatom
SHT	Schädel-Hirn-Trauma
stat	stationärer
stu	Sturz
Tab.	Tabelle
Te	Os temporale
T2w	T2 gewichtete Sequenz
UK	Unterkiefer
unb	unbekannt
V.a.	Verdacht auf
w	weiblich
wk	weiblich-kastriert
z.B.	zum Beispiel
Zg	Os zygomaticum
*	keine Röntgenaufnahme

1. Einleitung

Die Inzidenz des Schädel-Hirn-Traumas (SHT) aller Schweregrade wird beim Menschen mit 76-317/100 000 Einwohner pro Jahr angegeben (BIBERTHALER et al., 2001) und ist bei Patienten unter 45 Jahren die häufigste Todesursache und die häufigste Ursache schwerer Behinderungen (RIEGER et al., 2002). Diese Zahlen unterliegen erheblichen Schwankungen in den einzelnen Ländern und können nur als ein ungefährender Anhaltspunkt verstanden werden, um die epidemiologische Bedeutung des SHTs beim Menschen hervorzuheben. Neben den intrakraniellen Veränderungen weisen 40-75% der Patienten mit einem schweren SHT Frakturen des Viszero- und Neurokraniums auf (RIEGER et al., 2002).

In der Humanmedizin leistet die radiologische Bildgebung, unabhängig von dem Schweregrad des SHTs, den ausschlaggebenden Beitrag zur vollständigen Erfassung des Verletzungsausmaßes und bildet die Basis für alle wesentlichen Therapieentscheidungen. Ohne die moderne radiologische Diagnostik ist heutzutage ein adäquates morphologisches Neuromonitoring undenkbar (RIEGER et al., 2002). In diesem Zusammenhang gilt die Computertomographie (CT) als das wichtigste bildgebende Verfahren zur Darstellung akuter lebensbedrohlicher intrakranieller Blutungen und knöcherner Veränderungen des Schädels und löst in diesem Kontext das Röntgen vollständig ab (TURETSCHKE et al., 1998; RIEGER et al., 2002; PARIZEL et al., 2005). Neben der schnellen Erfassung aller relevanten intra- und extrakraniellen Verletzungen, die einer sofortigen operativen Intervention bedürfen, können bei den vielfach polytraumatisierten Patienten zusätzliche Untersuchungen des Thorax, Abdomens, der Wirbelsäule und des kraniozervikalen Übergangs erfolgen (STRUFFERT et al., 2003).

Im Unterschied zur Humanmedizin besteht auf dem Sektor der Kleintiermedizin ein Mangel an umfangreichen Untersuchungen zur Thematik der optimalen radiologischen Aufarbeitung betroffener Patienten, obwohl Hunde und Katzen mit einem SHT zum regelmäßigen Patientengut in der Kleintierklinik gehören. Folglich orientieren sich die in der Literatur aufgeführten Empfehlungen weitestgehend an der Vorgehensweise beim Menschen.

Durch die Auswertung der röntgenologischen und computertomographischen Befunde, der in unserem Hause vorgestellten Katzen mit einem geringgradigen SHT

soll versucht werden, eine sinnvolle Vorgehensweise für die radiologische Aufarbeitung dieser Patienten zu erarbeiten. Besondere Beachtung wird der Frage gewidmet, ob die konventionelle radiologische Schädel diagnostik bei Patienten mit einem SHT in der Veterinärmedizin auch heute noch ihre Berechtigung hat, obwohl mit der CT ein Verfahren zur Verfügung steht, das sichere Aussagen über interventionspflichtige intrakranielle Veränderungen und Schädel frakturen garantiert.

2. Literaturübersicht

2.1 Anatomische Voraussetzungen

2.1.1 Das Kopfskelett

Insgesamt bilden vierzehn paarige und sieben unpaare Knochen den Schädel der Katze. Im Allgemeinen sind diese Knochen platt und bestehen zumeist aus je einer kompakten Lamina externa und interna. Dazwischen liegt die spongiöse Mittelschicht, die Diploë. Im Rahmen der embryonalen Entwicklung kommt es durch Einwachsen von Nasenschleimhaut-Buchten zwischen die Platten verschiedener Knochen zur Verdrängung der Diploë und es entwickeln sich die pneumatisierten mit Schleimhaut ausgekleideten Nasennebenhöhlen (Sinus paranasales). Diploëfrei ist nur die Anlage der Pars petrosa des Schläfenbeins (NICKEL et al., 2004).

Die Gestalt des Schädels weist bei den Säugern, einschließlich des Menschen, weitgehende Artunterschiede auf. Die Katze unterscheidet sich von den anderen Haussäugetieren dadurch, dass ihr Hirnschädel relativ größer ist, als der Gesichtsschädel. Im Unterschied zum Menschen liegt bei den Haussäugetieren der Gesichtsschädel nicht vor, sondern unter dem Hirnschädel (NICKEL et al., 2004).

Bei allen Säugern bildet der Schädel die knöcherne Grundlage des Kopfes und beherbergt das Gehirn, die höheren Sinnesorgane, mit Ausnahme des Geschmacksorganes, und Teile des Atmungs- und Verdauungsapparates, sowie deren Hilfsorgane. Zudem bieten die freien Knochenflächen der Gesichts- und Kaumuskulatur Ursprung und Ansatz. Erst während der neonatalen Entwicklung des Kopfes verknöchern die Nähte der meist paarigen Schädelknochen und es entsteht der starre Schädel, dem der Unterkiefer und das Zungenbein beweglich angelagert sind (NICKEL et al., 2004; EVANS, 2003).

Der Schädel lässt sich in eine kaudale Hirnkapsel und eine rostrale Nasenkapsel unterteilen. Die kaudale Hirnkapsel beherbergt in ihrem Hohlraum, der Schädelhöhle, das Gehirn. Die rostrale Nasenkapsel umschließt die Nasenhöhlen und bildet mit der Unterfläche ihres Bodens gleichzeitig das knöcherne Dach für die Mundhöhle. Als

Hirnschädel oder Neurokranium wird der Anteil des Schädels bezeichnet, der die Hirnkapsel formt (NICKEL et al., 2004; EVANS, 2003).

Die Nasenkapsel mit Unterkiefer und Zungenbein bilden den sogenannten Gesichtsschädel, auch bezeichnet als Facies oder Viszerokranium (NICKEL et al., 2004).

2.1.2 Hirnschädel, Neurokranium

Die knöcherne Wand der Cavum cranii (Schädelhöhle), die das Gehirn mit seinen Hüllen beherbergt, wird von den Ossa cranii geformt (NICKEL et al., 2004; EVANS, 2003).

Zusammen bilden das unpaarige Os interparietale (Zwischenscheitelbein), das paarige Os parietale (Scheitelbein) und Os frontale (Stirnbein) die Dachwand der Schädelhöhle (Abb. 1 und 2).

Die Seitenwände bestehen aus dem paarigen Os temporale (Schläfenbein) (Abb.1). Das unpaare Os sphenoidale (Keilbein) und das unpaare Os occipitale (Hinterhauptbein) mit seinem basalen Teil (Pars basilaris), bilden die sogenannte Bodenwand (Abb. 1 und 2). Die Squama occipitalis (Schuppe des Hinterhauptbeins) und seine Partes laterales (Seitenteile) bilden die Genickwand. Die Nasenwand wird schließlich durch das unpaare Os ethmoidale (Siebbein) gebildet (NICKEL et al., 2004; EVANS, 2003).

2.1.3 Gesichtsschädel, Viszerokranium

Die Ossa faciei (Knochen des Gesichtsschädels) fügen sich zu einer Kapsel zusammen und bilden die Nasenhöhlen. Ihre ventrale Flächen formen gleichzeitig das Dach der Mundhöhle und deren knöcherne Seiten- und recht unvollständige Bodenwand, die bewegliche Mandibula (Unterkiefer), dessen Hälften bei Hund und Katze meistens nicht oder nur unvollständig miteinander verwachsen sind (NICKEL et al., 2004; EVANS, 2003).

Zum Gesichtsschädel gehört zusätzlich das zwischen seinen Ästen gelegene und mit dem Schädel beweglich verbundene Os hyoideum (Zungenbein). Die Orbita

(knöcherne Augenhöhle) wird schließlich sowohl von den Knochen des Hirn- als auch des Gesichtsschädels gebildet (NICKEL et al., 2004; EVANS, 2003).

Zum Teil greifen die angrenzenden Hirnschädelknochen (Os frontale, Os sphenoidale und Os ethmoidale) auf den Gesichtsschädel über. So bilden beispielsweise das Os frontale und das Os nasale (Nasenbein) gemeinsam das Dorsum nasi (Nasendach). Die beiden Seitenwände werden jeweils von dem Os lacrimale (Tränenbein), dem Os zygomaticum (Jochbein), der Maxilla (Oberkieferbein) und dem zugleich die Gesichtsspitze bildenden Os incisivum (Zwischenkieferbein) gebildet (NICKEL et al., 2004; EVANS, 2003) (Abb. 1).

Die Bodenwand der Nasenhöhle, die gleichzeitig die Dachwand der Mundhöhle darstellt, entsteht aus dem paarigen Os palatinum (Gaumenbein), der Maxilla sowie dem Os incisivum. In Richtung Nasenhöhle ist ihnen der unpaare Vomer (Pflugscharbein) aufgelagert. Das Os pterygoideum (Flügelbein), Teile des Vomer, des Os palatinum sowie des Os sphenoidale finden sich am Dach und an der Seitenwand der Schlundkopfhöhle (Abb. 2 und 4). Das quergestellte Os ethmoidale (Siebbein) befindet sich in der Tiefe des Schädels und grenzt die Nasenhöhle gegen die Schädelhöhle ab (NICKEL et al., 2004; EVANS, 2003).

Die Nasenhöhle selbst wird von einer medianen Scheidewand, dem Septum nasi, in eine rechte und eine linke Höhle unterteilt (NICKEL et al., 2004; EVANS, 2003).

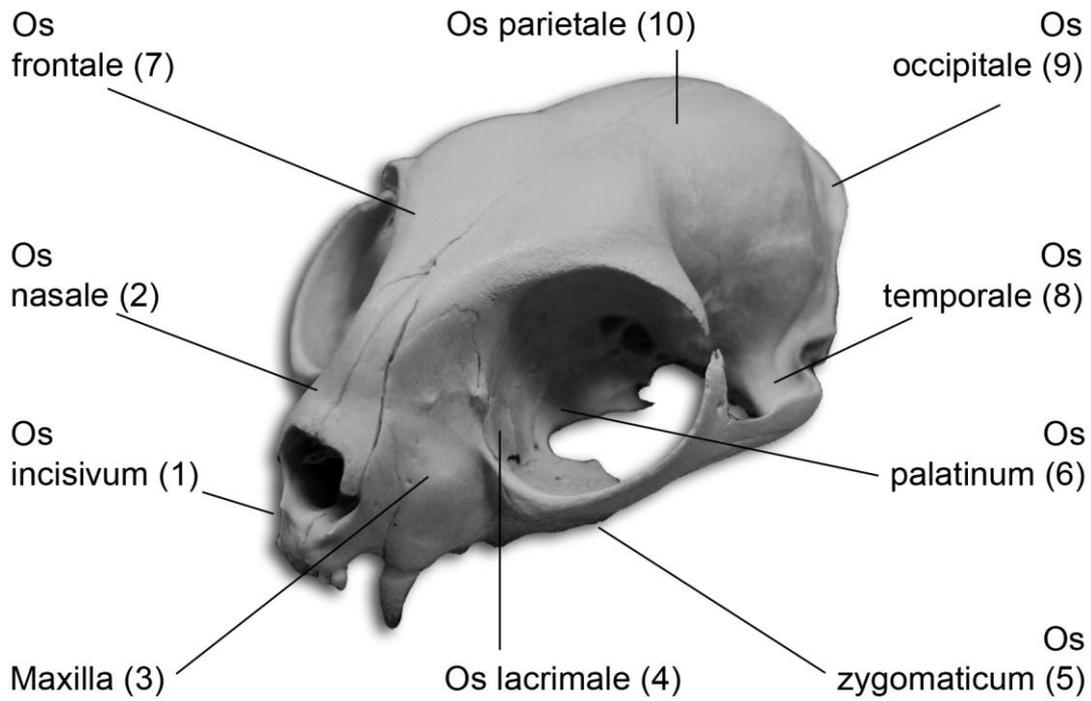


Abb. 1: Schädel einer Katze, Ansicht von kranio-lateral. Gekennzeichnet sind Knochen des Gesichts- (1-6) und Hirnschädels (7-10).

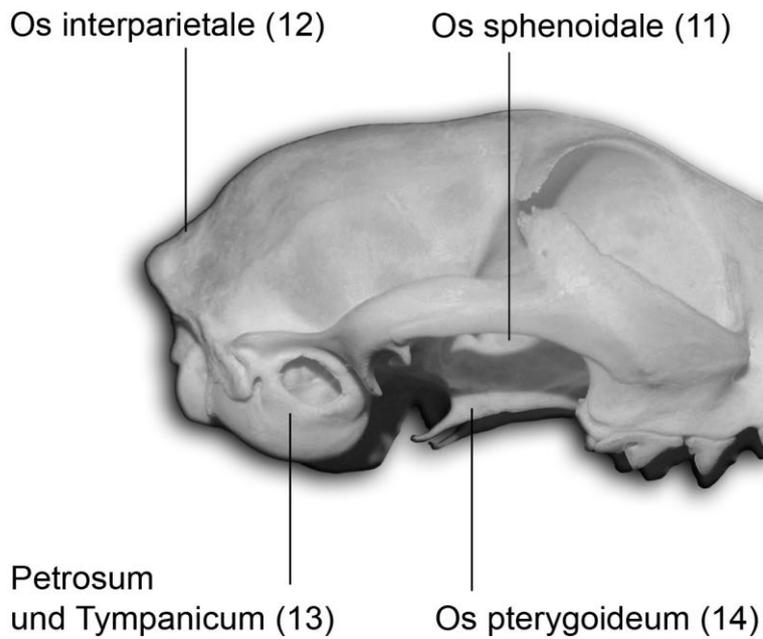


Abb. 2: Schädel einer Katze, Ansicht von ventro-lateral. Gekennzeichnet sind Knochen des Hirnschädels (11-14).

2.1.4 Die knöcherne Augenhöhle, Orbita

Die Orbita (knöcherne Augenhöhle) wird sowohl von den Knochen des Gesichts- als auch des Hirnschädels gebildet und beherbergt das Auge mit dem Augapfel und seiner Nebenorgane (NICKEL et al., 2004).

Die Ossa lacrimale, zygomaticum und frontale bilden den Aditus orbitae (Augenhöhlzugang) (Abb. 3). Dieser ist beim Fleischfresser nicht rundum knöchern begrenzt, sondern wird dorsolateral durch das Ligamentum orbitale begrenzt. Die mediale Wand der Orbita wird von den Ossa frontale, lacrimale, präsphenoideale und der Lamina perpendicularis (Perpendikularplatte) des Os palatinum gebildet (NICKEL et al., 2004; EVANS, 2003) (Abb. 3).

An der Bildung des Margo infraorbitalis (unterer Augenhöhlenrand) ist bei der Katze das Os zygomaticum und die Maxilla beteiligt (MARTIN, 2005). Das Ligamentum orbitale, das bei der Katze häufig verknöchert, formt den Margo supraorbitalis (oberer Augenhöhlenrand) (NICKEL et al., 2004).

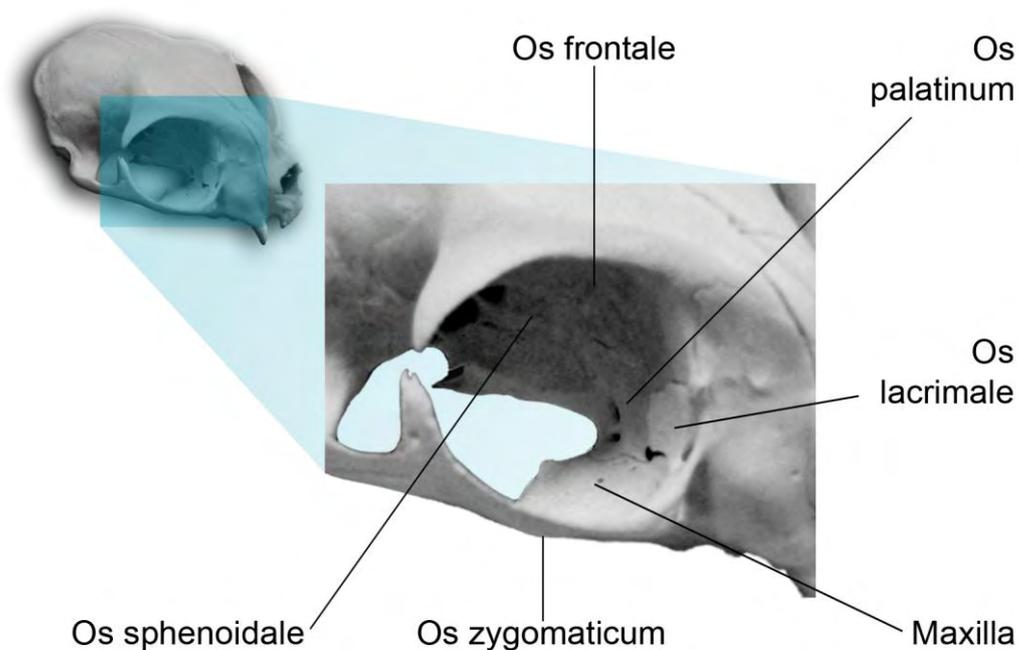


Abb. 3: Schädel einer Katze, Ansicht von kranio-lateral. Detaillierte Darstellung der rechten knöchernen Orbita.

2.1.5 Die Schädelbasis, Basis cranii externa

Die Basis cranii (Schädelbasis) wird kaudal von dem Foramen magnum (Hinterhauptsloch) und kranial von dem kaudalen Ende des Vomer, den Alae vomeris (Seitenplatten) begrenzt (Abb. 4). Die Schädelbasis setzt sich aus den basalen Anteile der Condyli occipitales (Gelenkknorren) und der Pars basilaris des Os occipitale, dem Körper des Basi- und des Präsphenoide (hintere- und vordere Keilbein) sowie den Alae ossis basisphenoidalis (Flügel des hinteren Keilbein) und den Processus ptergoidei (Flügelfortsätze) des Basisphenoid zusammen. Auf beiden Seiten verbindet sich die Pars petrosa mit der Pars basilaris des Os occipitale. Rostral von jedem Condylus occipitalis ragt der Processus paracondylaris (Muskelansatz) hervor (NICKEL et al., 2004; EVANS, 2003).

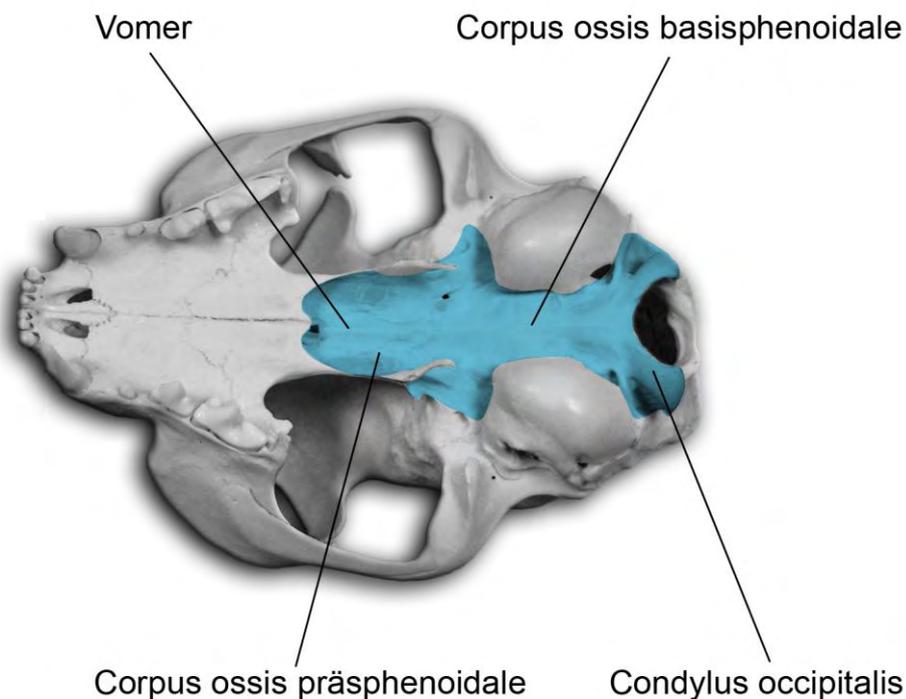


Abb. 4: Schädel einer Katze, Ansicht von basal. Die Schädelbasis ist farbig dargestellt.

2.1.6 Das Kiefergelenk, *Articulatio temporomandibularis*

Das Kiefergelenk bildet mit seinen inkongruenten Gelenkflächen ein Walzengelenk. Die beim Fleischfresser nur geringgradig ausgebildete Asymmetrie wird durch den faserknorpeligen *Discus articularis* ausgeglichen. Das *Caput mandibulae* (Gelenkwalze) des *Processus condylaris* bildet die Gelenkerhöhung. Die Gelenkvertiefung wird von der quergestellten Gelenkfläche des *Os temporale*, die sich in das *Tuberculum articulare* (Gelenkwalze), die *Fossa mandibularis* (Gelenkgrube) mit ihrer *Facies articularis* sowie den *Processus retroarticularis* unterteilen lässt (NICKEL et al., 2004; EVANS, 2003).

2.2 Das Schädel-Hirn-Trauma

2.2.1 Definition

Unter dem Sammelbegriff Schädel-Hirn-Trauma (SHT) werden Verletzungen des Hirnschädels, der Hirnsubstanz, der Hirnhäute, der intrakraniellen Nerven und der Hirngefäße zusammengefasst (SCHWENZER und EHRENFELD, 2002). Durch äußere Gewalteinwirkung kommt es zu einer gedeckten oder offenen Verletzung des Kopfes und/oder des Gehirns mit primärer und sekundärer Verletzungsfolge (MEIXENSBERGER, 1999). Ein offenes SHT besteht, wenn die Dura mater eröffnet ist (KUNZE, 1992). Tabelle 1 zeigt die übliche Einteilung der Schädel-Hirn-Traumata.

Tabelle 1: Klassifikation der Schädel-Hirn-Traumata (SCHWENZER und EHRENFELD, 2002).

Schädeltrauma	Hirntrauma
<ul style="list-style-type: none"> - Schädelprellung (Abrasionsverletzung, Platzwunde der Kopfschwarte, Hämatom) - Kalottenfraktur (offen, gedeckt) - Schädelbasisfraktur (offen, gedeckt) 	<ul style="list-style-type: none"> - Commotio cerebri - Contusio cerebri - Compressio cerebri

2.2.2 Pathophysiologie

Aufgrund der Vielzahl externer und interner Faktoren, die letztlich das Ausmaß der Hirnschädigung und die dabei auftretenden Regulationsstörungen bestimmen, handelt es sich bei einem SHT um eine komplizierte Situation. Dies bezieht komplexe Regulationsstörungen und Beeinträchtigungen der Vitalwerte mit ein (KUNZE, 1992). Pathophysiologisch unterscheidet man primäre und sekundäre Schädigungen des Gehirns (KROPPESTEDT, 2003; ODER, 2004; DEWEY, 2005; PLATT, 2005).

Diese Unterscheidung hat große klinische Bedeutung, weil das übergeordnete therapeutische Konzept beim SHT darin besteht, sekundäre Schädigungen des Gehirns zu verhindern (LECOUTEUR, 2002; KROPPESTEDT, 2003; ODER, 2004; DEWEY, 2005; MATHEWS, 2005; PLATT, 2005; BALESTRERI et al., 2006; BOCHICCIO et al. 2006).

Der primäre Hirnschaden entsteht im Augenblick des Traumas (WIESMANN und BRÜCKMANN, 1998; ODER, 2004). Dazu gehören der hämorrhagische Kontusionsherd, mechanische Schäden der Nervenfasern („diffuse axonal injury“) und Gefäßläsionen (WIESMANN und BRÜCKMANN, 1998; KROPPESTEDT, 2003; ZWECKBERGER et al., 2008). Definitionsgemäß ist der primäre Hirnschaden keiner Therapie zugänglich (ZWECKBERGER et al., 2008).

Verursacht durch extra- oder intrakranielle Ursachen, entwickelt sich der sekundäre Hirnschaden erst innerhalb von Minuten bis Wochen nach dem Trauma (KROPPESTEDT, 2003; ODER, 2004; MORGANTI-KOSSMANN et al., 2007; ZWECKBERGER et al., 2008). Zu den extrakraniellen Ursachen gehören vor allem die globale und zentrale Hypoxie aufgrund einer respiratorischen Insuffizienz, und die arterielle Hypotension bei polytraumatisierten Patienten im Schockzustand (MILLER und BECKER, 1982; PLATT, 2005; MORGANTI-KOSSMANN et al., 2007). Beide extrakraniellen Ursachen können eine zerebrale Minderperfusion nach sich ziehen (KROPPESTEDT, 2003). Ebenfalls möglich ist die Entwicklung eines Sekundärschadens ausgehend von der primären Läsion (KROPPESTEDT, 2003).

Beim zerebralen Sekundärschaden intrakranieller Ursache sind insbesondere das Hirnödem und die intrakraniellen Blutungen als unmittelbare Folge von Gefäßzerreißen von Bedeutung (KROPPESTEDT, 2003). Traumatisch bedingte intrakranielle Blutungen lassen sich in extradurale, sogenannte epidurale Blutungen, und intradurale Blutungen unterteilen (KROPPESTEDT, 2003; ZWECKBERGER et al., 2008). Zu letzteren gehören das subdurale, intrazerebrale und das subarachnoidale Hämatom. Die intrazerebralen Hämatoome umfassen sowohl echte Hämatoome als auch hämorrhagisch infarzierte Kontusionsherde (KROPPESTEDT, 2003). Sowohl das Hirnödem also auch die intrakranielle Blutung stellen Raumforderungen dar, die zum Anstieg des intrakraniellen Druckes (ICP) mit der Folge einer sekundären zerebralen Ischämie führen können (KROPPESTEDT, 2003; ZWECKBERGER et al., 2008).

Auch wenn die zugrunde liegenden Mechanismen nicht genau bekannt sind, spielen für die Entstehung des sekundären Hirnschadens auch Trauma induzierte neurochemische Veränderungen und Pathologien in der Neurotransmission eine nicht zu unterschätzende Rolle. Dazu gehören Veränderungen in der Freisetzung und Aufnahme von Neurotransmittern oder pathophysiologische Vorgänge in der prä- und postsynaptischen Rezeptorbindung (KROPPESTEDT, 2003). Diese neurochemischen Abweichungen im Gehirn führen unter anderem durch direkte Gefäßmodulation zu einer Störung der Ionenhomöostase mit Zellschwellung und zu einer Verminderung des zerebralen Blutflusses (CBF) (KROPPESTEDT, 2003).

2.2.3 Intrakranieller Druck und zerebraler Perfusionsdruck

Der Druck, den der Schädelinhalt auf die harte Hirnhaut ausübt, wird als intrakranieller Druck (ICP) bezeichnet (SCHÜRER et al., 2006). Seine Bedeutung ergibt sich aus der nur geringen Komprimierbarkeit der drei intrakraniellen Kompartimente: Gehirn (80-83%), Liquor (5-15% abhängig von Alter/Atrophie) und Blut (Volumen bei Vasokonstriktion 3%, bei Vasodilatation 11%), die von der starren Schädelkapsel umgeben sind (SCHÜRER et al., 2006). Basierend auf der Tatsache, dass es sich bei der Schädelhöhle um einen starren Hohlraum mit einem definierten Volumen („rigid box“) handelt, formulierte der schottische Anatom Alexander Monroe (1773-1859) bereits im 19. Jahrhundert die Monroe-Kellie-Doktrin. Diese besagt, dass der intrakranielle Druck nur dann konstant bleibt, wenn sich die Summe der drei Komponenten: (kompressibles) Gehirngewebe, Blut und Liquor nicht verändert (SCHÜRER et al., 2006). Eine Erhöhung des Volumens eines der Kompartimente muss durch die Reduzierung des Volumens eines der anderen Kompartimente ausgeglichen werden, ansonsten kommt es zum Anstieg des intrakraniellen Druckes. Die Zunahme des intrakraniellen Druckes führt zu einer Minderdurchblutung des Gehirns und kann schwerwiegende Folgen für die Gehirnfunktion haben (FLEGEL et al., 2002; KROPPESTEDT, 2003).

Die Schädelkapsel ist kein geschlossenes System: die Liquorräume kommunizieren indirekt, das intrakranielle Blutvolumen direkt mit den extrakraniellen Räumen (SCHÜRER et al., 2006). Dadurch ist es möglich, dass eine intrakranielle Raumforderung (z.B. Blutung) zunächst durch Liquorverschiebung in den Subduralraum des Rückenmarkes, Verringerung der Produktion und Erhöhung der

Rückresorption von Gehirnflüssigkeit, sowie Verringerung des venösen Rückflusses vom Gehirn ausgeglichen werden kann (kompensierte Phase) (FLEGEL et al., 2002; SCHÜRER et al., 2006). Dabei sind die Mechanismen, die das Liquorvolumen beeinflussen, am effektivsten (BAGLEY, 2000). Wenn diese Kompensationsmechanismen aufgebraucht sind, führt jede weitere Volumenzunahme zum exponentiellen Anstieg des ICP (Dekompensation) (SCHÜRER et al., 2006).

Das Gehirn kann mit einem Starling-Resistor verglichen werden. Im Zusammenwirken mit dem mittleren arteriellen Blutdruck (MAP) determiniert es den zerebralen Perfusionsdruck (CPP):

CPP = MAP - ICP (KROPPESTEDT, 2003; SCHÜRER et al., 2006).

Der CPP ist die entscheidende Größe für die lokale Perfusion des Gehirngewebes (RUCHHOLTZ und NAST-KOLB, 2003). Wenn der intrakranielle Druck steigt, verringert sich konsekutiv der Perfusionsdruck des Gehirns. Um auch unter diesen Umständen eine physiologische Gehirndurchblutung aufrecht zu erhalten, erhöht sich kompensatorisch der arterielle Blutdruck. Barorezeptoren registrieren die Blutdruckerhöhung, eine sekundäre Reduzierung der Herzfrequenz ist die Folge. Dieser Vorgang wird seit 1902 nach dem amerikanischen Neurochirurgen Harvey Cushing als „Cushing-Reflex“ bezeichnet (CUSHING, 1902).

2.3 Glasgow Coma Score

2.3.1 Humanmedizin

Der Mangel an einheitlichen Richtlinien und Bewertungskriterien zur Beschreibung von Patienten mit verschiedenen Stadien von Bewusstseinsstörungen, veranlasst Teasdale und Jennett von der Glasgow University, Department of Neurosurgery Institute of Neurologic Science, 1974 das Glasgow Coma Score (GCS) vor zu stellen (HEIM et al., 2004). Das Ziel der Autoren ist es, eine in der Praxis leicht durchführbare Bewertungsskala zu präsentieren, die ohne aufwendiges Training angewendet werden kann und deren Anwendung zu einer Verringerung von Missverständnissen bei der Informationsübermittlung zwischen Ärzten und Pflegepersonal führt. Zudem soll das GCS die vergleichende Beurteilung bewusstseinsgetrübter Patienten ermöglichen (HEIM et al., 2004).

Bereits vor 1974 gibt es Versuche, komatöse Zustände in verschiedene Gruppen einzuteilen. Die Beurteilungskriterien früherer Komaskalen, beruhen auf den Aspekten des Erwachens, der Beurteilung höherer kortikaler Funktionen sowie dem Ausmaß und der Qualität der motorischen Aktivität. Diese Punkte können nach Ansicht von Jennett und Teasdale durch die folgenden 3 Komponenten evaluiert werden:

1. die Intensität des Stimulus, der zum Öffnen der Augen führt
2. die Kohärenz der verbalen Antwort sowie
3. die motorische Antwort auf unterschiedliche Stimuli (HEIM et al., 2004).

Zunächst besteht die Urversion 1974 aus einer rein deskriptiven Skala, der noch keine Punktezahlen zugeordnet sind. Erst 2 Jahre später führen die Autoren die Punktezuteilung mit der noch heute unverändert gültigen Version ein (Tab. 2). Die minimale Punkteanzahl ist 3, das Punktemaximum ist 15 (JENNETT und TEASDALE, 1977). Durch die 3 Komponenten des GCS werden sowohl Antworten aus dem Hirnstamm als auch aus der Hirnrinde überprüft. Das Öffnen der Augen ist Ausdruck einer Reaktion des Hirnstammes, die verbale Antwort ist Ausdruck einer Integration des Hirnstammes und den höheren gelegenen kortikalen Zentren. Die Integrität des Bewegungssystems, welches sich von der Hirnrinde bis in das spinale System erstreckt, wird durch die motorische Antwort beurteilt (HEIM et al., 2004).

In Abhängigkeit des initialen GCS hat sich international die Klassifizierung des Schädel-Hirn-Trauma Patienten in 3 Kategorien durchgesetzt: leichtes SHT (GCS 13-15), mittelschweres SHT (GCS 9-12) und schweres SHT (GCS 3-8) (JENNETT und TEASDALE, 1977; ZWECKBERGER et al., 2008). Basierend auf dieser Einteilung lassen sich die Mortalität und weniger linear auch die Prognose abschätzen. Sie bildet die Grundlage für das weitere diagnostische Vorgehen (HEIM et al., 2004).

Dem Vorteil der Einfachheit und nahezu universellen Verbreitung der GCS steht die Tatsache gegenüber, dass es sich um eine relativ grobe Skalierung handelt. Subtile Unterschiede zwischen den Patienten einerseits und im individuellen Verlauf andererseits können anhand von nur drei Parametern nicht erfasst werden (ODER, 2004). Auch ersetzt die Anwendung klinischer Skalen eine ausführliche neurologische Befunderhebung nicht und darf auch nicht mit dieser verwechselt werden (KUNZE, 1992).

Tabelle 2: Glasgow Coma Score nach JENNETT und TEASDALE (1977).

Augenöffnung	Spontan	4
	Auf Ansprechen	3
	Auf Schmerz	2
	Keine Antwort	1
Motorische Antwort	Gezielt auf Aufforderung	6
	Gezielt auf Schmerz	5
	Ungezielte Abwehr auf Schmerz	4
	Beugesynergismen (Dekortikationshaltung)	3
	Strecksynergismus (Dezerebrationshaltung)	2
	Keine Antwort	1
Verbale Leistung	Orientiert	5
	Verwirrt	4
	Inadäquat/Wortsalat	3
	Unverständliche Laute	2
	Keine Antwort	1

2.3.2 Veterinärmedizin: Modifizierter Glasgow Coma Score

In Anlehnung an das in der Humanmedizin verwendete GCS hat Shores in den 80er Jahren des letzten Jahrhunderts ein modifiziertes Glasgow Coma Score (MGCS) zur Klassifizierung von veterinärmedizinischen SHT-Patienten publiziert (SHORES, 1989) (Tab. 3). Anhand dieser Checkliste kann der initiale neurologische Status betroffener Tiere ermittelt, die neurologische Entwicklung kontrolliert und der neurologische Status reevaluiert werden (PLATT et al., 2001). Das MGCS ermöglicht zusätzlich eine Abschätzung der Prognose und liefert dadurch wertvolle Informationen für den behandelnden Tierarzt und den Besitzer (SHORES, 1989). Die in der Humanmedizin zu überprüfende verbale Leistung und das Augenöffnen werden in der Veterinärmedizin durch die direkte Beurteilung des Bewusstseinsstatus und durch die Überprüfung der Hirnstammreflexe ersetzt (SHORES, 1989) (Tab. 3). Das Bewusstsein eines Tieres kann unauffällig, vermindert, stuporös bis komatös sein. Komatöse Patienten weisen normalerweise bilateral, oder global zerebrale Abnormalitäten oder Verletzungen des Hirnstammes auf. Die Überprüfung und Beurteilung der Hirnstammreflexe erfolgt durch eine neuro-ophthalmologische Untersuchung. Diese beinhaltet die Beurteilung der Pupillen hinsichtlich ihrer Symmetrie und ihrer Weite, und die Bewertung des Pupillarreflexes. Prompt auf eine Lichtquelle reagierende Pupillen, implizieren eine adäquate Funktion des rostralen Hirnstammes, Chiasma opticum, Nervus opticus und der Retina (PLATT, 2005). Dies gilt auch für miotische Pupillen. Die Skala des MGCS reicht von minimal 3 bis maximal 18 Punkten, den einzelnen Untersuchungsabschnitten werden dabei jeweils 1-6 Punkte zugeordnet.

PLATT et al. (2001) gelingt in einer Studie mit 38 Hunden der Nachweis, dass 50% der Patienten mit einer Punkteanzahl kleiner oder gleich 8 innerhalb von 48 Stunden versterben. Je höher die Punkteanzahl, desto besser ist die Prognose für den Patienten. Tabelle 3 führt das Schema des MGCS nach SHORES (1989) auf.

Tabelle 3: Modifizierter Glasgow Coma Score (MGCS) nach SHORES (1989).

Bewusstsein	Normaler Kontakt zur Umgebung	6
	Depression oder Delirium; Patient eingeschränkt ansprechbar; ausgeprägte Schlafneigung	5
	Semikomatös; visuell reizbar	4
	Semikomatös; akustisch reizbar	3
	Semikomatös; Reaktion nur auf wiederholte Schmerzreize	2
	Komatös; keine Reaktion auf schmerzhafte Stimuli	1
	Motorische Aktivität	Normale Haltung; normale spinalen Reflexe
Hemiparese; Tetraparese oder Dezerebrationsstarre		5
Seitenlage; intermittierende Strecksynergien		4
Seitenlage; persistierende Strecksynergien		3
Seitenlage; permanente Streckstarre mit Opisthotonus		2
Seitenlage; Muskelhypotonie; verminderte oder abwesende spinalen Reflexe		1
Hirnstammreflexe		Normale Pupillenreaktion; normale okulozephale Reflexe
	Verminderter Pupillenreaktion; normale bis reduzierte okulozephale Reflexe	5
	Bilateral nichtreaktive Miosis; normale bis reduzierte okulozephale Reflexe	4
	Punktförmige Pupillen; verminderte bis abwesende okulozephale Reflexe	3
	Unilateral nicht reaktive Mydriasis; reduzierte bis abwesende okulozephale Reflexe	2
	Bilateral nicht reaktive Mydriasis; reduzierte bis abwesende okulozephale Reflexen	1

2.4 Bildgebende Verfahren

2.4.1 Humanmedizin

Ziel der Akutdiagnostik ist die schnelle Darstellung intra- und extrakranieller Läsionen, die eine umgehende kausale Therapie erfordern (WIESMANN und BRÜCKMANN, 1998; BEŠENSKI, 2002; STRUFFERT et al., 2003; ODER, 2004). In erster Linie zählen dazu epi- und subdurale Hämatoome sowie ausgeprägte Impressionsfrakturen (WIESMANN und BRÜCKMANN, 1998; STRUFFERT et al., 2003; ODER, 2004).

2.4.1.1 Computertomographie

Die Computertomographie (CT) ist in der Humanmedizin die Standardmethode der Neurotraumatologie zur Untersuchung von SHT-Patienten in der Akutphase (BEŠENSKI, 2002; STRUFFERT et al., 2003; ODER, 2004). Ihre Vorteile liegen in der schnellen Verfügbarkeit, der kurzen Aufnahmezeit und der hohen Sensitivität bei intrakraniellen Blutungen (BEŠENSKI, 2002; STRUFFERT et al., 2003; ODER, 2004). Sie ermöglicht die exakte präoperative konzeptionelle Einschätzung und erleichtert die Wahl des operativen Zugangs. Ohne Umlagerung des Patienten ist bei entsprechender Indikation auch die Untersuchung des Thorax, des Abdomens, der Wirbelsäule und des kraniozervikalen Überganges möglich (STRUFFERT et al., 2003).

Die CT erweist sich der MRT als überlegen in der Darstellung subarachnoidaler Blutungen (BEŠENSKI, 2002), Frakturen und anderer pathologischer Skelettveränderungen, vor allem im Bereich der Schädelbasis und des Felsenbeines (GENTRY et al., 1988b; KELLY et al., 1988). Ebenso sind epidurale und subdurale Blutungen zuverlässig erkennbar (BEŠENSKI, 2002; STRUFFERT et al., 2003).

Rückschlüsse auf die intrakraniellen Druckverhältnisse (z.B. Verlagerung von Mittellinien-Strukturen bzw. Verkleinerung der äußeren Liquorräume) und die zerebrale Durchblutung sind möglich (ODER, 2004). Solche Befunde haben in der Akutphase des Traumas, als indirektes Maß der zerebralen Druckverhältnisse eine prognostische Relevanz (KRIER, 2000). Beim Menschen wird die CT zusätzlich im

Rahmen von Verlaufsuntersuchungen zur frühzeitigen Diagnostik möglicher Komplikationen des SHTs eingesetzt, die ebenfalls eine chirurgische Intervention erforderlich machen können (z.B. verzögerte intrakranielle Blutung, Hygrom, Hydrozephalus) (ODER, 2004).

Trotz ihrer unbestrittenen Überlegenheit in der Akutdiagnostik, sind einige für die Prognose des Patienten relevanten intrakraniellen Verletzungen computertomographisch nicht darstellbar (HESSELINK et al., 1988; WIESMANN und BRÜCKMANN, 1998; BEŠENSKI, 2002; ODER, 2004). Die Limitationen liegen primär in der Beurteilung minimaler Läsionen des Hirnparenchyms, insbesondere axonaler Scherverletzungen (diffuse axonal injury, DAI). Das seltene isodense Hämatom ist in der CT nicht darstellbar, Partialvolumeneffekte können zu einer erschwerten Beurteilung der direkt an den Knochen angrenzenden Bereiche führen (WIESMANN und BRÜCKMANN, 1998). Im Bereich der Frontobasis, infratemporal und in der hinteren Schädelgrube entgehen kleine extraaxiale Hämatome und Hirnkontusionen leicht der Diagnostik. Die Beurteilung des Hirnstammes wird zusätzlich durch Aufhärtungsartefakte erschwert (WIESMANN und BRÜCKMANN, 1998; BEŠENSKI, 2002; ODER, 2004). Die prognostische Wertigkeit der initialen CT wird außerdem durch zeitlich versetzt auftretende intrazerebrale Veränderungen gemindert (OERTEL et al., 2002). Eine höhere diagnostische Sicherheit kann bei auffälligen SHT-Patienten durch einen zweiten CT-Scan erzielt werden (OERTEL et al., 2002). Allerdings ist dies mit einer höheren Strahlenexposition verbunden (HOLMES et al., 1997). Eine prognostische Beurteilung der Verletzungsfolgen ist anhand der CT Bilder häufig nicht möglich (HESSELINK et al., 1988).

2.4.1.2 Magnetresonanztomographie

In der postprimären Versorgungsphase ist die Magnetresonanztomographie (MRT) das Verfahren der Wahl, wenn die neurologische Symptomatik kein bildmorphologisches Korrelat in der CT zeigt, oder bei einer verzögerten Aufwachphase (BEŠENSKI, 2002; RIEGER et al., 2002; STRUFFERT et al., 2003; ODER, 2004). Die MRT ist der CT durch ihren guten Weichteilkontrast bei der Darstellung pathologischer Veränderungen des Hirnparenchyms sowie kleinster Läsionen überlegen (GENTRY et al., 1988a; GENTRY et al., 1988b; GENTRY et al., 1988c; HESSELINK et al., 1988; KELLY et al., 1988; BEŠENSKI, 2002). Die multiplanare

Darstellung ermöglicht eine exakte anatomische Beurteilung des gesamten Gehirns und seiner Hüllen. Insbesondere diffusionsgewichtete FLAIR-Sequenzen erlauben einen hochsensitiven Nachweis selbst kleiner ödematöser oder zytotoxisch geschädigter Parenchymareale (BEŠENSKI, 2002; RIEGER et al., 2002). Traumatische Gefäßverletzungen können mit Hilfe der MR-Angiographie (MRA) zuverlässig dargestellt werden (WIESMANN und BRÜCKMANN, 1998). Das selten vorkommende, computertomographisch schwer zu diagnostizierende isodense extraaxiale Hämatom wird erfasst. Durch die Signalalteration bei unterschiedlichen Pulssequenzen wird eine genauere Unterscheidung der verschiedenen Stadien einer mehrzeitigen Blutung durch den Nachweis von Hämosiderin möglich (WIESMANN und BRÜCKMANN, 1998; WARDLAW und STATHAM, 2000). Die MRT ist zudem sensitiv im Nachweis kleiner kortikaler Kontusionsherde, primär im temporalen und zerebellären Bereich (HESSELINK et al., 1988; KELLY et al., 1988) und in der Darstellung der axonalen Scherverletzungen (MITTL et al., 1994; RIEGER et al., 2002), die in der CT nur indirekt aufgrund gleichzeitig auftretender petechialer Einblutungen vermutet werden können (WIESMANN und BRÜCKMANN, 1998; LIU et al., 1999; RIEGER et al., 2002; ODER, 2004). Scherverletzungen, Kontusionen, eine therapiebedingte pontine Myelinolyse oder andere Hirnstammläsionen sind am besten etwa 7 Tage nach dem Trauma nachweisbar (BEŠENSKI, 2002).

Die Identifikation intraparenchymaler Hirnverletzungen macht eine Prognosestellung möglich: So korreliert der Nachweis von tiefen Läsionen im Bereich der weißen Substanz, des Hirnstamms und des Balkens, sowohl mit der Tiefe und Dauer der Bewusstseinsstörung als auch mit dem Ausmaß der neuro-psychologischen Defizite und der globalen Behinderung nach 6 bzw. 11 Monaten (VAN ZOMEREN und VAN DEN BURG, 1985; LEVIN et al., 1988; GENTRY et al., 1988b; GENTRY et al., 1988c). Bei der Prognoseabschätzung von primär komatösen Patienten nach einem schweren SHT, ist die Wertigkeit der frühen zerebralen MRT beträchtlich. Bis zu 50% der Patienten mit einem schwerem SHT und initial tiefer Bewusstlosigkeit weisen prognostisch relevante Hirnstammläsionen auf (ODER, 2004).

Aufgrund der geringen Strahlenexposition wird die MRT zunehmend ebenfalls in der pädiatrischen Traumatologie angewendet (HÜPPI und AMATO, 2001).

Die Möglichkeit der Darstellung von zeitlich unterschiedlich auftretenden bzw. alten Blutungen und die hohe Sensitivität für Verletzungen des Hirnparenchyms machen

sie zum bevorzugten bildgebenden Verfahren bei gutachterlichen Fragestellungen (KUMAR et al., 2003).

Dennoch spielt die MRT in der Akutdiagnostik bis heute eine der CT untergeordnete Rolle: Der Nachweis von akuten Blutungen ist schwierig, Frakturen sind kaum zu erfassen, kleine intrakranielle Lufteinschlüsse können in der Akutphase schwer von Einblutungen unterschieden werden (WIESMANN und BRÜCKMANN, 1998; RIEGER et al., 2002; STRUFFERT et al., 2003). Beide stellen sich in der T2w hypointens dar (WIESMANN und BRÜCKMANN, 1998). Außerdem bedeutet die MRT-Untersuchung für den akut verletzten Patienten aufgrund des höheren Zeitaufwandes und der aufwendigeren Lagerung meist eine diagnostische Verzögerung. Das Management intubierter Patienten kann in diesem Zeitraum schwierig sein (WIESMANN und BRÜCKMANN, 1998; BEŠENSKI, 2002; STRUFFERT et al., 2003). Indiziert ist die MRT in der Akutphase nur dann, wenn zusätzlich ein spinales Trauma oder eine Gefäßdissektion vermutet werden (WIESMANN und BRÜCKMANN, 1998).

In der subakuten Phase ist die MRT jedoch das bildgebende Verfahren der ersten Wahl, sobald sich der neurologische Zustand des Patienten nicht mit den Veränderungen in der CT erklären lässt (BEŠENSKI, 2002; RIEGER et al., 2002; STRUFFERT et al., 2003; ODER, 2004).

2.4.1.3 Röntgen: Übersichtsaufnahmen des Schädels

Die Röntgennativdiagnostik ist bei SHT Patienten obsolet, da das Gehirn und folglich intrakranielle Veränderungen nicht darstellbar sind (BEŠENSKI, 2002; STRUFFERT et al., 2003). Eine Einschränkung der Aussagekraft erfährt das konventionelle Röntgen auch durch das Fehlen jeglicher dreidimensionaler Informationen.

Zudem korreliert das Auftreten von Schädelfrakturen nicht mit der Schwere der Gehirnverletzung (JEND und HELKENBERG, 1995; BEŠENSKI, 2002). 90% der Patienten mit einer Schädelfraktur haben keine intrakraniellen Verletzungen (MASTERS, 1980) und mehr als die Hälfte aller Patienten mit einer intrakraniellen Verletzung weisen keine Schädelfraktur auf (MASTERS, 1980; HAYDEL et al., 2000). Der Anteil therapiebedürftiger Schädelfrakturen (z.B. Impressionsfrakturen oder perforierende Verletzungen) beträgt nur etwa 0,5% (EYES und EVANS, 1978). Kontrovers wird die Frage diskutiert, ob eine Fraktur generell mit einem höheren

Risiko für intrakranielle Verletzungen einhergeht. In der Literatur finden sich hierfür widersprüchliche Daten, die einmal für (CHAN et al., 1990; MILLER et al., 1990), und einmal gegen ein erhöhtes Risiko sprechen (JEND und HELKENBERG, 1995). Eine Ausnahme bilden nicht dislozierte lineare Schädelfrakturen, die in der CT aufgrund von Partialvolumeneffekten unsichtbar bleiben, sobald die Fraktur parallel zur Ebene der CT-Schicht verläuft (WIESMANN und BRÜCKMANN, 1998). Allerdings hat der Nachweis einer solchen Fraktur keine therapeutischen Konsequenzen (WIESMANN und BRÜCKMANN, 1998). Allgemein werden intrakranielle Lufteinschlüsse immer als ein indirektes Frakturzeichen gewertet (STRUFFERT et al., 2003).

2.4.1.4 Indikationen zur Computertomographie beim Schädel-Hirn-Trauma

Gegenstand kontroverser Diskussionen ist weniger die Methode der Bildgebung als vielmehr die Frage nach dem optimalen diagnostischen Vorgehen, insbesondere bei der Patientengruppe mit einem leichten SHT („Minor Head Injuries“) (BORCZUK, 1995; WIESMANN und BRÜCKMANN, 1998; HAYDEL et al., 2000; STIELL et al., 2001a; STIELL et al., 2001 b; RIEGER et al., 2002; BORG et al., 2004; SMITS et al., 2007). 5% der Patienten mit leichtem SHT und einem GCS von 15, und 30% mit einem GCS von 13 haben in der CT sichtbare intrakranielle Veränderungen (BORG et al., 2004). Interventionspflichtige intrakranielle Verletzungen kommen bei ca. 1% aller Patienten innerhalb dieser Gruppe vor (BORG et al., 2004). In der Literatur gibt es verschiedene Ansätze spezifische Indikationskriterien zu definieren, um eine Selektion der CT-pflichtigen Patienten vornehmen zu können und nicht alle Patienten mit einem leichten SHT der Strahlenexposition aussetzen zu müssen. Nicht zuletzt spielen auch die mit einem CT einhergehenden Kosten eine nicht unerhebliche Rolle (HAYDEL et al., 2000; STIELL et al., 2001a). Tabelle 4 ist eine Zusammenfassung der verschiedenen Modelle und stellt verschiedene Kriterien für die Durchführung einer CT dar.

Tabelle 4: CT-Indikationen bei Patienten mit einer geringgradigen Verletzung des Schädels.

Autor	CT-Indikationen
STEIN und ROSS, 1992	Bewusstlosigkeit und/oder Amnesie
BORCZUK, 1995	Fahrradfahrer oder Fußgänger nach Trauma, vorhandene Weichteilverletzungen, fokalneurologische Defizite, Frakturzeichen oder Alter < 60 Jahre
KELLY et al., 1996	GCS < 15, Bewusstlosigkeit, Amnesie, fokalneurologische Defizite oder Frakturzeichen
MILLER et al., 1997	GCS < 15, oder bei Bewusstlosigkeit und: Kopfschmerz, Übelkeit oder Impressionsfraktur
MURSHID, 1998	GCS < 15, Kopfschmerz, Erbrechen, neurologische Defizite oder kraniale Frakturzeichen
ROMNER et al., 2000	Bewusstlosigkeit (unabhängig vom GCS)
HAYDEL et al., 2000	Kopfschmerz, Erbrechen, Alkoholintoxikation, peritraumatische Amnesie, supraklavikuläre Traumen, Epilepsie oder Alter > 60 Jahre
SERVADEI et al., 2001	GCS < 14 oder Alter < 10 Jahre
STIELL et al., 2001a	5 hochgradige Risikofaktoren: GCS von 15 nicht innerhalb von 2 Stunden erreicht, offene Schädelfraktur, Anzeichen einer Schädel-Basis-Fraktur, > 2 maliges Erbrechen, 65 Jahre, 2 mittelgradige Risikofaktoren: Amnesie 30 min, gefährliche Verletzungen

In der Humanmedizin führt die Anzahl der verschiedenen Modelle insgesamt zu einer Uneinigkeit sowohl in der Definition eines „Minor Head Injuries“ als auch der CT Indikationen. Daraus resultiert die große Variabilität in der Anwendung der CT in den

verschiedenen Ländern und dort auch innerhalb der verschiedenen Kliniken (BELLENER et al., 1999; GEIJERSTAM et al., 2000; BRELL und IBANEZ, 2001).

2.4.2 Veterinärmedizin

2.4.2.1 Computertomographie

Ende der siebziger Jahre sind erstmals experimentelle computertomographische Untersuchungen an Tieren durchgeführt worden (BERNINGER et al., 1979; BRENNAN et al., 1979; GOLD et al., 1979; MOSS et al., 1979; GARDEUR et al., 1980). Die ersten klinischen Erfahrungen mit der CT werden im Laufe der 80er Jahre mit Hunden, die Tumoren oder Erkrankungen des zentralen Nervensystems aufweisen, gesammelt (FIKE et al., 1981b; LECOUTEUR et al., 1981; FIKE et al., 1986). Untersuchungen über das physiologische Erscheinungsbild (JEFFERY et al., 1992; DE RYCKE et al., 2005) und der pathologischen Veränderungen des Schädels und des Gehirns folgen (FIKE et al., 1986; TIPOLD und TIPOLD, 1991; TIDWELL et al., 1994a; TIDWELL et al., 1994b; MOROZUMI et al., 1997; KRAFT und GAVIN, 1999; THOMAS, 1999; FUCHS et al., 2003; GANDINI et al., 2003; FLETCHER et al., 2006).

Die CT ist auch in der Veterinärmedizin die sicherste Methode zur Darstellung von Schädelverletzungen (BECK et al., 2000; HEMPEL und POPP, 2000; BAR-AM et al., 2008). Die Möglichkeit der exakten Abbildung, selbst komplexer Frakturen des Schädels bei Hund und Katze (BECK et al., 2000; HEMPEL und POPP, 2000; BAR-AM et al., 2008), die Darstellung von kraniofazialen Weichteilverletzungen und intrakraniellen Veränderungen (Blutungen und Ödeme), machen die CT zum bildgebenden Verfahren der ersten Wahl bei SHT Patienten (DEWEY, 2000; PLATT et al., 2002) (Abb. 5A).

Im Unterschied zur Humanmedizin muss die Untersuchung bei Hund und Katze in Vollnarkose durchgeführt werden, da die Tiere absolut ruhig liegen müssen. Bewegungsartefakte stören die Bildqualität erheblich und führen zu Fehlinterpretationen (TIPOLD und TIPOLD, 1991). Durch die Anfertigung von Transversalschnitten ist die überlagerungsfreie Darstellung aller Knochenstrukturen des Schädels möglich (BECK et al., 2000; BAR-AM et al., 2008). Die durch das konventionelle Röntgen schwer zu diagnostizierenden Kiefergelenksverletzungen-

insbesondere die Kiefergelenksfrakturen bei der Katze- können in der CT detailliert und überlagerungsfrei abgebildet werden (KNÖDLER, 1999). Die Hypothese, dass sowohl die physiologischen als auch die traumatisch veränderten Strukturen des Schädels exakter und sicherer in der CT darstellbar sind, belegen BAR-AM et al. (2008) in ihren Untersuchungen. Während von den 26 definierten anatomischen Strukturen am Schädel von Hund und Katze 24 (92%) in der CT, ohne den Einsatz der multiplanaren Rekonstruktion problemlos identifiziert werden können, ist dies bei nur 11 (42%) Strukturen im Röntgen sicher möglich.

Die CT erlaubt außerdem die Darstellung von Veränderungen innerhalb der Schädelkalotte und stellt eine sehr gute nicht invasive Technik zur Untersuchung des Gehirns bei Hund und Katze dar (HOPKINS und WHEELER, 1991; FORTERRE, 1996; TUCKER und GAVIN, 1996). Entsprechend der Humanmedizin können auch beim Kleintier intrakranielle Ödeme, sowie intra- und extrakranielle Blutungen computertomographisch diagnostiziert werden (TIPOLD und TIPOLD, 1991; PLATT et al. 2002).

Größer angelegte Studien, wann welches bildgebende Verfahren bei Tieren mit einem SHT eingesetzt werden sollte, gibt es in der Veterinärmedizin bisher nicht (PLATT et al., 2002). Empfehlungen zur Anwendung der CT und der MRT werden bis heute aus der Humanmedizin übernommen. Im Unterschied zur Veterinärmedizin gibt es in der Humanmedizin spezielle „Leitlinien der Bundesärztekammer zur Qualitätssicherung in der Computertomographie“, die genaue technische Details für die praktische Umsetzung einer computertomographischen Untersuchung, basierend auf speziellen Fragestellungen, enthalten und die standardisierte und optimale Untersuchung des Patienten gewährleisten. In Anlehnung an den in der Humanmedizin kontrovers diskutierten Einsatz der CT haben PLATT et al. (2002) die Notwendigkeit des Einsatzes der CT in der Veterinärmedizin an 10 Hunden mit einem geringgradigen SHT (MGCS von 15-18) untersucht. Bei 9 Patienten sind extra- und/oder intrakranielle Veränderungen mit Hilfe der CT darstellbar. 8 von 9 Hunde (89%) weisen Schädelfrakturen, 4 Patienten (44%) einen Hydrozephalus, 3 Patienten (33%) parenchymale Verletzungen und 1 Hund (10%) eine epidurale Blutung auf. Ein weiterer Patient zeigt (10%) einen Masseneffekt.

Basierend auf diesen Ergebnissen, empfehlen PLATT et al. (2002) prinzipiell bei jedem Hund mit einem Schädeltrauma eine computertomographische Untersuchung des Kopfes durchzuführen. Dies gilt auch für Patienten mit nur geringgradig ausgeprägten neurologischen Störungen.



Abb. 5A: Computertomographie eines 3 Monate alten Australian Shepherd mit schwerem SHT. Beispiel einer periventrikulären und frontolobären Kontusion mit einem Midline shift nach links und Verdacht auf Einblutung in den rechten Seitenventrikel. Dorsale Schnittführung auf Höhe der Seitenventrikel, Weichteilfenster: Hypointenses, rundliches, nach rostral relativ gut begrenztes Areal (weiße Pfeile) rechts frontotemporal mit Verlust der rostrolateralen Ventrikelgrenze, multifokal verteilte hypointense Areale rechts temporal.

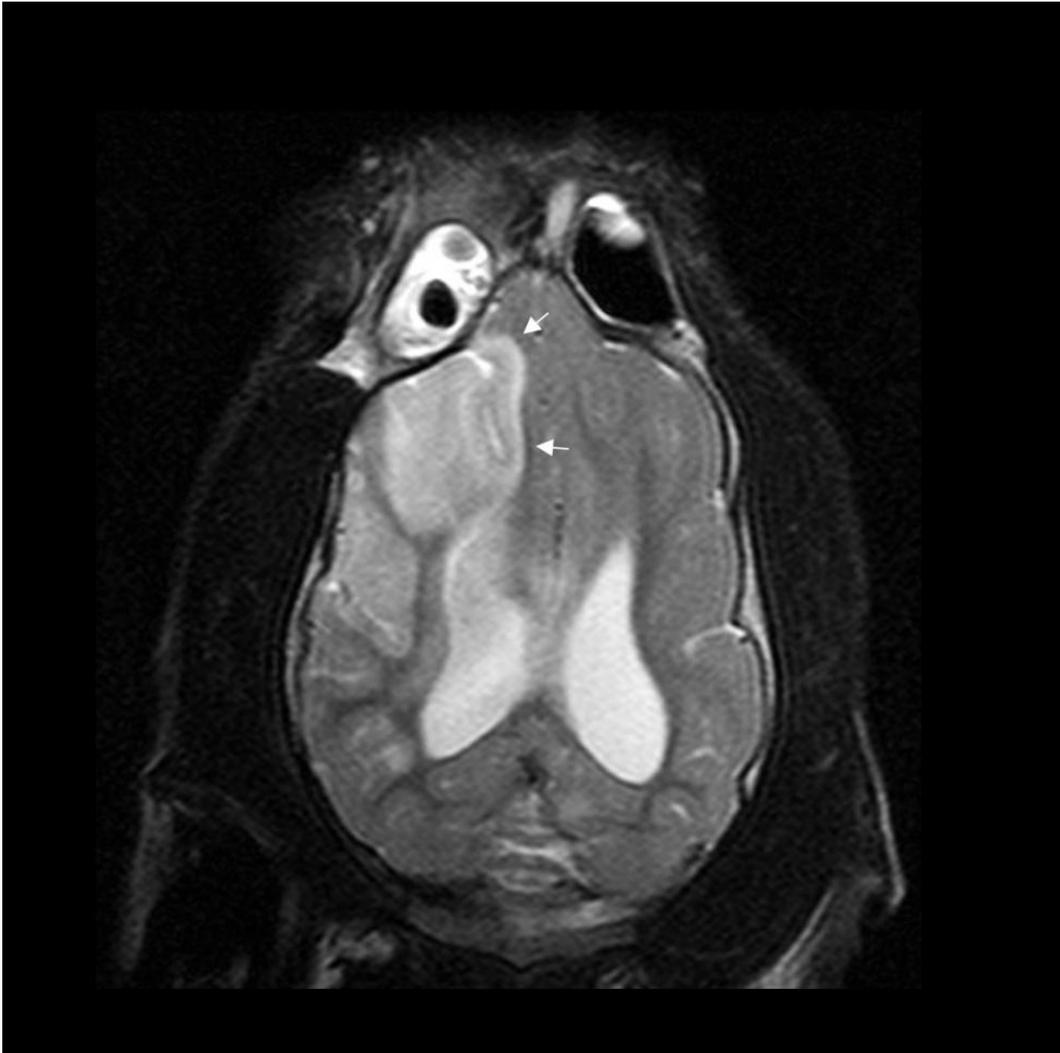


Abb. 5B: Magnetresonanztomographie eines 3 Monate alten Australian Shepherd mit schwerem SHT. Beispiel einer periventrikulären und frontolobären Kontusion mit einem Midline shift nach links und Verdacht auf Einblutung in den rechten Seitenventrikel. Dorsale Schnittführung auf Höhe der Seitenventrikel, T2w: im Vergleich zum computertomographischen Bild (Abb. 5A) deutlich detailliertere Darstellung der intrakraniellen Veränderungen: teilweise inhomogenes, hyperintenses Areal rechts frontotemporal (weiße Pfeile), geringgradig inhomogenes, hyperintenses Areal rechts temporal, verminderte Signalintensität des Liquor cerebrospinalis im rechten Seitenventrikel.

2.4.2.2 Magnetresonanztomographie

Zum jetzigen Zeitpunkt liegen nur vereinzelte Fallberichte über den Einsatz der MRT bei Hunden und Katzen mit einem SHT vor (YAMADA et al., 1998; JURINA und SCHARVOGEL, 2003; KITAGAWA et al., 2008). Die exakte Darstellung der Gehirnmorphologie impliziert die gleiche Wertigkeit bei entsprechenden Indikationen in der Veterinärmedizin, wie in der Humanmedizin (LECOUTEUR, 1999; ROBERTSON, 2007) (Abb. 5B). Mit Hilfe der MRT kann die hintere Schädelgrube bei Hund und Katze dargestellt werden und auch kleine extraaxiale Hämatoeme und Hirnkontusionen sichtbar sein (JEFFERY et al., 1992).

2.4.2.3 Röntgen: Übersichtsaufnahmen des Schädels

Das Röntgen ist ein in der Veterinärmedizin etabliertes und kostengünstiges bildgebendes Verfahren. Röntgenaufnahmen des Schädels in mindestens zwei Ebenen gehören bis heute zur initialen Diagnostik bei Hunden und Katzen mit einem SHT (JAGGY und TIPOLD, 1992; BECK et al., 2000).

Der Schädel besteht bei allen Säugern aus einer komplexen Anordnung von Knochen, wodurch die radiologische Interpretation, speziell in den Routinestandardaufnahmen des Kopfes (latero-lateral, dorso-ventral oder ventro-dorsal) durch Überlagerungen einzelner Knochenabschnitte schwierig sein kann (FARROW et al., 1994; KNÖDLER, 1999; BECK et al., 2000; BURK und FEENEY, 2003; FERRELL et al., 2007; BAR-AM et al., 2008). So werden beispielsweise nicht dislozierte Frakturen des Oberkiefers (FARROW et al., 1994), feine Fissuren (BECK et al., 2000) oder Kiefergelenksfrakturen (HARVEY und DUBIELZIG, 1985; ZETNER, 1987; TESKE, 1989; CHRIST, 1992; KNÖDLER, 1999; BAR-AM et al., 2008) leicht übersehen. Kleinere Trümmerimpressionsfrakturen können durch lokale Aufhellungen nur vermutet werden (HEMPEL und POPP, 2000). Ausschlaggebend für die korrekte Beurteilung eines Röntgenbildes des Kopfes, ist die symmetrische Lagerung des Patienten. Beim Tier ist dafür eine Sedation oder Allgemeinanästhesie erforderlich (SCHEBITZ et al., 1983; FARROW et al., 1994; BURK und FEENEY, 2003; FERRELL et al., 2007). Viele verschiedene Projektionsebenen und damit

verbundene Umlagerungen des Patienten sind notwendig, um einzelne Strukturen des Schädels heraus zu projizieren (BAR-AM et al., 2008).

2.5 Schädelfrakturen

2.5.1 Schädelfrakturen beim Menschen

Frakturen des Viszero- und Neurokraniums gehören zu den häufigsten extraaxialen Befunden bei Menschen mit einem schweren SHT (RIEGER et al., 2002). Sie werden in 40-75% der Fälle diagnostiziert (AKANG et al., 2002; ELESHA und DARAMOLA, 2002; RIEGER et al., 2002). Entsprechend ihrer Lokalisation erfolgt die Einteilung in Frakturen des Gesichtsschädels, der Schädelkalotte und der Schädelbasis. Klinisch werden die verschiedenen Frakturtypen in aller Regel deskriptiv nach Lage und Form der Bruchlinien im Röntgenbild klassifiziert. Es werden Quer-, Schräg-, Längs-, Stück-, Mehrfragment-, Trümmer-, Impressions-, und Defektfrakturen (z.B. Lochfrakturen) mit oder ohne Gelenkbeteiligung unterschieden (RIEGER et al., 2002; SCHWENZER und EHRENFELD, 2002; STRUFFERT et al., 2003). Bei Kindern stellen die Nahtsprengung (RIEGER et al., 2002) und die sogenannten „wachsenden Frakturen“ Sonderformen dar (STRUFFERT et al., 2003). Einen tieferen Einblick in das Frakturgeschehen vermittelt die Einteilung nach der Frakturmechanik, anhand derer versucht wird, eine Korrelation zwischen Bruchlinienverlauf und den dafür verantwortlichen Spannungen im Knochen herzustellen (SCHWENZER und EHRENFELD, 2002). Am Gesichtsskelett kommt es bevorzugt zum Biegebungsbruch, deutlich seltener finden sich Stauchungs- (Kompressionsfrakturen) und Abscherungsbrüche. Traktionsfrakturen kommen in dieser Region kaum vor (SCHWENZER und EHRENFELD, 2002).

Basierend auf experimentellen Untersuchungen an Leichen und Schädelknochen beschreibt LE FORT (1901a) in Abhängigkeit von der Höhe des transversalen Frakturverlaufs, 3 charakteristische Frakturtypen am Gesichtsskelett des Menschen. Diese reflektieren die für Frakturen klassischen Schwachstellen im Bereich des Mittelgesichts wieder (LE FORT, 1901a-c). Das klassische Muster der Le Fort Frakturen wird heute allerdings eher selten vorgefunden. Die hauptsächlich durch Verkehrsunfälle verursachten Traumata resultieren in Kombinationen der verschiedenen Le Fort-Frakturtypen (TURETSCHKE et al., 1998).

Das Mittelgesicht kennzeichnet ein kompliziertes Hohlraumssystem, das durch ein Rahmenwerk aus kräftigen Knochenpfeilern mit dazwischengeschalteten dünnen

Knochenlamellen begrenzt wird (SCHWENZER und EHRENFELD, 2002) (Abb. 6). Die vertikalen Pfeiler, die die Kaulast zur Schädelbasis ableiten, werden als

- nasomaxillärer
- zygomaticomaxillärer und
- pterygomaxillärer Pfeiler bezeichnet (SCHWENZER und EHRENFELD, 2002).

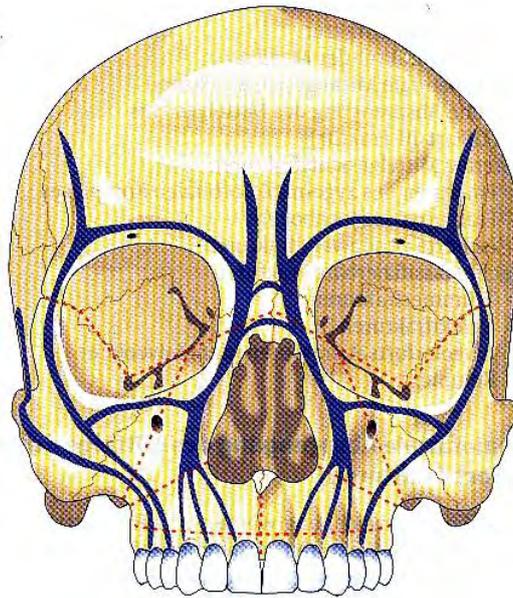


Abb. 6: Rahmenkonstrukt des Mittelgesichtsschädels. In blau dargestellt sind die Stütz Pfeiler, die Schwachpunktlinien sind rot gestrichelt (SCHWENZER und EHRENFELD, 2002).

Die knöchernen Elemente bilden eine architektonische Einheit aus morphologisch und funktionell ungleichen Teilen und sind für die Widerstandskraft und den wahrscheinlichen Bruchlinienverlauf verantwortlich. Die verschiedenen Bruchformen können in vielfältiger Weise miteinander kombiniert sein (SCHWENZER und EHRENFELD, 2002). Tabelle 5 zeigt eine schematische Einteilung der Frakturen nach ihrer Ausdehnung und der Frakturlokalisation.

Tabelle 5: Einteilung der Mittelgesichtsfrakturen beim Menschen nach ihrer Ausdehnung und Lokalisation (SCHWENZER und EHRENFELD, 2002).

Einteilung nach der Ausdehnung	Einteilung nach der Lokalisation
<p>Kraniofaziale Absprengung</p> <ul style="list-style-type: none"> - basale Absprengung (Le Fort-I-Fraktur) - pyramidale Absprengung (Le Fort-II-Fraktur) - hohe Absprengung (Le Fort-III-Fraktur) - Kombinationsfrakturen 	<p>Zentrale Mittelgesichtsfrakturen</p> <ul style="list-style-type: none"> - basale Absprengung des Oberkiefers (Le Fort-I-Fraktur) - pyramidale Absprengung des Oberkiefers (Le Fort-II-Fraktur) - nasoorbitoethmoidale Fraktur - Nasenskelettfraktur - Sagittalfraktur der Maxilla
<p>Lokalisierte Frakturen des</p> <ul style="list-style-type: none"> - zygomatikoorbitalen - nasomaxillären - nasoethmoidalen - dentoalveolären Komplexes - Sagittalfrakturen der Maxilla 	<p>Zentrolaterale Mittelgesichtsfrakturen</p> <ul style="list-style-type: none"> - hohe Absprengung des Mittelgesichtes (Le Fort-III-Fraktur)
<p>Nichtklassifizierbare Frakturen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Trümmerfrakturen - Defektfrakturen 	<p>Laterale Mittelgesichtsfrakturen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Frakturen des zygomatikoorbitalen Komplexes - Frakturen des Jochbogens - isolierte Orbitawandfrakturen
	<p>Nicht klassifizierbare Frakturen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Trümmerfrakturen - Defektfrakturen - Alveolarfortsatzfrakturen (dentoalveolärer Komplex)

Vermutlich ist das unterschiedliche Patientengut in der Humanmedizin der Grund dafür, dass die Prozentangaben über die Häufigkeit der Gesichtsschädelfrakturen divergieren. Aufgrund ihrer Pathogenese sind Gesichtsschädeltraumata häufig multipel und komplex. 17-80% der Patienten weisen Mittelgesichts-, 24-70% Unterkieferfrakturen auf (TURETSCHKE et al., 1998; SCHWENZER und EHRENFELD, 2002; GASSNER et al., 2003; KLOSS et al., 2008). Frakturen der Maxilla werden selten (0,6-10%) gesehen (GASSNER et al., 2003; WULKAN et al., 2005; KLOSS et al., 2008). Bei ca. 20% der betroffenen SHT-Patienten ist die Schädelkalotte frakturiert (LEHMANN et al., 1997), 5-20% weisen Schädelbasisfrakturen auf (DIETZ, 1970). Als offen werden Schädelbasisfrakturen dann klassifiziert, wenn sie bis in das Keilbein ausstrahlen (UNGER et al., 1990).

2.5.2 Schädelfrakturen bei Hunden und Katzen

Maxillofaziale Frakturen gehören bei Hunden und Katzen mit einem SHT ebenfalls zu den häufigsten extraaxialen Befunden. 89% der Hunde mit einem geringgradigen SHT weisen in der Untersuchung von Platt et al. (2002) mindestens eine Schädelfraktur auf. Bei der Katze stellt der Schädel die dritthäufigste Frakturlokalisationen dar (HILL, 1977; WONG, 1984). Klassische Bruchlinienverläufe, wie sie beim Menschen insbesondere im Bereich des Mittelgesichts vorkommen, sind bisher weder beim Hund noch bei der Katze beschrieben.

Der Unterkiefer ist bei der Katze eine Prädilektionsstelle für Frakturen. Mandibulafrakturen repräsentieren bei dieser Spezies 11%-23% aller Frakturen (HILL, 1977). Die häufigste traumatisch induzierte Veränderung am Unterkiefer bei der Katze ist die Unterkiefersymphysiolyse (HILL, 1977; CHAMBERS, 1981; WONG, 1984; UMPHLET und JOHNSON, 1988; LEGENDRE, 2005). Sie ist bei 73% aller oralen Traumata frakturiert (UMPHLET und JOHNSON, 1988). Frakturen des Corpus mandibulae (16%), des Processus condylaris (7%), und des Processus coronoideus (4%) kommen deutlich seltener vor (UMPHLET und JOHNSON, 1988). Anders verhält es sich in der Untersuchung von UMPHLET und JOHNSON (1990) beim Hund. 58% der Unterkieferfrakturen betreffen das Corpus mandibulae. 9% der Hunde weisen eine Fraktur im Bereich der Canini, 31% prämolare und 18% im Bereich der Molaren auf.

Die Maxilla ist mit 0,2% bei der Katze und 1,2% beim Hund weit weniger häufig betroffen (DAVIDSON und BAUER, 1992; BAHN, 1995).

In der Untersuchung von BAR-AM et al. (2008) werden insgesamt 15 Katzen und 9 Hunde (n = 27) mit einem kranio-maxillo-fazialen Trauma computertomographisch untersucht. Folgende Strukturen des Hirnschädels sind in der CT frakturiert: Vomer (29%), Os sphenoidale (17%), Os pterygoideum (54%), Os frontale (17%), Os ethmoidale (13%), Os temporale (33%), restlicher Schädel (13%).

2.6 Extraaxiale Traumafolgen

Neben den Schädelfrakturen zählen die extraparenchymalen Hämatoome zu den primären extraaxialen Traumafolgen (WIESMANN und BRÜCKMANN, 1998). Nach ihrer anatomischen Lage können drei verschiedene extraaxiale Blutungen unterschieden werden. Dazu gehören das Epidural- und das Subduralhämatom und die subarachnoidale Blutung (BEŠENSKI, 2002). Beim Menschen zählen manche Autoren auch die intraventrikulären Blutungen zu dieser Gruppe (BEŠENSKI, 2002).

2.6.1 Das Epiduralhämatom

2.6.1.1 Humanmedizin

Traumata des Schädels führen bei ca. 1-5% aller SHT-Patienten zu einer epiduralen Blutung (OSBORN und MAACK, 1994; GALANSKI und WIPPERMANN, 1999). Das Epiduralhämatom (EDH) ist zwischen der Schädelkalotte und der Dura mater lokalisiert und überschreitet die Suturen in aller Regel nicht (WIESMANN und BRÜCKMANN, 1998; BEŠENSKI, 2002) (Abb. 7).

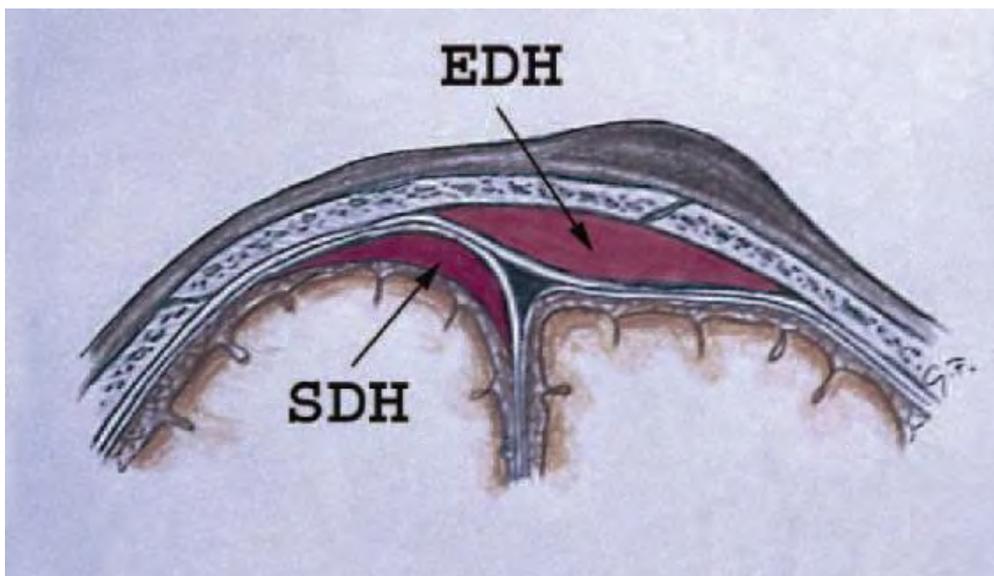


Abb. 7: Epiduralhämatom (EDH) mit klassischer bikonvexer Konfiguration. Subdurales Hämatom (SDH) mit der charakteristischen Sichelform (GEAN, 1994).

Fast immer ist es als Ausdruck einer lokalen Gewalteinwirkung auf einen bestimmten Bereich des Schädels zu werten (STRUFFERT et al., 2003).

EDH sind primär temporoparietal lokalisiert und kommen in nur 5% der Fälle bilateral vor (DHARKER und BHARGAVA, 1991). Im Unterschied zu den subduralen Hämatomen entstehen sie praktisch immer auf der Seite der direkten Gewalteinwirkung (WIESMANN und BRÜCKMANN, 1998). Bei ca. 90% der Patienten tritt es kombiniert mit einer Fraktur der Schädelkalotte auf (WIESMANN und BRÜCKMANN, 1998).

Etwa 85% der EDH entstehen durch eine arterielle Blutung der Arteria meningea media. Venöse Blutungen aus den venösen Sinus oder Diploevenen sind von untergeordneter Bedeutung (GREENBERG, 2005). 5% der epiduralen Blutungen sind infratentoriell lokalisiert. Als Blutungsquelle kommen in dieser Lokalisation im Wesentlichen die duralen Sinus in Frage (OSBORN und MAACK, 1994). Innerhalb der ersten 24-48 Stunden wird bei den meisten Patienten eine epidurale Blutung manifest (HAMILTON und WALLACE, 1992). Jedoch ist eine Größenzunahme des EDH, insbesondere im Bereich der hinteren Schädelgrube noch bis zu 2 Tage nach dem Trauma möglich (KÜKER und THRON, 1996).

2.6.1.2 Veterinärmedizin

Epidurale Blutungen scheinen bei Hunden und Katzen mit einem SHT eher selten vorzukommen (SHORES, 1989; SHORES, 1990; DEWEY et al., 1993; WRUCK, 1996). In der Untersuchung von DEWEY et al. (1993) haben jeweils nur 1 Hund (7%) und 1 Katze (11%) ein EDH. Ein Vergleichbares Resultat findet sich in der Untersuchung von PLATT et al. (2002). Auch hier weist lediglich 1 Hund (10%) eine epidurale Blutung auf. Bisher findet sich in der Literatur nur ein Fallbericht über die chirurgische Therapie eines EDH bei einem Hund (CABASSU et al., 2008).

2.6.1.3 Das epidurale Hämatom in der Computertomographie

Charakteristisch für das EDH in der CT ist eine der Kalotte anliegende, zum Hirn glatt konturierte, bikonvexe, in 2/3 der Fälle hyperdense (WIESMANN und BRÜCKMANN, 1998) Raumforderung mit Verlagerung des Hirngewebe (Masseneffekt,

Mittellinienverschiebung (Midline shift) zur Gegenseite, Kompression des ipsilateralen Seitenventrikels) (STRUFFERT et al., 2003) (Abb. 7). Hypodense Areale können vorkommen und entsprechen noch nicht geronnenem Blut (BEŠENSKI, 2002), oder extrudiertem Serum nach Bildung eines Blutkoagels (STRUFFERT et al., 2003). Die Unterscheidung einer epiduralen von einer subduralen Blutung ist in der CT nicht immer möglich. Etwa 20% aller epidural gelegenen Hämatome sind beim Menschen mit einem subduralen Hämatom kombiniert (GREENBERG, 1997).

Chronische EDH werden in der Humanmedizin nur gelegentlich beobachtet, in der Veterinärmedizin finden sich in der zugänglichen Literatur diesbezüglich keine näheren Angaben. Sie können eine konvexe Form aufweisen, sind in der CT hypodens und zeigen eine Kontrastmittelaufnahme (WIESMANN und BRÜCKMANN, 1998).

2.6.2 Das Subduralhämatom

2.6.2.1 Humanmedizin

Subdurale Hämatome (SDH) bilden den weitaus größten Teil der posttraumatischen intrakraniellen Blutungen. Ihre Inzidenz liegt bei bis zu 20% aller SHT-Patienten (OSBORN und MAACK, 1994). Eingeteilt wird das SDH abhängig von dem Zeitraum ihrer Entstehung bis zum Eintreten der ersten klinischen Symptome. Man unterscheidet akute (< 72h), subakute (72 Stunden bis 3 Wochen) und chronische SDH (> 3 Wochen) (BROCKLEHURST, 1982). Für dessen Entstehung sind erhebliche Gewalteinwirkungen notwendig (STRUFFERT et al., 2003). Die Hämatome entstehen an der Grenze zwischen Dura mater und Arachnoidea durch Zerreiβung von Brückenvenen (BEŠENSKI, 2002) (Abb. 7). Als Ursache sind Akzelerations-/ Dezelerations oder Rotationstraumen des Kopfes beschrieben. Bedingt durch die Massenträgheit des Gehirns kommt es zu einer Bewegung zwischen Gehirn und knöchernem Schädel und der an ihm haftenden Dura. Dies führt zu einer Zugbelastung der Brückenvenen und schließlich zu deren Zerreiβung (WIESMANN und BRÜCKMANN, 1998).

Die Prognose für Patienten mit einem SDH ist schlechter als die der Patienten mit einem EDH, da der beschriebene Mechanismus auch zu Kontusionen und

Scherverletzungen führen kann (WIESMANN und BRÜCKMANN, 1998; STRUFFERT et al., 2003).

In 95% der Fälle finden sich die subdurale Blutungen supratentoriell und meistens frontoparietal lokalisiert (GREENBERG, 1997; WIESMANN und BRÜCKMANN, 1998). Ein bilaterales Auftreten kann bei 15% der Patienten verzeichnet werden (OSBORN und MAACK, 1994). Zusätzlich beschrieben ist das Vorkommen des SDHs auf dem Tentorium cerebelli oder entlang der Falx cerebri (BEŠENSKI, 2002).

2.6.2.2 Veterinärmedizin

Bis heute gibt es in der Veterinärmedizin lediglich einige Fallberichte (HOPKINS und WHEELER, 1991; ADAMO et al., 2005) und nur wenige umfangreichere Untersuchungen. In der Untersuchung von DEWEY et al. (1993) gelingt bei 8 von 14 (57%) Hunden und 2 von 9 (22%) Katzen mit einem schweren SHT der Nachweis einer subduralen Blutung. 5 von 21 (24%) Hunde und 4 von 20 (20%) pathologisch untersuchte Katzen mit einem schweren SHT weisen in der Untersuchung von WRUCK (1996) eine entsprechende Blutung auf.

2.6.2.3 Das subdurale Hämatom in der Computertomographie

Das akute SDH stellt sich in der CT als extraaxiale hyperdense Raumforderung, die diffus über der gesamten Hemisphäre liegt dar (Abb. 7). Bis zu 40% der Hämatome beinhalten beim Menschen hyper- und hypodense Areale. Hypodense Areale können nicht geronnenem Blut, abgepresstem Serum während der Koagulation oder Liquor, der über einen Einriss der Arachnoidea in das Hämatom eintritt, entsprechen oder das Resultat unterschiedlicher Blutungszeitpunkte sein (REED et al., 1986; OSBORN und MAACK, 1994). In seltenen Fällen erscheinen akute subdurale Hämatome nahezu isodens zur Gehirnoberfläche. Für dieses Phänomen können schwere Anämien und Koagulopathien, wie sie bei einem Polytrauma vorkommen können, verantwortlich sein (SMITH et al., 1981; BOYKO et al., 1991; STEIN et al., 1992). Durch den mit einer Blutung einhergehenden raumfordernden Prozess kann ein isodense SDH in der CT vermutet werden (STRUFFERT et al., 2003).

Das akute SDH liegt der Kalotte direkt an und ist klassischerweise konkav zur Hinroberfläche (Abb. 7). Eine konvexe Begrenzung zur Gehirnoberfläche ist jedoch ebenfalls beschrieben (REED et al., 1986). Im Unterschied zum EDH wird das akute SDH nicht von den Suturen begrenzt, sondern von duralen Einfaltungen, wie beispielsweise der Falx cerebri oder dem Tentorium cerebelli (STRUFFERT et al., 2003).

Schmale akute subdurale Blutungen können wegen ihres parallelen Verlaufs zur Kalotte in der CT leicht übersehen werden. Im Bereich der Falx cerebri sind sie durch eine gerade mediale und eine glatte eventuell leicht konvexe Begrenzung nach lateral charakterisiert.

Innerhalb von wenigen Wochen entwickelt sich aus dem hyperdensen akuten SDH ein hypodenses chronisches Hämatom. Ein isodenses Stadium wird in der 2. bis 3. Woche durchlaufen (BEŠENSKI, 2002). Während diesem Stadium zeigt sich das Hämatom als abgekapselte Raumforderung von geringer Dichte (STRUFFERT et al., 2003). Die Form ist mit dem akuten SDH identisch. Da die Kapselmembran reich an Kapillaren ist, kommt es in diesem Bereich zur intensiven Kontrastmittelaufnahme (BEŠENSKI, 2002). Auch im Hämatom selbst können zu diesem Zeitpunkt Septierungen gefunden werden (STRUFFERT et al., 2003). Bei einem zeitlich langen Verlauf verkalken die Hämatome in bis zu 3% der Fälle (IPLIKCIOGLU et al., 1991). In der Veterinärmedizin entspricht das computertomographische Bild einer subduralen Blutung beim Hund, dem der Humanmedizin (HOPKINS und WHEELER, 1991; NYKAMP et al., 2001). NYKAMP et al. (2001) berichten von einem Hund mit einem chronischen SDH, das in der CT keine klassische Form aufweist. Die Autoren führen dies auf den zusätzlich darstellbaren Hydrozephalus und den fehlenden Gegendruck, ausgehend von dem verbliebenen normalen Gehirngewebe, zurück.

2.6.3 Die subarachnoidale Blutung

2.6.3.1 Humanmedizin

Blutungen in den liquorhaltigen Subarachnoidalraum (SAB) sind bei mittelschweren oder schweren SHT ein häufiger Befund (WIESMANN und BRÜCKMANN, 1998) und finden sich bei etwa 4% aller SHT-Patienten (DEMIRÇIVI et al., 1993). Sie kommen häufig als Begleiterscheinung der Hirnkontusionen vor und können zusammen mit

subduralen Hämatomen (SOLLMANN, 1997) oder Schertraumen (WIESMANN und BRÜCKMANN, 1998) auftreten. Die Ursache sind Zerreißen subarachnoidaler Gefäße (BEŠENSKI, 2002) als Folge von Verletzung der Pia mater mit flächenhafter subarachnoidaler Unterblutung, die dem Verlauf der Sulci folgt und nicht raumfordernd wirkt (SOLLMANN, 1997). Potentielle Komplikationen können ein Vasospasmus und Liquorabflussstörungen sein (RUCHHOLTZ und NAST-KOLB, 2003). Gelegentlich ist die traumatische SAB die einzige im CT nachweisbare Läsion (SOLLMANN, 1997).

2.6.3.2 Veterinärmedizin

Vermutlich sind traumatisch bedingte subarachnoidale Blutungen bei Hunden und Katzen häufiger anzutreffen, als epi- und subdurale Blutungen (SHORES, 1989; SHORES, 1990; DEWEY et al., 1993). Ihr Nachweis gelingt DEWEY et al. (1993) bei 4 Hunden (29%) und 6 Katzen (67%).

In der Untersuchung von WRUCK (1996) kommt das SDH bei der Katze jedoch ebenso häufig vor, wie die subarachnoidale Blutung (jeweils 20%). Bei den untersuchten Hunden überwiegt das SDH (38%).

2.6.3.3 Die subarachnoidale Blutung in der Computertomographie

Traumatisch bedingte subarachnoidale Blutungen im Interhemisphärenspalt zeigen im Unterschied zum akuten SDH in aller Regel keine glatte Begrenzung, sondern strahlen zickzackförmig in die Sulci aus (Abb. 8). Sie reichen zudem häufig bis zum Genu des Corpus callosum (PERL 2nd et al., 1999).

2.6.4 Das subdurale Hygrom

2.6.4.1 Humanmedizin

Das subdurale Hygrom entsteht im Moment des Traumas. Durch einen Einriss der Arachnoidea kann es als Folge zum Austritt von Liquor in den subduralen Raum kommen (WIESMANN und BRÜCKMANN, 1998). Diese pathologischen

Flüssigkeitsansammlungen sind von den subduralen Hämatomen zu unterscheiden und werden als Hygrome bezeichnet (WIESMANN und BRÜCKMANN, 1998; STRUFFERT et al., 2003).

2.6.4.2 Veterinärmedizin

Es finden sich bisher keine Literaturstellen, in denen ein subdurales Hygrom bei Hund oder Katze beschrieben ist.

2.6.4.3 Das subdurale Hygrom in der Computertomographie

Beim Menschen stellt sich das subdurale Hygrom in der CT als liquordichte, zur Hirnoberfläche glatt begrenzte, sichelförmige Formation dar. Die angrenzenden Sulci sind verstrichen, benachbarte Ventrikelabschnitte komprimiert. Sie können ein- oder beidseitig vorkommen, zum Teil in Kombination mit Kontusionsherden (BECKER, 1984).

2.7 Intraaxiale Traumafolgen

Die wichtigsten intraaxialen primären Traumafolgen umfassen Hirnkontusionen, Scherverletzungen und intraparenchymatöse Hämatome (WIESMANN und BRÜCKMANN, 1998).

2.7.1 Kontusionen

2.7.1.1 Humanmedizin

Neben den Scherverletzungen sind die Kontusionen, auch bezeichnet als Rindenprellungsherde, die häufigsten primären intraaxialen Verletzungen (GENTRY et al., 1988a; OSBORN und MAACK, 1994; WIESMANN und BRÜCKMANN, 1998). Sie sind häufig mit weiteren Verletzungen assoziiert. Unter Kontusionen versteht man eine traumatische Schädigung des Kortex und des angrenzenden Marklagers, die zu Nekrosen mit Einblutungen (petechial oder auch massiv) und umgebendem Ödem führen. Bevorzugt entstehen sie im Bereich der Frontobasis und der mittleren Schädelgrube. Ca. 50% der Läsionen finden sich temporal, ein weiteres Drittel frontobasal (OSBORN und MAACK, 1994).

Sie entstehen durch Akzeleration und Dezeleration des Kopfes mit breitflächiger Krafteinwirkung auf die Gehirnoberfläche oder durch eine direkte lokale Druckeinwirkung (z.B. durch Kalottenfrakturen). Eine Kontusion kann bei einem Akzelerationstrauma sowohl am Ort der Krafteinwirkung („Coup“) als auch im gegenüberliegenden Hirnbereich („Contrecoup“) entstehen (OSBORN und MAACK, 1994).

2.7.1.2 Veterinärmedizin

Untersuchungen über die Häufigkeit der Hirnkontusion bei Hund und Katze liegen bis heute nicht vor.

2.7.1.3 Die Kontusion in der Computertomographie

Initial ist ein unauffälliger CT-Befund möglich, da die Ausbildung von Nekrosearealen Zeit in Anspruch nehmen kann (HESSELINK et al., 1988).

Kontusionen stellen sich in aller Regel als hypodense oder hyperdense Läsionen mit hypodensem Ödemsaum dar, die von kortikal bis in das Marklager reichen (Abb. 8).

Die Läsionen weisen eine unscharfe Begrenzung auf. Als Folge von Arterienverletzungen kann es zu kleinen oder größeren Einblutungen im kontusionierten Areal kommen. Bei etwa 52% aller Kontusionen sind Einblutungen darstellbar (GENTRY et al., 1988a). Der Nachweis eines Kontusionsherdes gelingt initial meistens nicht. Klassischerweise benötigt die Entwicklung einige Stunden. Kontusionen können sich zu raumfordernden Prozessen entwickeln und dadurch zu einer Kompression der äußeren und inneren Liquorräume, einer Mittellinienverlagerung und wie bei einem EDH oder SDH zu einer massiven Zunahme des intrakraniellen Drucks führen. Partialvolumeneffekte können den Nachweis kleiner, oberflächlicher Kontusionen erschweren (GENTRY et al., 1988a).

2.7.2 Das intrazerebrale Hämatom

2.7.2.1 Humanmedizin

Die traumatisch induzierten intrazerebralen Blutungen sind die dritthäufigste Form des intraaxialen Traumas (RIEGER et al., 2002). Verursacht werden sie entweder durch direkte Hirnläsionen mit Zerreißung von Hirngefäßen oder durch sekundäre Einblutungen in nekrotische Kontusionsareale (WIESMANN und BRÜCKMANN, 1998). In 80-90% der Fälle sind der temporale und der frontale Lappen betroffen (RIVANO et al., 1980). Klinisch relevante intrazerebrale Hämatome finden sich bei ca. 1% aller SHT-Patienten (D'AVELLA et al., 2001).

2.7.2.2 Veterinärmedizin

Vermutlich gehören die intrazerebralen Hämatome mit zu den häufigsten intrakraniellen Blutungsformen bei Hunden und Katzen mit einem schweren SHT (SHORES, 1989; SHORES, 1990; DEWEY et al., 1993; KITAGAWA et al. 2005). Diese Pathologie können DEWEY et al. (1996) bei 5 Hunden (36%) und 5 Katzen (56%) mit einem schweren SHT nachweisen. In der Untersuchung von WRUCK (1996) haben 62% (13 Tiere) der Hunde und von 65% (13 Tiere) der Katzen mit einem schweren SHT intraparenchymatöse Blutungen.

2.7.2.3 Das intrazerebrale Hämatom in der Computertomographie

Das intrazerebrale Hämatom stellt sich in der CT meist glattrandig konfiguriert mit einer homogenen Ansammlung von Blut dar. Es weist zumeist einen Randsaum umgebender Kontusionen und/oder eines Ödems auf (TIDWELL et al., 1994a; PERL 2nd et al., 1999; DENNLER et al., 2007). Eine direkte Abgrenzung intrazerebraler Blutungen von Kontusionen ist im CT oft nicht möglich (WIESMANN und BRÜCKMANN, 1998).

2.7.3 Intraventrikuläre Blutungen

2.7.3.1 Humanmedizin

1-5% der Patienten mit einem geschlossenen SHT haben intraventrikuläre Blutungen (OSBORN und TONG, 1996). Diese können auf dreierlei Weise zustande kommen:

1. durch Verletzungen der dünnen Ependymschicht, die die Ventrikel auskleidet (WIESMANN und BRÜCKMANN, 1998),
2. durch massive Krafteinwirkung sind Hirnlazerationen mit direkter Zerreißung der subependymalen Venen möglich. Dies führt bei 60% aller Patienten mit einem Schertraumata des Corpus callosum zu einer Einblutung in die Ventrikel (GENTRY et al., 1988c),

3. im Rahmen traumatisch bedingter Subarachnoidalblutungen kann das Blut über die Apertura mediana und die Aperturales laterales retrograd den 4. Ventrikel erreichen.

Ventrikelblutungen können eine Ventrikeltamponade mit konsekutivem akuten Verschlusshydrozephalus verursachen (WIESMANN und BRÜCKMANN, 1998).

2.7.3.2 Veterinärmedizin

Untersuchungen über die Häufigkeit traumatisch induzierter intraventrikulärer Blutungen bei Hund und Katze sind kaum beschrieben. In der Untersuchung von WRUCK (1996) sind sie bei 5% (1 Tier) der Hunde und 15% (3 Tiere) der Katzen mit einem schweren SHT beschrieben.

2.7.3.3 Die intraventrikuläre Blutung in der Computertomographie

Die intraventrikulären Blutungen stellen sich in der CT hyperintens dar.

2.7.4 Diffuse axonale Verletzungen (DAI)

2.7.4.1 Humanmedizin

Bis zu 50% aller schweren SHT weisen Verletzungen, die als weiße Substanz bezeichneten Nervenfasern auf (GENTRY et al., 1988a; GENTRY et al., 1989). Verglichen mit frontalen Traumata, begünstigen seitliche Schläge gegen den Kopf deren Entstehung (ZWAHLEN, et al. 2007). Neuropathologisch besteht die diffuse axonale Schädigung in ihrer schwersten Ausprägung aus Blutungen im Hirnstamm und Balken, ventrikelnahen Blutungen im Großhirn sowie einer diffusen Axonschädigung im Marklager (ODER, 2004). Im chronischen Stadium kommt es als Folge zu ausgedehnten Marklageratrophien und der Entwicklung von massiv erweiterten Seitenventrikeln (LEVIN et al., 1988).

2.7.4.2 Veterinärmedizin

In der zugänglichen Literatur finden sich bis heute keine Angaben über den diffusen axonalen Hirnschaden und dessen Relevanz bei Hund und Katze mit einem SHT.

2.7.4.3 Diffuse axonale Verletzungen in der Computertomographie

In 50-80% der Fälle ist in der CT kein auffälliger oder nur ein sehr diskreter Befund erkennbar. Die praktisch einzigen computertomographischen Hinweise liefern kleine Blutspiegel in den Hinterhörnern der Seitenventrikel, diskrete Einblutungen in die interpedunkuläre Zisterne und geringgradige petechiale Blutungen an der kortikomedullären Grenze (KELLY, 1988).

2.7.5 Das Hirnödem

2.7.5.1 Humanmedizin

Bei 20% aller schweren SHT-Patienten kommt es zu einer generalisierten Hirnschwellung mit intrakranieller Drucksteigerung. Dies stellt die lebensbedrohlichste aller sekundären Traumafolgen dar und lässt die Mortalitätsrate auf bis zu 50% ansteigen (OSBRON und TONG, 1996). Als Ursache eines generalisierten Hirnödems kommt neben den intrakraniellen Verletzungen auch die im Rahmen eines Trauma auftretende zerebrale Hypoxie in Frage. Kontusionsherde, Scherverletzungen und Ischämieareale werden häufig durch fokal begrenzte Ödeme umgeben (WIESMANN und BRÜCKMANN, 1998).

2.7.5.2 Veterinärmedizin

Entsprechend der Pathogenese beim Menschen, können die Ödembildung und die daraus resultierenden Folgeschädigungen auch beim Tier verzeichnet werden (Wruck, 1996).

2.7.5.3 Das Hirnödem in der Computertomographie

Beim Menschen ist in der CT eine Schwellung der Gyri, verstrichene Sulci und eine nicht abgrenzbare Rinden-Mark-Grenze kennzeichnend für die Frühphase eines Hirnödems. Charakteristisch für die Spätphase ist eine diffuse Dichteminderung des Hirngewebes, die Seitenventrikel sind schmal und die subarachnoidalen Zisternen eng. Als Differentialdiagnose für die diffuse Hypodensität muss ein SDH in Betracht gezogen werden. Bihemisphärale Ödeme können zu einem die gesamte hintere Schädelgrube einnehmenden, hyperintensiven Erscheinungsbild führen (WIESMANN und BRÜCKMANN, 1998).



Abb. 8: Computertomographie eines 71 Jahre alten Mannes nach Motorradunfall mit 4 verschiedenen akuten intrakraniellen Blutungen.

Coronare Schnitfführung auf Höhe der Seitenventrikel, Weichteilfenster:

- 1.: epidurales Hämatom links (dicker weißer Pfeil)
 - 2.: mehrschichtiges subdurales Hämatom rechts (dicker schwarzer Pfeil)
 - 3.: periventrikuläre und fronto-lobäre Kontusion mit intraparenchymalen Hämatom (dünner weißer Pfeil)
 - 4.: subarachnoidalen Blutung rechts frontal (dünner schwarzer Pfeil)
- (MATTIELLO und MUNZ, 2001).

3. Eigene Untersuchungen

Ziel und Aufgabenstellung des ersten Teils dieser Arbeit ist es, die Notwendigkeit der computertomographischen Untersuchung des Kopfes von Katzen mit einem MGCS von 15-18 und traumatisch bedingten Verletzungen des Schädels im Hinblick auf intrakranielle Läsionen und knöcherne Veränderungen zu evaluieren.

Im zweiten Teil dieser Arbeit werden sowohl die Möglichkeiten als auch die Grenzen des konventionellen Röntgens hinsichtlich der anatomisch exakten und vollständigen Befunderhebung anhand von Röntgenbilder des Kopfes in 2 Ebenen bei Katzen mit kraniofazialen Verletzungen untersucht und im Anschluss mit den Untersuchungsergebnissen und der Darstellbarkeit einzelner anatomischer Veränderungen in der CT verglichen. Das Ziel dieser vergleichenden Untersuchungen (Röntgen versus CT) ist es, einen Goldstandard für das diagnostische Vorgehen bei Katzen mit einem SHT und/oder kraniofazialen Verletzungen zu definieren. Insgesamt werden 47 anatomische Strukturen am Schädel der Tiere beurteilt (Anhang, Tab. 3 und 4).

3.1 Material und Methoden

3.1.1 Technische Daten

Die in dieser Arbeit durchgeführten radiologischen Untersuchungen werden mit dem Televix 1600 mit Obertischröhre und Durchleuchtungsfunktion der Firma CGR mit dem Generator Selector MD Typ 125-80 der Firma Hofmann angefertigt. Der Film-Fokus-Abstand beträgt bei allen Aufnahmen 1,05 Meter. Es kommt ein CR-System der Firma Philips (PCR Eleva) mit Speicherfolien (IP) ST-VI (Standardtyp), und IP Kassetten Typ CC der Firma Fujifilm zur Anwendung. Das Auslesen der Speicherfolien erfolgt mit dem CR Folienleser PCR Eleva Cosimax der Firma Philips. Die Belichtungsdaten werden dem Körpergewicht des Tieres angepasst.

Die computertomographischen Untersuchungen des Katzenkopfes erfolgen mit einem 16 Zeilen Multislice-Spiral-CT der Firma Phillips (Abb. 9). Hierzu wird der

komplette Schädel in axialer Schichtführung untersucht. Für die sequentielle Bildakquisition sind folgende Parameter gewählt worden:

Röhrenspannung: kV: 120

Röhrenstrom: mA: 300

Schichtdicke: 0,8mm

Inkrement: 0,4mm

Schichtkollimation: 16 x 0,75

Tischvorschubfaktor: Pitch: 0,6888

Weichteil WL 70 WW200

Matrix 512 x 512

Knochen WL 800 WW2200.



Abb. 9: 16 Zeilen Multislice-Spiral-CT der Firma Phillips.

3.1.2 Patientenkollektiv

Die Untersuchung wird an insgesamt 34 Katzen durchgeführt. Die Tiere stammen alle aus dem Patientengut der Klinik für Kleintiere, Chirurgie, der Justus-Liebig-Universität Gießen. In der vorliegenden Arbeit werden nur die Daten derjenigen Tiere ausgewertet, die in der neurologischen Untersuchung einen MGCS von 15-18 aufweisen und zusätzlich mindestens eines der folgenden Kriterien erfüllen:

- mindestens eine Fraktur des Gesichts- und/oder Hirnschädels
- andere Hinweise auf Schädelverletzungen wie Blutungen aus der Nase, dem Maul, den Ohren, Traumata der Zähne oder Verletzungen des den Schädel umgebenden Weichteilmantels.

In dem Zeitraum von Anfang August 2006 bis Ende November 2008 werden 34 Katzen computertomographisch untersucht und deren Befunde ausgewertet. Aus diesem Patientenkollektiv sind von 28 Katzen unmittelbar nach der computertomographischen Untersuchung Röntgenbilder des Kopfes in zwei Ebenen angefertigt und deren Befunde mit den Ergebnissen der knöchernen Veränderungen in der CT verglichen worden.

Die Geschlechtsverteilung ergibt 7 männliche, 14 männlich-kastrierte, 4 weibliche und 9 weiblich-kastrierte Tiere (Abb. 10). Das Verhältnis weiblicher zu männlicher Tiere ist 38% : 62%.

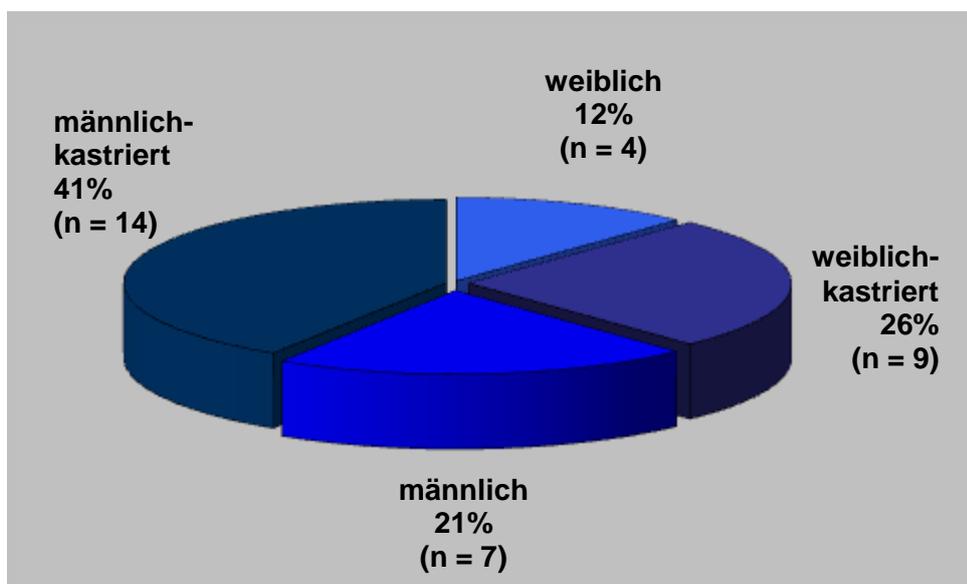


Abb. 10: Relative Häufigkeitsverteilung des Geschlechts der untersuchten Katzen mit einem geringgradigen Schädel-Hirn-Trauma (n = 34).

Das Alter der computertomographisch untersuchten Katzen liegt zwischen 3 und 140 Monaten mit einem Mittelwert von 45 ± 35 Monaten (Abb. 11). Das Alter kann bei drei Tieren nicht ermittelt werden.

Vertreten sind mit Ausnahme einer Maine Coon und einer Somali Katze, ausschließlich Europäische Kurzhaarkatzen.

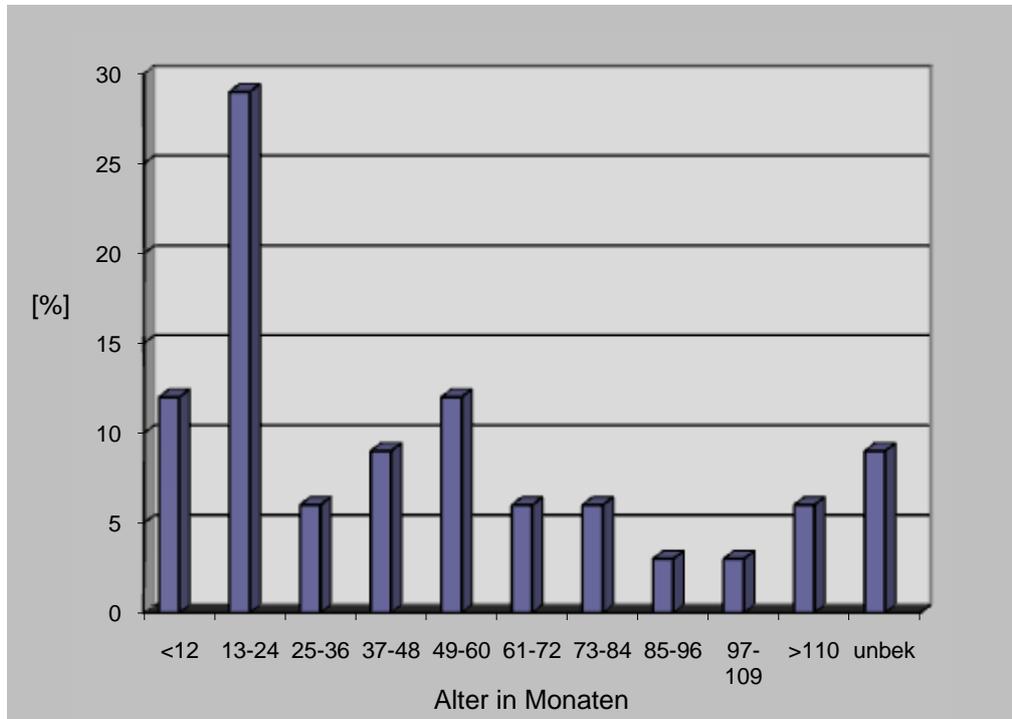


Abb. 11: Relative Häufigkeitsverteilung des Alters der untersuchten Katzen mit einem geringgradigen Schädel-Hirn-Trauma ($n = 34$).

Der stationäre Aufenthalt der verunfallten Tiere beträgt zwischen 1 bis 19 Tage, mit einem Mittelwert von $8,6 \pm 4,5$ Tagen. Die Unfallursache kann bei 24 (71%) Patienten nicht sicher eruiert werden. 7 (21%) Katzen sind von einem Auto erfasst worden, 3 (8%) Tiere erleiden ein kraniofaziales Trauma nach einem Sturz aus großer Höhe.

Bei der ersten neurologischen Untersuchung zum Zeitpunkt der Einlieferung haben

- 23 Katzen einen MGCS von 18
- 7 Katzen einen MGCS von 17
- 4 Katzen einen MGCS von 16.

Die neurologische Untersuchung nach einer Stabilisierungsphase am Tag der bildgebenden Diagnostik erbringt bei

- 30 Katzen einen MGCS von 18
- 2 Katzen einen MGCS von 17
- 2 Katzen einen MGCS von 16 (Abb. 12).

Die Stabilisierungsphase (Zeitraum von der Erstvorstellung bis zum Tag der bildgebenden Diagnostik) der Patienten dauert zwischen 0,5 und 5 Tagen mit einem Mittelwert von $1,9 \pm 1$ Tagen.

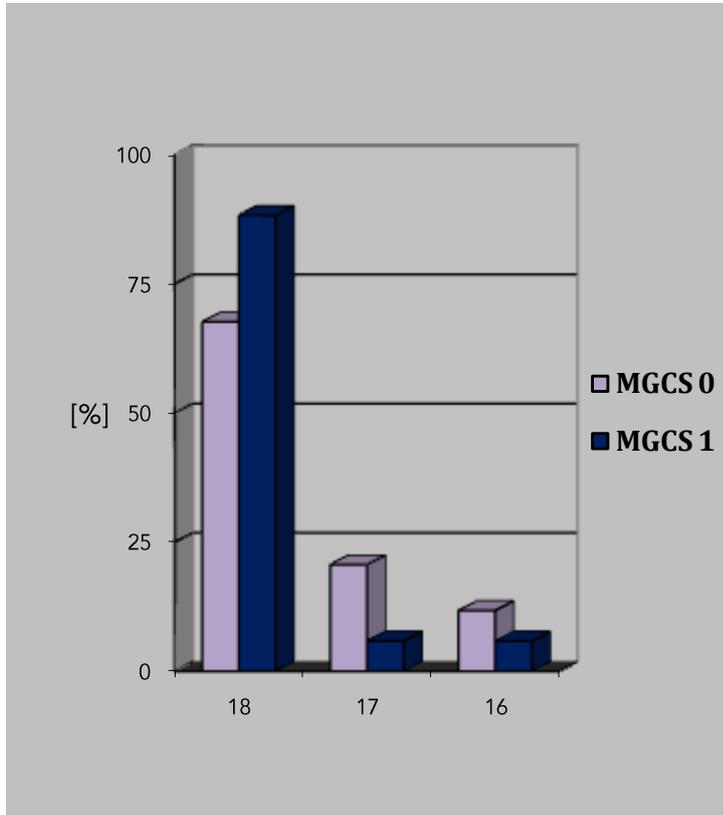


Abb. 12: Relative Häufigkeitsverteilung der Patienten mit einem MGCS von 18, 17 und 16 zum Zeitpunkt der Erstuntersuchung (MGCS 0) und zum Zeitpunkt der bildgebenden Diagnostik (MGCS 1).

Der neurologische Status hat sich bei keinem der untersuchten Tiere während des stationären Aufenthaltes verschlechtert.

24 (71%) Katzen haben Schädelverletzungen, die einer chirurgischen Versorgung bedürfen. Begleitverletzungen werden bei 29 (85%) Patienten diagnostiziert. Die chirurgische Versorgung der Begleitverletzungen ist bei 24 Tieren indiziert. Patient Nr. 4 wird ohne Behandlung euthanasiert (Tab. 6). Insgesamt wird bei 4 (15%) Katzen aufgrund einer vorsichtigen Prognose auf Besitzerwunsch hin die Euthanasie vorgenommen. Patient Nr. 19 verstirbt in der Aufwachphase nach der computertomographischen Untersuchung (Tab. 6).

Tab. 6: Klinisch relevante Befunde und erforderliche chirurgische Interventionen am Tag der bildgebenden Diagnostik (cm = Zentimeter, ggr. = geringgradig, hgr.= hochgradig, mgr.= mittelgradig, M = Molar, OK = Oberkiefer, P = Prämolar, UK = Unterkiefer).

Patientennummer	Klinische Befunde und Begleitverletzungen	Therapie am Tag der bildgebenden Diagnostik
1	<p>Offene UK-Symphysiolyse, instabile, offene traumatische Gaumenspalte mit Dislokation und Weichteilverletzung auf einer Länge von etwa 4 cm, Zahnfrakturen im OK</p> <p>Ggr. Exophthalmus rechts (Abb. 14A)</p>	<p>Reposition und Fixation der offenen UK-Symphysiolyse mit 0,6er Drahtcerclage, Drainage, Fixation der Gaumenspalte mit 1,25er Kirschner Bohrdraht und 0,6er Drahtcerclage in 8er Tour, Wundverschluss der offenen Gaumenspalte mit Einzelheften (4/0 Monocryl), Ösophagussonde</p>
2	<p>UK-Symphysiolyse, Malokklusion und Deviation des Unterkiefers nach links, Luxation des rechten Temporomandibulargelenkes nach kranial</p> <p>Lungenkontusion</p>	<p>Reposition und Fixation der UK-Symphysiolyse mit 0,6er Drahtcerclage, Reposition der Kiefergelenksluxation links, UK- und OK-Caninus eingeschliffen</p>
3	<p>Ggr. Thoraxerguss, ggr. Pneumomediastinum</p>	<p>Keine chirurgische Therapie erforderlich</p>
4	<p>Hgr. Malokklusion, UK-Symphysiolyse, UK-Haut ist bis auf die Mitte des UK-Knochens abgeledert, hgr. Schwellung im sublingual mit Einengung des Rachens, hgr. instabile Impressionsfraktur rechter OK</p> <p>Exophthalmus links, Hyposphagma links, Hyphäma beiderseits</p>	<p>Euthanasie auf Besitzerwunsch</p>

<p>5</p>	<p>UK-Symphysiolyse; Dislokation der Maxilla um etwa 4mm nach links;</p> <p>Mgr. Exophthalmus und ggr. Hyphäma rechts</p>	<p>Reposition und Fixation der UK-Symphysiolyse mit 0,6er Drahtcerclage, Ösophagussonde</p> <p>Tarsorrhaphie rechts</p>
<p>6</p>	<p>Zusammenhangstrennung der Haut auf etwa 1 cm im linken Kinnbereich, Verletzung kommuniziert mit der UK-Symphysiolyse, traumatische Gaumenspalte (klinisch stabil), Dislokation der Maxilla um ca. 3mm nach rechts mit resultierender Malokklusion im Bereich der Canini und Backenzähne</p>	<p>Wundaufrischung am Kinn, Drainage, Reposition und Fixation der UK-Symphysiolyse mit 0,6er Drahtcerclage, Gaumenspalte stabil und gedeckt, Kürzen des rechten UK-Caninus (um Einbiss zu verhindern) Ösophagussonde</p>
<p>7</p>	<p>UK-Symphysiolyse, ca. 4-5 cm lange, offene, traumatische Gaumenspalte (klinisch stabil), linker UK: Abloderung der Lefzenschleimhaut von der Gingiva, Zunge ca. 2,5 cm im ersten Drittel von rechts quer eingerissen, kraniales Drittel rechts dorsal dunkel verfärbt</p>	<p>Reposition und Fixation der UK-Symphysiolyse mit 0,6er Drahtcerclage, Weichteilverschluss der Gaumenspalte mit liegenden U-Heften (2/0 Monocryl, 3/0 Monocryl) und Einzelheften (4/0 Monocryl), Wundaufrischung der Verletzung am linken UK, Drainage, Zungenriss mit Einzelhefte (4-0 Polysorb) adaptiert, Ösophagussonde</p>
<p>8</p>	<p>UK-Symphysiolyse mit Dislokation des rechten UK-Astes nach distal und Avulsion der Umschlagfalte bis zum M1 rechts, gedeckte, mgr. instabile, traumatische Gaumenspalte, Abriss der Umschlagfalte im Oberkiefer links vom Diastema distal des Caninus bis zum P4, hochgradige Malokklusion und Instabilität des linken Unterkieferastes im Kiefergelenksbereich</p>	<p>Reposition und Fixation der UK-Symphysiolyse mit einem 1,2er Kirschner-Bohrdraht und 0,6er Drahtcerclage, Fixation der Gaumenspalte mit transmaxillärem 1,5er Kirschner-Bohrdraht, Wundaufrischung, Wundverschluss mit Einzelheften (4-0 Monocryl), Ösophagussonde</p>

<p>9</p>	<p>UK-Symphysiolyse, Schleimhaut im Bereich des rechten UK-Astes bis M1 labial abgeledert und verschmutzt, deutliche Diastase, knöcherne Stufe im OK palpabel (ohne Schleimhautdefekt, stabil)</p>	<p>Reposition und Fixation der UK-Symphysiolyse mit 0,6er Drahtcerclage, Adaptaion der Schleimhaut nach Wundauffrischung mit Einzelhefte (4/0 Monocryl), Drainage; Alveole des linken OK-Caninus auskürretiert</p>
<p>10</p>	<p>Offene, instabile, traumatische Gaumenspalte, Diastase ca. 5-7mm breit, UK-Symphysiolyse, offene lange Schrägfraktur des rechten Corpus mandibulae distal des Caninus im Bereich des Diastema, Malokklusion infolge einer Retrognathie des UK</p> <p>Hyposphagma beiderseits (Abb. 14B)</p>	<p>Weichteilverschluss der Gaumenspalte mit liegenden U-Heften (2/0 Monocryl, 3/0 Monocryl) und Einzelheften (4/0 Monocryl), Stabilisation durch transmaxillären 1,2er Kirschner Bohrdraht distal der Canini, Reposition und Fixation der UK-Symphysiolyse und Fraktur des rechten Corpus mandibulae durch axial eingebrachten 1,2er Kirschner Bohrdraht vom linken Kinnbereich in den rechten UK-Ast und transmandibulären 1er Kirschner Bohrdraht auf Höhe des P3, Ösophagussonde</p>
<p>11</p>	<p>Kronenfraktur aller 4 Canini, linker OK-Caninus mit Kronentrümmerfraktur bis in die Alveole reichend, links und rechts je eine perforierende Rissverletzung am Kinn (je ca. 7 mm lang) Hämatom mental, 3mm lange Rissverletzung am Rand der Zungenspitze rechts</p> <p>Ggr. Lungenkontusion</p> <p>Metacarpalserienfraktur 3-5 links</p>	<p>Wundauffrischung am Kinn; Extradktion des linken OK-Caninus, Verschluss der Extradktionswunde mit 2 Einzelheften (4/0 Monocryl), restliche 3 Canini: direkte Überkappung mit Kalziumhydroxid und Verschluss mit Phosphatzement, Zungenverletzung unbehandelt belassen</p> <p>Operative Versorgung der Metacarpalserienfraktur mittels intramedullären Pins</p>

<p>12</p>	<p>Fraktur Os pubis rechts, Iliosakralgelenksluxation links, Fraktur Tabula ossi ischii beiderseits</p> <p>Rechtes Auge: Hyposphagma und Hyphäma, linkes Auge: Miosis, Nickhautvorfall beidseits</p> <p>Ggr. Lungenkontusion</p>	<p>Reposition der Iliosakralgelenksluxation links, Fixation mit einer 2,7 Zugschraube</p>
<p>13</p>	<p>Trümmerfraktur der Krone des linken OK P4 und P3, sowie der Krone des linken UK-Caninus</p> <p>Oberflächliche Abrasionsverletzungen am Kopf und zwischen den Schulterblättern</p>	<p>Extraktion genannter Zähne; Wurzel des linken UK-Caninus und palatinale Wurzel des P4 im linken OK ausgebohrt, beide Wurzeln des P3 linker OK verschlossen, Verschluss der ausgebohrten Zähne, Einzelhefte (4-0 Monocryl), Extraktionswunde des P4 linker OK durch Präparation eines einfachen bukkalen Flap gedeckt</p>
<p>14</p>	<p>UK-Symphysiolyse mit offener Weichteilverletzung im Kehlgangsbereich (perforierende Rißwunde 2cm lang), offene traumatische Gaumenspalte mit ggr. Instabilität, Trümmerfraktur des rechten OK P4 mit Fraktur des Processus alveolaris, ggr. instabil</p>	<p>Wundreinigung- und Spülung, Reposition und Fixation der UK- Symphysiolyse mit 0,6er Drahtcerclage, Auffrischung der Weichteilverletzung im Kehlgangsbereich und teilweiser Verschluss mit Einzelheften (3/0 Resolon), Wundverschluss der Gaumenspalte mit Einzelheften (4/0 Monocryl), Entfernung der Trümmer der Krone des rechten OK P4 und Wundverschluss mit Einzelheften (4/0 Monocryl), Ösophagussonde</p> <p>Agonie in der Aufwachphase, erfolgreiche Reanimation, erneute Apnoe mit Streckkrämpfen und Opistotonus, Euthanasie</p>

Eigene Untersuchungen

15	UK-Symphysiolyse	Reposition und Fixation der UK-Symphysiolyse mittels 05er Drahtcerclage, Extraktion 3 lockerer Incisivi
17	UK-Symphysiolyse Mgr. Exophthalmus links, Schwellung des linken Unterlids, Hyposphagma rechts	Reposition und Fixation der UK-Symphysiolyse mit 06er Drahtcerclage Partielle Tarsorrhaphie links
18	UK-Symphysiolyse, offene, instabile, traumatische Gaumenspalte, Ablederung am Kinn ca. 0,5 cm im Durchmesser	Reposition und Fixation der UK-Symphysiolyse mit 06er Drahtcerclage; Weichteilverschluss der Gaumenspalte mit liegenden U-Heften (2/0 Monocryl, 3/0 Monocryl) und Einzelheften (4/0 Monocryl), Stabilisation durch transmaxillären 1,2er Kirschner Bohrdraht distal der Canini; Wundauffrischung am Kinn
19	Vermutlich mehrere Tage alte Avulsionsverletzung des sublingualen Weichteilgewebes mit ausgedehnten Nekrosen und hgr. sublingualer Ödembildung, Fraktur des Corpus mandibulae mit Fraktur des linken UK-Caninus, Dislokation des denudierten linken UK nach oral (Abb. 13)	Wundauffrischung: Entfernung des nekrotischen Gewebes und der nekrotischen Knochenfragmente des linken UK-Caninus, im Bereich der UK-Symphyse keine kontralaterale Abstützung des Knochens aufgrund Substanzmangels, Stellen der UK-Äste mit transmandibulärem 1,2er Kirschner Bohrdraht, Ösophagussonde Exitus letales in der Aufwachphase
20	UK-Symphysiolyse Milzruptur	Reposition und Fixation der UK-Symphysiolyse mit 06er Drahtcerclage Splenektomie

Eigene Untersuchungen

21	Ggr. Abrasionsverletzung an der Unterlippe rechts, ca. 1 cm langer oberflächlicher Defekt ventral an der Zunge	Keine chirurgische Therapie erforderlich
22	Offene traumatische Gaumenspalte, klinisch stabil (3,5 cm lang), Krepitation bei Manipulation im Bereich des distalen linken Corpus mandibulae, keine Instabilität im UK, kein Hinweis auf Malokklusion	Verschluss der Gaumenspalte mit Einzelheften (4/0 Vicryl), linker UK: Versuch der konservativen Frakturheilung
23	Distale Femurepiphysiolyse links: Salter Harris Typ II	Distale Femurepiphysiolyse mit metaphysärem Ausbruch medial, Reposition, Fixation mittels 3 x 1,0er Kirschner-Pins
24	Malokklusion durch Abkipfung der linken OK-Seitenzahnreihe nach palatinal, nicht reponierbar, klinisch stabil, UK-Symphysiolyse, Ggr. Exophthalmus links	Reposition und Fixation der UK-Symphysiolyse mit 0,6er Drahtcerclage, Gegenöffnung mental angelegt, Ösophagussonde
25	Linker OK-Caninus mit tiefer, komplizierter Kronenfraktur eines juvenilen Dens permanens	Extraktion linker OK-Caninus
26	UK-Symphysiolyse, Instabilität und Krepitation im Bereich des linken Kiefergelenkes, Deviation des linken Processus alveolaris des OK nach palatinal, Malokklusion, komplizierte Kronenfraktur des linken UK-Caninus auf Gingivaniveau	Reposition und Fixation der UK-Symphysiolyse mit 0,6er Drahtcerclage, Verblockung der Kiefer einseitig mit parapulpären Stiften und Compositeverblockung

Eigene Untersuchungen

27	<p>Instabile Fraktur der rechten Maxilla, offen im medialen und distalen Bereich, UK-Symphysiolyse mit Stückfraktur unmittelbar distal des rechten UK-Caninus</p> <p>Ggr. Exophthalmus, Hyphäma und Hyposphagma links</p> <p>Ggr. Abrasionsverletzung rechtes Oberlid</p> <p>(Abb. 15A)</p>	<p>Instabile Fraktur der Maxilla mit 1,2er Kirschner Bohrdraht transmaxillär fixiert,</p> <p>UK-Symphysiolyse mit Stückfraktur unmittelbar distal des rechten UK-Caninus: Fixierung mittels Pin nicht möglich, daher Resektion des Fragmentes, Fixation beider UK-Seiten transmandibulär medial der P3 mittels 1,2er Kirschner Bohrdraht und Stabilisation mittels 0,6er Drahtcerclage,</p> <p>Ösophagussonde</p> <p>Euthanasie aufgrund hgr. Atemnot (nasale Obstruktion)</p>
28	<p>Großflächige Hornhautperforation links</p>	<p>Bulbusexstirpation links</p>
29	<p>Instabile Fraktur des linken Corpus mandibulae distal des Caninus, gedeckt mit ggr. Dislokation</p>	<p>Fixation beider UK-Äste über transmandibulären 1,2er Kirschner Bohrdraht zwischen P3 und P4 und 1mm Bohrdraht zwischen P4 und M1 nach distal des M1 am linken UK</p>
30	<p>Mgr. Malokklusion im Seitenzahnbereich aufgrund Abkippung des linken OK-Kammes nach palatinal, UK-Symphysiolyse</p> <p>Radialisparese vorne links</p>	<p>Wundauffrischung, Reposition und Fixation der UK-Symphysiolyse mit 0,6er Drahtcerclage, Ösophagussonde</p> <p>Physiotherapie</p>
31	<p>Quetsch-Riss-Verletzung des Weichteilgewebes am linken UK mit Lazeration der rechten UK-Umschlagfalte</p> <p>(Abb. 15B)</p>	<p>Wundumschneidung und -auffrischung, Reposition und Fixation der Umschlagfaltenschleimhaut mit U-Heften (4/0 Monocryl) um die Zähne geführt, Verschluss der mentalen Verletzung mit Einzelhefte (4/0 Ethilon), Drainage</p>

Eigene Untersuchungen

32	<p>Gingiva labial am rechten UK- Ast abgeledert, hgr. eitrige Exsudation</p>	<p>Wundenauffrischung, Adaptation der Wundränder mit Einzelhefte (4/0 Monocryl), Drainage, Ösophagussonde</p> <p>Euthanasie auf Besitzerwunsch</p>
33	<p>Offene traumatische Gaumenspalte mit Diastase (ca. 1mm) und mgr. Dislokation im rostralen Bereich (ca. 2mm) in der horizontalen Ebene, klinisch stabil</p> <p>Hyposphagma und Ablatio retinae ventralis rechts</p>	<p>Wundenauffrischung, Adaptation mit 2 liegenden U- und Einzelheften (3-0 Monocryl), Ösophagussonde</p>
34	<p>Großflächige Lazerationsverletzung der linken UK-Lefze, mgr. eitrige Exsudation, traumatische Gaumenspalte, klinisch stabil, offene Fraktur des Processus palatinus der Maxilla rechts im Bereich des P4/M1</p>	<p>Wundenauffrischung, Wundverschluss der UK-Verletzung mit Einzelheften (4/0 Ethilon), Drainage, Verschluss der palatinalen Wunde mit Einzelheften (4/0 Monocryl)</p>



Abb. 13: Patient Nr. 19: Offene Fraktur des Corpus mandibulae links mit Beteiligung des Unterkiefercaninus, Avulsionsverletzung des sublingualen Weichteilgewebes mit ausgedehnten Nekrosen und hochgradig sublingualer Ödembildung.



Abb. 14A.



Abb. 14B.

Abb. 14: Intraoperativer Situs: traumatische Gaumenspalte:

A: Patient Nr. 1: Zustand einer offenen, instabilen traumatischen Gaumenspalte vor der chirurgischen Versorgung. Die Versorgung erfolgt durch Fixation der Gaumenspalte mit einem 1,25er Kirschner Bohrdraht und 0,6er Drahtcerclage in 8er Tour, Auffrischung der medialen Wundränder, Unterminierung der Gaumenschleimhaut, spannungsfreier appositioneller Wundverschluss mit Einzelhefte. Zusätzliche Befunde: Zahnfrakturen im Oberkiefer.

B: Patient Nr. 10: Zustand einer offenen, instabilen traumatischen Gaumenspalte nach Wundrevision. Die Versorgung erfolgt durch Unterminierung der Gaumenschleimhaut und einem spannungsfreien appositionellen Wundverschluss mit Einzelhefte. Die Stabilisation wird durch einen transmaxillären 1,2er Kirschner Bohrdraht distal der Canini erreicht.



Abb. 15A.



Abb. 15B.

Abb. 15: Katzen mit einem geringgradigen Schädel-Hirn-Trauma und hochgradigen kraniofazialen Verletzungen: Zustand vor der chirurgischer Versorgung.

A: Patient Nr. 27: Deformation des Oberkiefers, Deviation des Unterkiefers nach rechts, Malokklusion, fehlender Kieferschluss, nasale und orale Blutung, Exophthalmus und Hyphäma links, starre Pupille in Mydriasis, geringgradige Abrasionsverletzung rechtes Oberlid.

B: Patient Nr. 31: Hochgradige Weichteilschwellung periokulär, geringgradige Abrasionsverletzung linkes Oberlid, Nickhautvorfall rechts, fehlender Kieferschluss, Hypersalivation, nasale Blutung.

3.1.3 Vorbereitung des Patienten

3.1.3.1 Neurologische Untersuchung

Bei allen Tieren wird zum Zeitpunkt der Vorstellung eine allgemein klinische Untersuchung und im Anschluss daran eine klinisch neurologische Untersuchung durchgeführt. Anhand der neurologischen Befunde erfolgt die Einteilung des Patienten nach dem MGCS. Tiere im Schock werden zunächst stabilisiert. In Abhängigkeit von den traumatischen Verletzungen werden bei den Katzen weiterführenden Untersuchungen, wie Röntgen, Sonographie oder Laboruntersuchungen durchgeführt. Der modifizierte GCS wird am Tag der CT-Untersuchung erneut evaluiert. Zu diesem Zeitpunkt kann eine Beeinflussung des MGCS durch ein Schockgeschehen weitestgehend ausgeschlossen werden.

3.1.3.2 Anästhesie

Die korrekte Durchführung der bildgebenden Diagnostik erfordert bei allen Patienten eine Allgemeinanästhesie. Am wachen Patienten ist eine korrekte Lagerung des Kopfes, eine Reduktion der Strahlenexposition des Radiologen und die Durchführung einer computertomographischen Untersuchung nicht möglich.

5 (15%) Tiere erhalten eine Kurznarkose, da klinisch keine interventionspflichtigen Verletzungen ersichtlich sind. Die Narkose wird intravenös mit 0,2 mg/kg Körpermasse Diazepam¹ und 5mg/kg Körpermasse Propofol² eingeleitet und mit 0,5 mg/kg Körpermasse Propofol⁴ intravenös erhalten.

29 (85%) Katzen haben Verletzungen, die im Anschluss an die bildgebende Diagnostik chirurgisch versorgt werden müssen. Die Narkose erfolgt bei dieser Patientengruppe intramuskulär mit 0,05 mg/kg Körpermasse Medetomidin³ und 5 mg/kg Körpermasse Ketamin⁴ und wird intravenös mit 0,2 mg/kg Körpermasse Diazepam³ erhalten.

¹ Diazepam-ratiopharm 10®, ratiopharm GmbH, Ulm

² ProFlo Vet®, albrecht GmbH, albrecht GmbH, Aulendorf

³ Domitor®, Pfizer GmbH, Berlin

⁴ Ketamin 10%®, medistar, Holzwickede

3.1.3.3 Lagerungstechnik

Zur Anfertigung der computertomographischen Untersuchungen des Kopfes werden die Tiere in Brust-Bauchlage oder Rückenlage mit nach kranial gestreckten Vordergliedmaßen fixiert. Die symmetrische Lagerung wird durch Lagerungshilfen im Kopfbereich gewährleistet. Ist eine symmetrische Lagerung des Schädels aufgrund der traumatischen Veränderungen im Kopfbereich nicht möglich, werden die Bilder im Anschluss an die computertomographische Untersuchung nachbearbeitet.

Für die Röntgenbilder werden die Patient zunächst in Brust-Bauchlage verbracht und eine dorso-ventrale Aufnahme des Kopfes angefertigt. Der Zentralstrahl wird senkrecht zur Kassette, auf die Medianlinie des Kopfes in Höhe des temporalen Augenwinkels gerichtet. Die Kehlränder des Unterkiefers sind auf gleicher Höhe und der harte Gaumen parallel zur Kassette gelagert (Abb. 16 und 17).

Die Anfertigung der zweiten Ebene erfolgt im latero-lateralen Strahlengang. Der Zentralstrahl wird dafür senkrecht zur Kassette auf Höhe des Kiefergelenkes ausgerichtet. Die Medianebene des Kopfes wird parallel zur Kassette gelagert (Abb. 18 und 19).

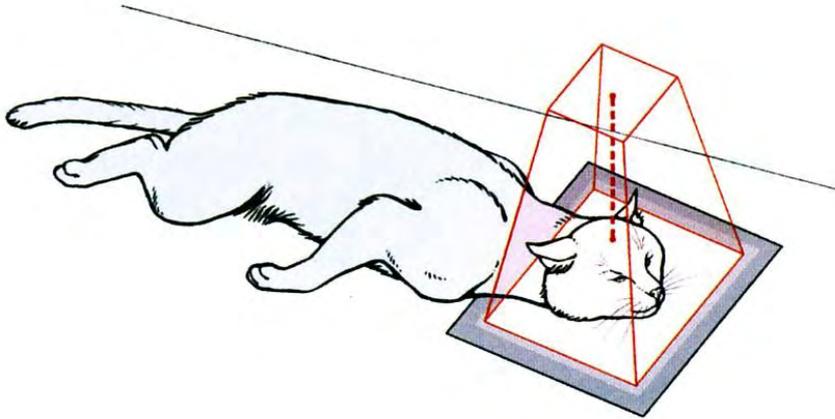


Abb. 16: Lagerung einer Katze zur Anfertigung einer dorso-ventralen Röntgenaufnahme des Kopfes (WAIBL und KÖSTLIN, 2004).



Abb. 17: Lagerung einer Schädel-Hirn-Trauma Katze zur Anfertigung einer dorso-ventralen Röntgenaufnahme des Kopfes.

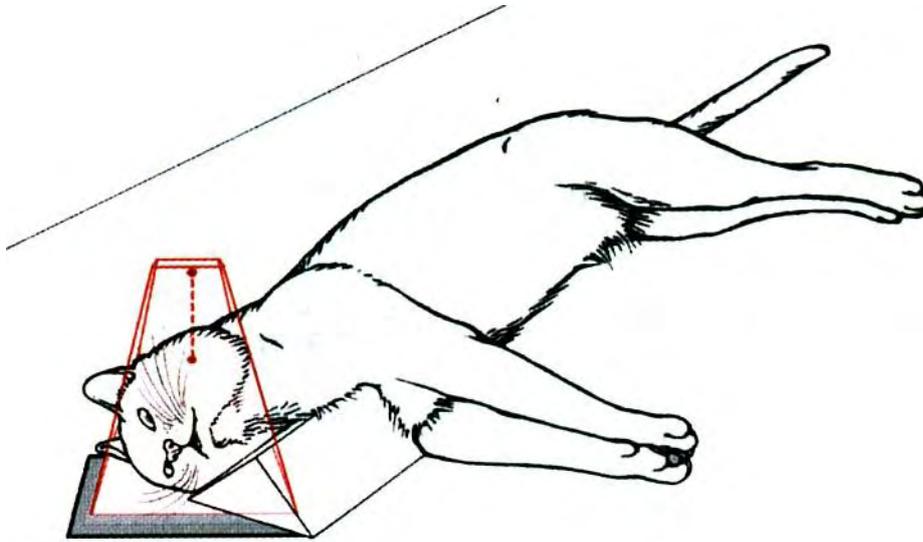


Abb. 18: Lagerung einer Katze zur Anfertigung einer latero-lateralen Röntgenaufnahme des Kopfes (WAIBL und KÖSTLIN, 2004).

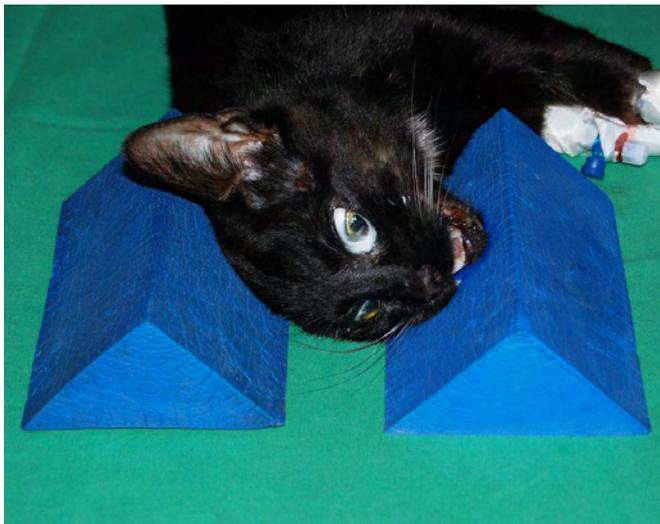


Abb. 19: Lagerung einer Schädel-Hirn-Trauma Katze zur Anfertigung einer latero-lateralen Röntgenaufnahme des Kopfes.

3.1.3.4 Computertomographie- und Röntgenbildmaterial

Im ersten Teil dieser Arbeit werden native CT-Untersuchungen des Kopfes von insgesamt 34 Katzen mit einem kraniofazialen Trauma angefertigt und im Hinblick auf intrakranielle und knöchernen Veränderungen ausgewertet. Die Beurteilung erfolgt anhand reformatierter Dorsal-, Sagittal-, und Transversalschnitte sowie mit Hilfe von 3-D-Rekonstruktionen. Im Weichteilfenster werden intrakranielle Strukturen, im Knochenfenster der knöchernen Schädel beurteilt.

Im zweiten Teil dieser Arbeit erfolgt die jeweils zweimalig hintereinander verblindet durchgeführte Auswertung der Röntgen- und CT-Bilder. Dokumentiert werden alle sicher anzusprechenden knöchernen Veränderungen.

Es werden sowohl im ersten als auch im zweiten Teil der Arbeit 47 knöchernen Strukturen des Viszero- und Neurokraniums beurteilt.

Die Beurteilung der Röntgenbilder erfolgt ausnahmslos durch einen Diplomate des European College of Diagnostic Imaging (Dipl. ECVDI) der Klinik für Kleintiere der Justus-Liebig-Universität Gießen. Die Auswertung der CT-Bilder nimmt ein Resident des European College of Diagnostic Imaging der Klinik für Kleintiere der Justus-Liebig-Universität Gießen vor.

Im Anschluss an diese Auswertung erfolgt eine Überprüfung der röntgenologisch positiven Befunde, die computertomographisch negativ sind.

3.1.4 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung wird von der Arbeitsgruppe Biomathematik und Datenverarbeitung des Fachbereichs Veterinärmedizin der Justus-Liebig-Universität Gießen betreut und unter Verwendung der Statistikprogramm Pakete „BMDP/Dynamic 7.0“ (DIXON, 1993) und „BIAS“ (ACKERMANN, 2006) durchgeführt.

Die erhobenen Daten sind zunächst in eine Exceldatei zur weiteren Datenverarbeitung eingegeben worden. Dabei wird bei qualitativen Merkmalen eine Datenverschlüsselung vorgenommen.

Die ordinalen Merkmale werden nach Verfahren (Röntgen/CT) getrennt ein- und zweidimensional ausgezählt und in Form von ein- und zweidimensionalen Häufigkeitstabellen dargestellt.

Für jedes zu untersuchende Variablenpaar erfolgt die Überprüfung zweier Hypothesentypen:

1. Der Test auf Unabhängigkeit zwischen den Untersuchungsverfahren erfolgt wegen des vorliegenden Stichprobenumfangs mit dem exakten Test von Fisher.
2. Zur Überprüfung des Unterschiedes zwischen den zwei Verfahren bei dichotomen Merkmalen aus abhängigen Stichproben, wird der exakte McNemar-Symmetrietest als nichtparametrischer Test angewendet.

Der Anteil der übereinstimmenden Resultate wird mit Hilfe der Accuracy beschrieben. Als zusätzliches Beurteilungskriterium für das Röntgen wird die Spezifität und Sensitivität der Resultate inklusive deren Konfidenzintervalle [95%] angegeben, wobei der CT-Befund als Goldstandard angesehen wird.

Bei der Bewertung statistischer Signifikanzen wird das Signifikanzniveau $\alpha = 0,05$ zugrunde gelegt, d.h. als statistisch signifikant werden generell Unterschiede bzw. Abweichungen unterhalb einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von 5% ($p = 0,05$) betrachtet.

4. Ergebnisse

4.1 Kraniofaziale Veränderungen in der Computertomographie

Kraniofaziale Frakturen kommen in der vorliegenden Arbeit bei insgesamt 28 (82%) Patienten vor (Abb. 20-28). Alle in der CT diagnostizierten Veränderungen und deren Prävalenz, gemessen an der Gesamtzahl der untersuchten Patienten (n = 34) und den Patienten mit Frakturen (n = 28) sind im Anhang in Tab. 1 einsehbar.

Multiple (> 2) Gesichtsschädelfrakturen können bei 26 (77%) Katzen diagnostiziert werden (Abb. 20-22 und 24-28). 82% der Katzen haben Frakturen des Oberschädels, 80% Frakturen des Neurokraniums und das Viszerokranium weist bei 77% der Patienten Frakturen auf. Tabelle 7 führt die Knochen des Viszero- und Neurokraniums auf, die bei $\geq 50\%$ der Tiere frakturiert sind.

Die Diagnose einer Zusammenhangstrennung der Oberkiefersymphyse erfolgt bei 59% (Abb. 20B, 20D, 21A, 21C, 22 und 24A) der Katzen (n = 34). 56% der Patienten zeigen eine Unterkiefersymphysiolyse (Abb. 27C).

Tab. 7: Häufigkeitsverteilung der in der Computertomographie (CT) diagnostizierten Strukturen, die bei $\geq 50\%$ der Patienten frakturiert sind. Aufgeführt ist deren prozentualer Anteil gemessen an der Gesamtzahl der untersuchten Katzen ($n = 34$) und der Anzahl der Katzen mit Frakturen ($n = 28$). Unterstrichen sind die als Frakturlokalisierung eingestuft anatomischen Strukturen.

Frakturen in der CT	Anzahl der Patienten mit dieser Fraktur	Prozentualer Anteil (%) der Veränderungen aller Patienten ($n = 34$)	Prozentualer Anteil (%) der Veränderungen von Patienten mit Frakturen ($n = 28$)
Mandibula	24	71	86
Maxilla	24	71	86
Orbita	24	71	86
<u>Os ethmoidale</u>	23	68	82
<u>Os palatinum</u>	22	65	79
Os incisivum	20	59	71
<u>Os frontale</u>	20	59	71
Os sphenoidale	20	59	71
<u>Vomer</u>	20	59	71
<u>Septum nasi</u>	19	56	68
<u>Ossa conchae</u>	18	53	64

Intrakranielle Veränderungen können bei keinem der untersuchten Tiere computertomographisch festgestellt werden.

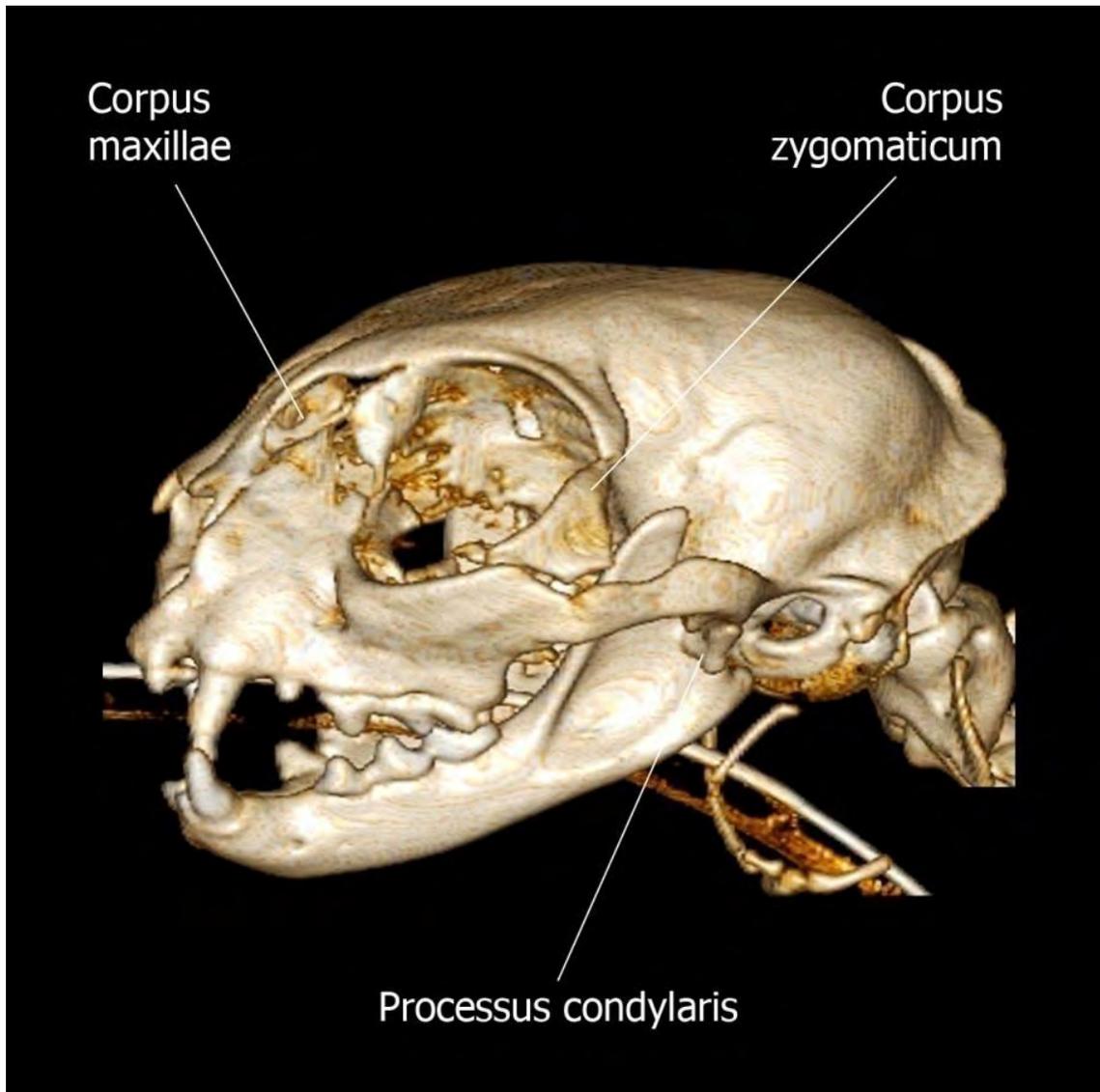


Abb. 20A: Patient Nr 4 mit multiplen Frakturen des Viszero- und Neurokraniums. 3-D Rekonstruktion des Schädels. Ansicht von links. Diagnosen: Trümmerfraktur des Corpus maxillae, Fraktur des Corpus zygomaticum und des Kiefergelenkes (Processus condylaris), multiple Frakturen der Orbita (Os lacrimale, Os frontale).

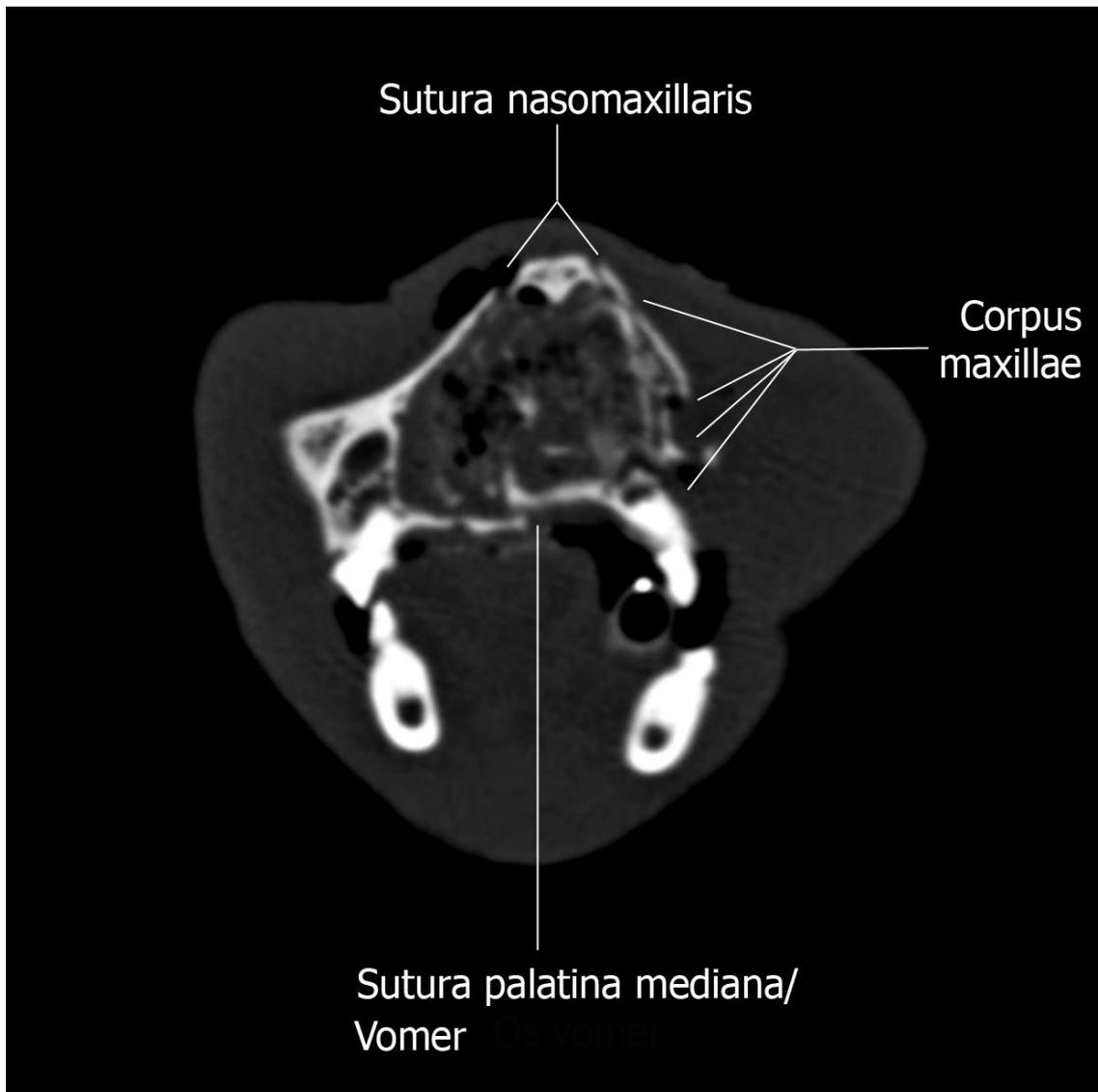


Abb. 20B: Patient Nr 4 mit multiplen Frakturen des Viszero- und Neurokraniums. CT transversal auf Höhe des Corpus maxillae, Knochenfenster. Diagnosen: Trümmerfraktur des Corpus maxillae links, Zusammenhangstrennung der Sutura nasomaxillaris beiderseits und der Sutura palatina mediana des Os palatinum, Fraktur des Vomer und des Septum nasi, Destruktion der Conchenstruktur und beiderseits hypointenses, weichteildichtes Material im Cavum nasi (V.a. Einblutung).

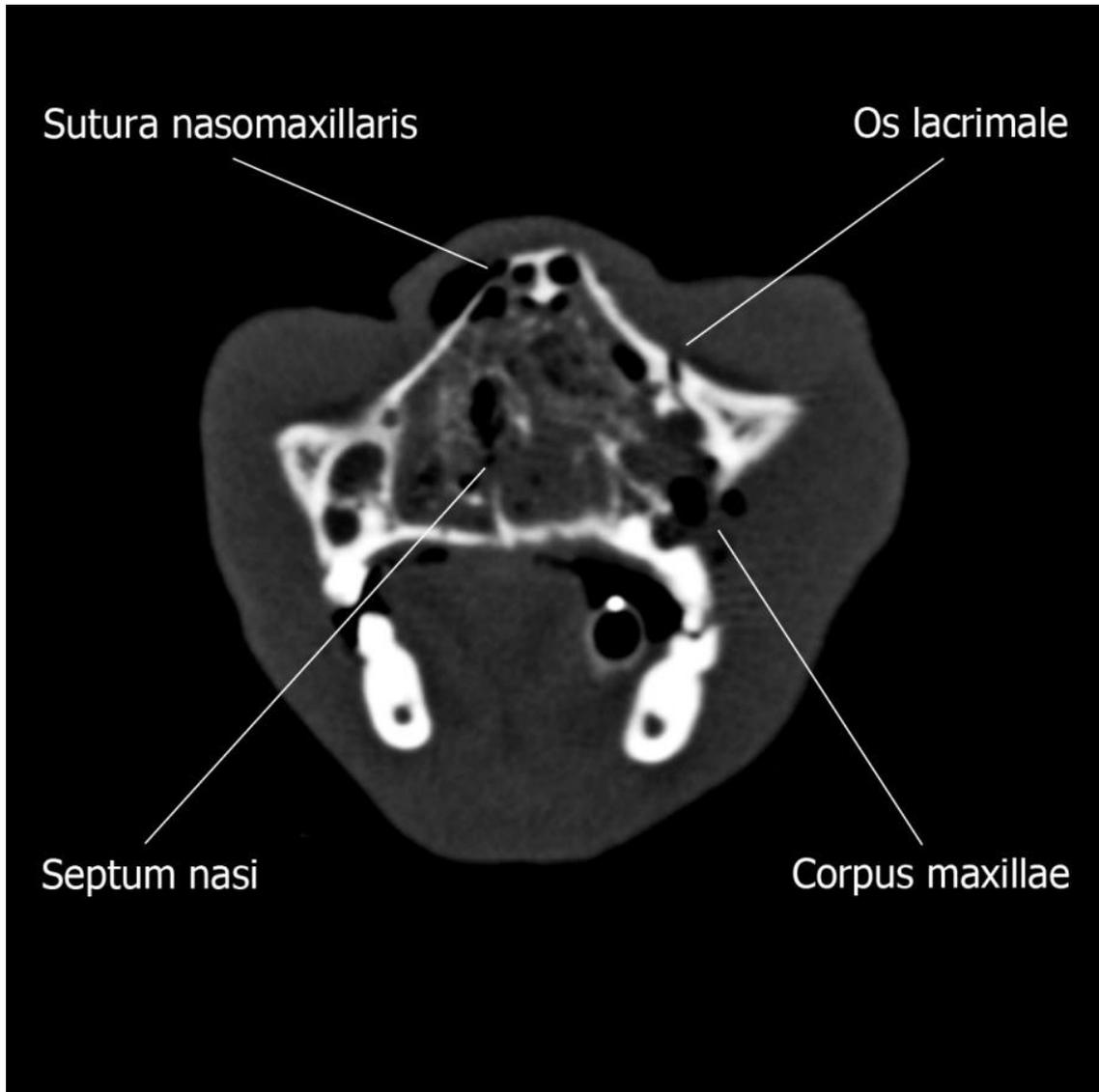


Abb. 20C: Patient Nr 4 mit multiplen Frakturen des Viszero- und Neurokraniums. CT transversal auf Höhe des kranialen Aditus orbitae, Knochenfenster. Diagnosen: Frakturen des Os lacrimale und des Corpus maxillae links, Zusammenhangstrennung der Sutura nasomaxillaris rechts, Fraktur des Septum nasi, Destruktion der Conchenstruktur, beiderseits hypointenses, weichteildichtes Material im Cavum nasi (V.a. Einblutung).

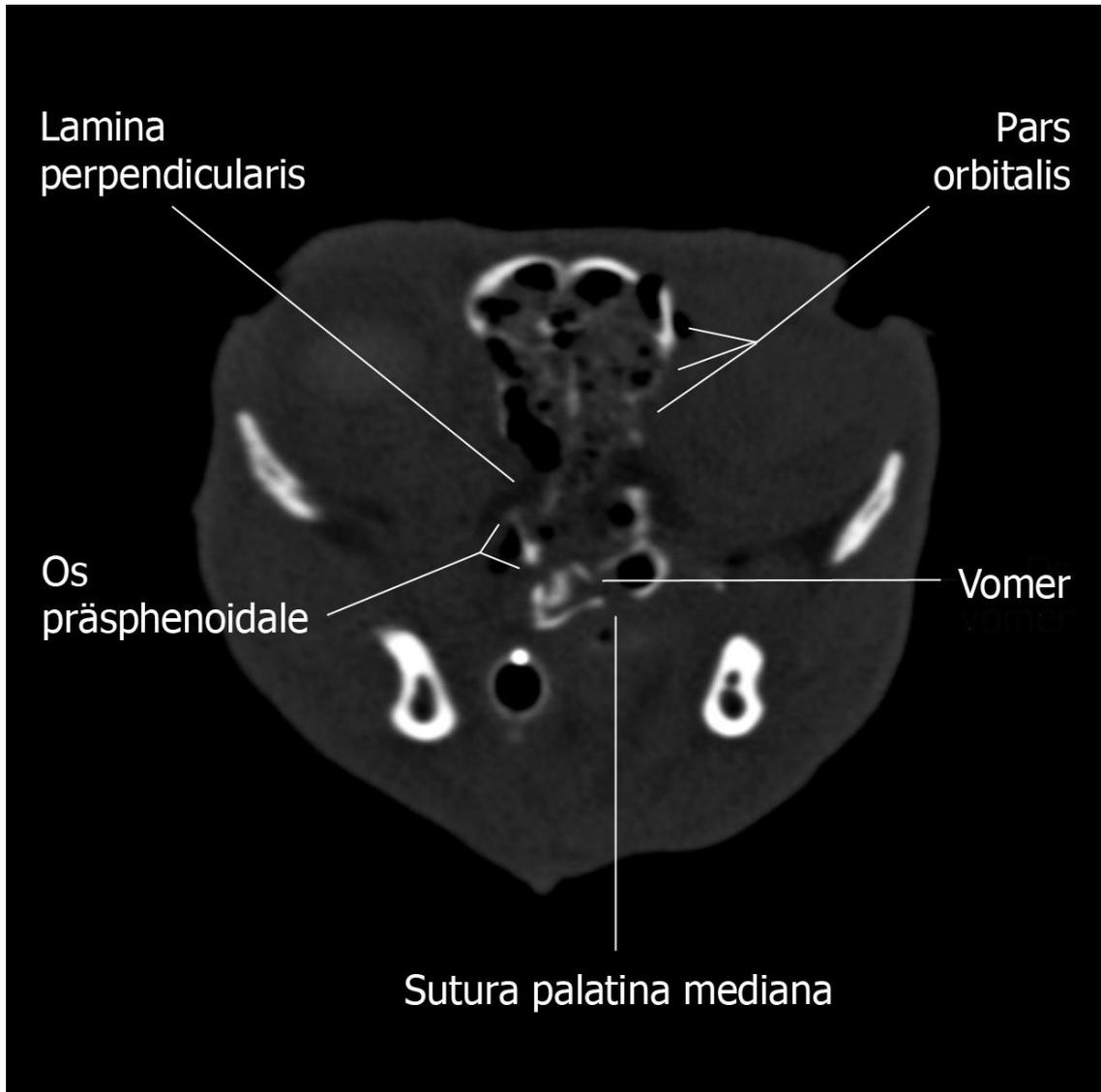


Abb. 20D: Patient Nr 4 mit multiplen Frakturen des Viszero- und Neurokraniums. CT transversal auf Höhe der kaudalen knöchernen Orbita, Knochenfenster. Diagnosen: Multiple Frakturen der Orbita (Pars orbitalis des Os frontale beiderseits, Lamina perpendicularis des Os palatinum beiderseits, Os ethmoidale beiderseits), Fraktur des Os präsphenoideale beiderseits mit Einengung des Meatus pharyngeus, Zusammenhangstrennung der Sutura palatina mediana des Os palatinum und der Sutura nasofrontalis links, Fraktur des Vomer, Destruktion der Conchen und des Septum nasi, gesamtes Cavum nasi und rechte Anteile des Meatus nasopharyngeus mit hypointensem Material gefüllt (V.a. Blutung), Exophthalmus links.

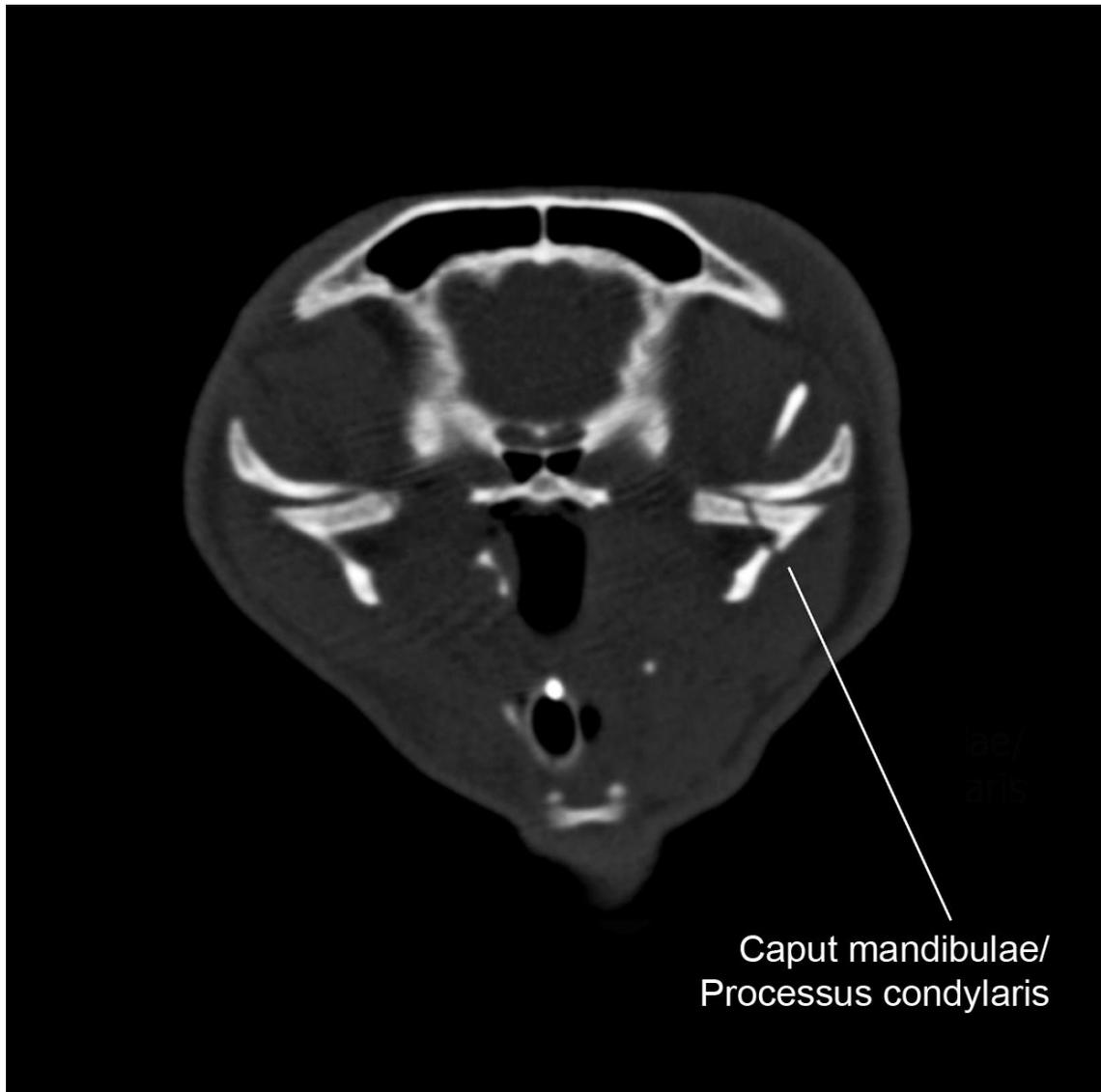


Abb. 20E: Patient Nr 4 mit multiplen Frakturen des Viszero- und Neurokraniums. CT transversal auf Höhe der Kiefergelenke, Knochenfenster. Diagnose: Schrägfraktur des Caput mandibulae des Processus condylaris links.

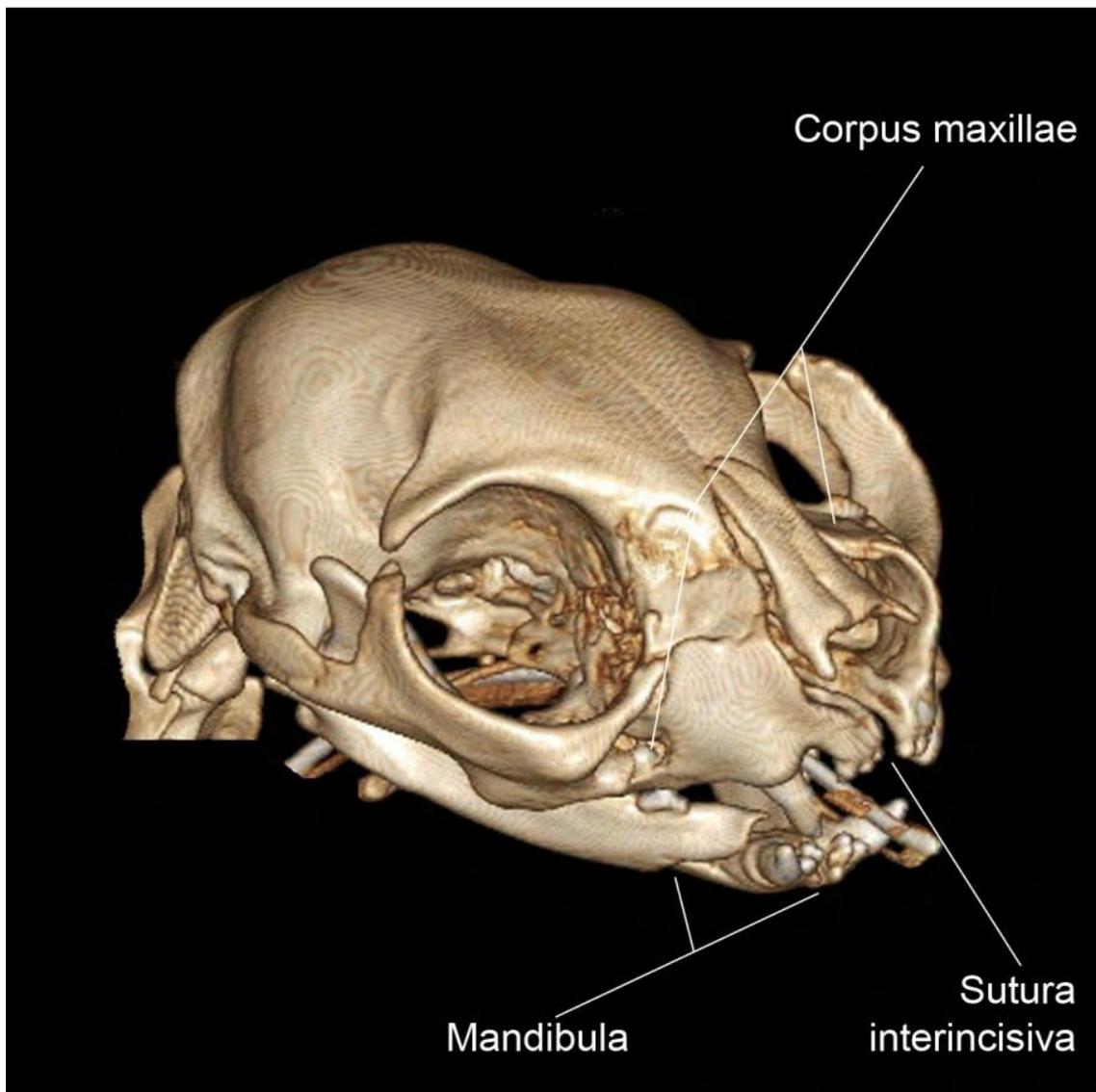


Abb. 21A: Patient Nr 10 mit multiplen Frakturen des Viszero- und Neurokraniums. 3-D Rekonstruktion des Schädels. Kranio-laterale Ansicht von rechts. Diagnosen: Impressionsfrakturen des Corpus maxillae beiderseits, Schrägfraktur des Corpus mandibulae rechts, Zusammenhangstrennung verschiedener Suturen: Sutura intermandibularis, Sutura interincisiva, Sutura nasoincisiva- und nasomaxillaris beiderseits und Sutura nasofrontalis rechts.

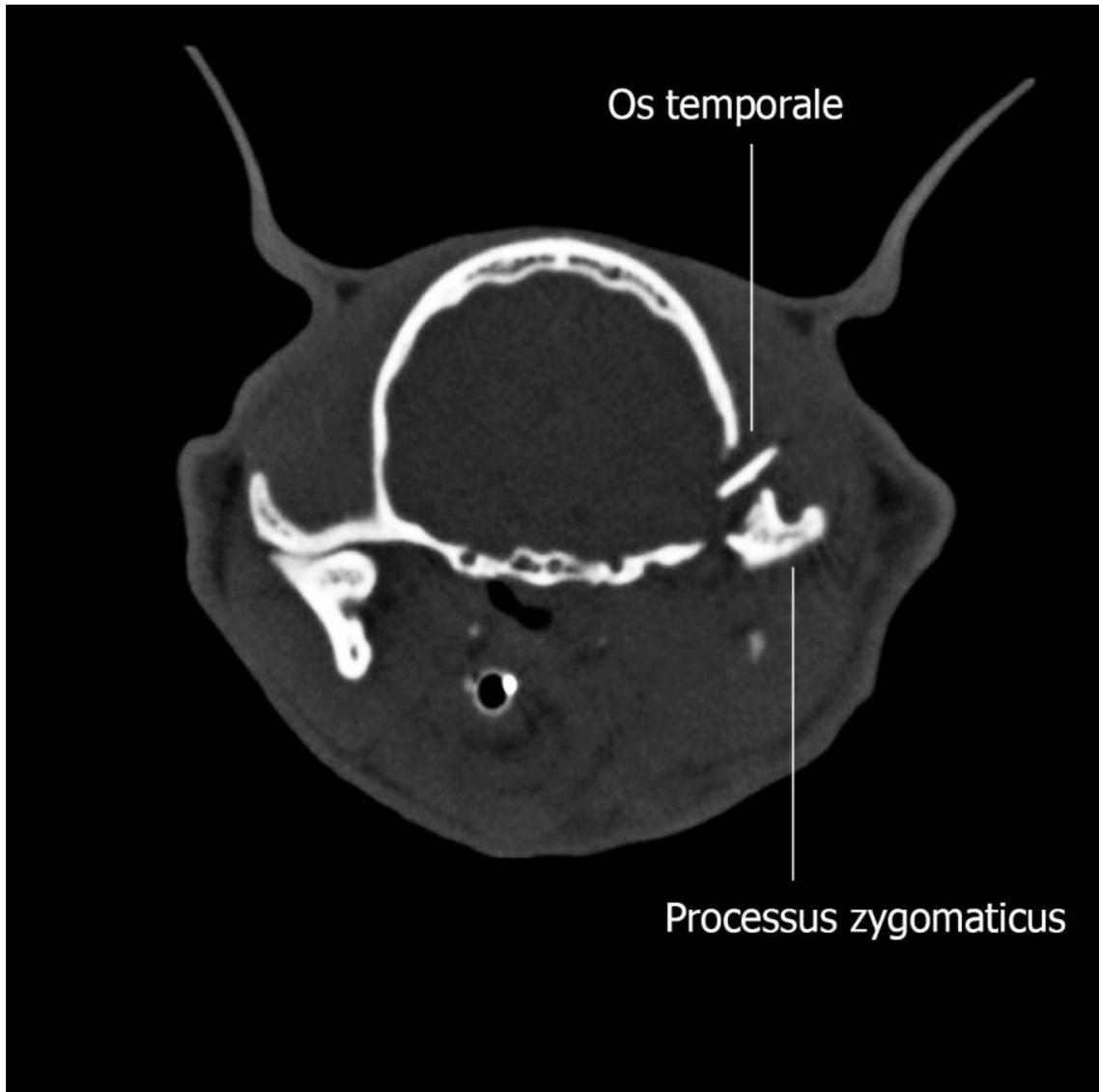


Abb. 21B: Patient Nr 10 mit multiplen Frakturen des Viszero- und Neurokraniums. CT transversal auf Höhe der Kiefergelenke, Knochenfenster. Diagnosen: Stückfraktur des Os temporale links mit Eröffnung der Schädelhöhle, Fraktur an der Basis des Processus zygomaticus des Os temporale links mit Eröffnung der Schädelhöhle.

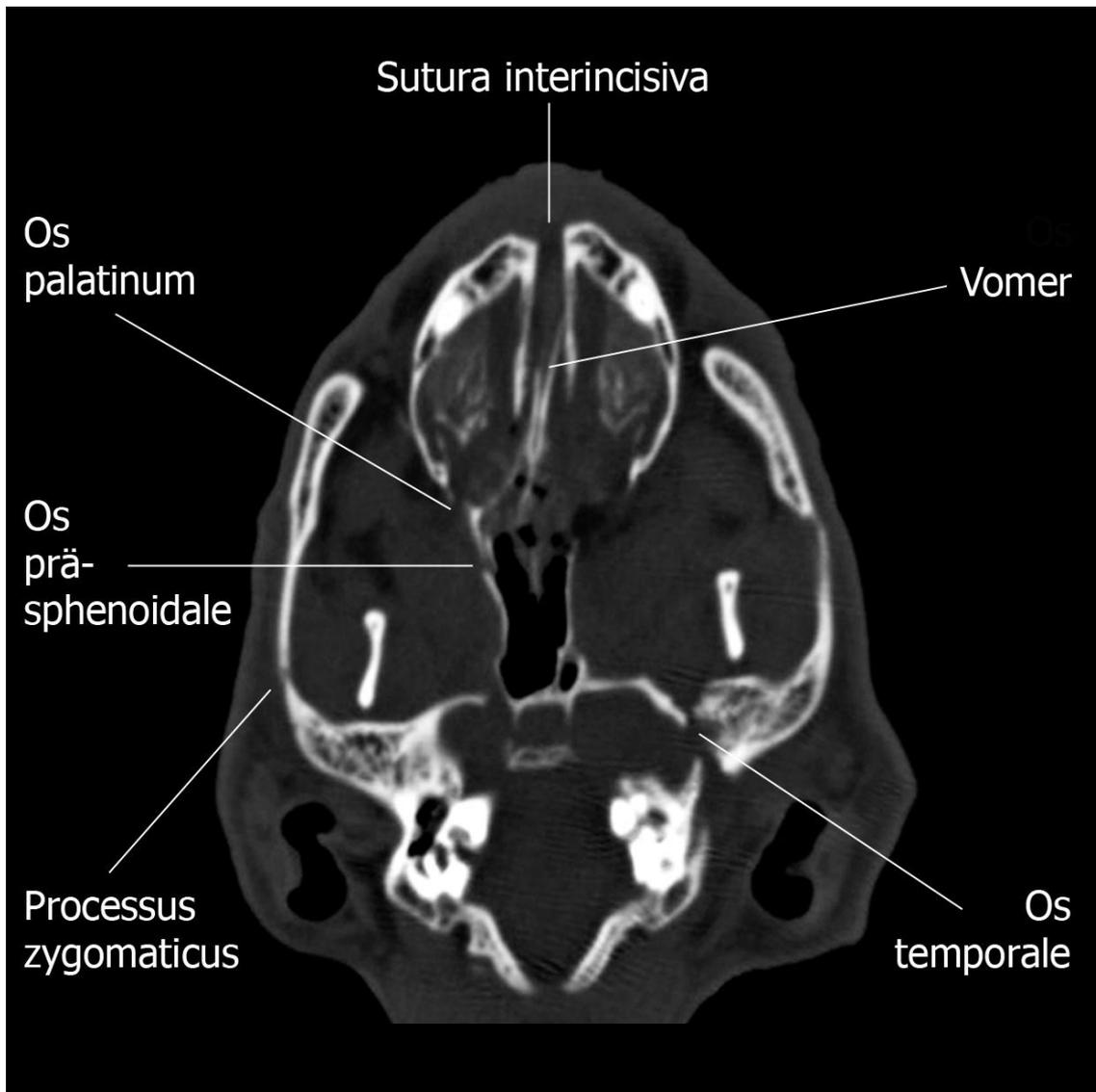


Abb. 21C: Patient Nr 10 mit multiplen Frakturen des Viszero- und Neurokraniums. Dorsale Schnittführung im Bereich der Basis des Processus zygomaticus des Os temporale, Knochenfenster. Diagnosen: Fraktur des Os palatinum beiderseits, Fraktur des Os prä-sphenoidale beiderseits, Fraktur der Basis des Processus zygomaticus des Os temporale mit Eröffnung der Schädelhöhle links, Fraktur des Vomer, Zusammenhangstrennung der Sutura interincisiva unter Beteiligung der Sutura palatinum mediana der Maxilla.

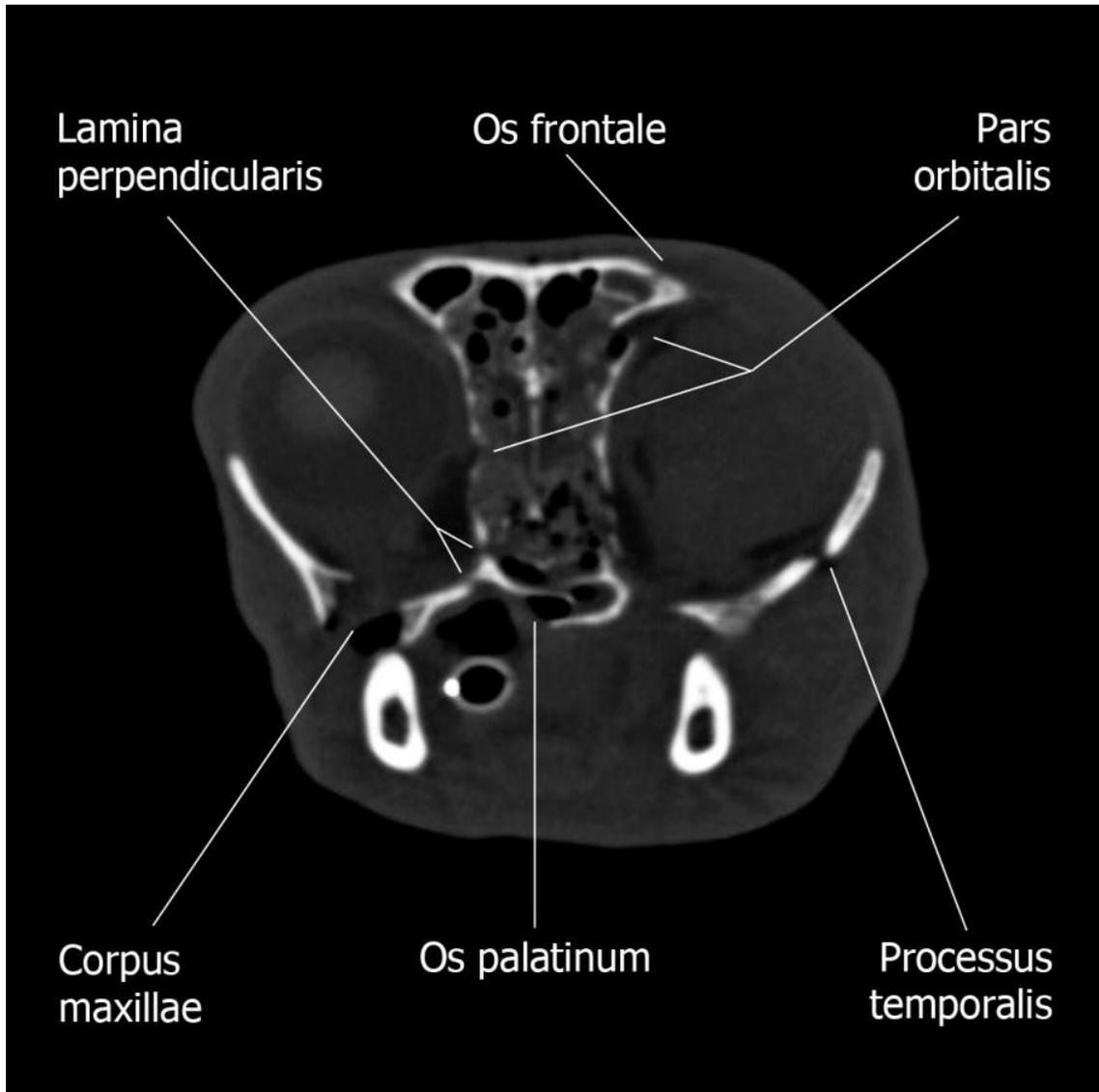


Abb. 22: Patient Nr. 27: Multiple Frakturen des Viszero- und Neurokraniums.
CT transversal auf Höhe der mittleren knöchernen Orbita, Knochenfenster. Diagnosen: multiple Orbitafrakturen beiderseits (Pars orbitalis des Os frontale beiderseits, Lamina perpendicularis des Os palatinum beiderseits, Corpus maxillae rechts, Processus temporalis des Os zygomaticum links), Fraktur des Os palatinum in der Sutura palatina mediana mit Dislokation des rechten Frakturendes in den Meatus nasopharyngeus, Destruktion des Septum nasi und der Conchenstruktur, beiderseits hypointenses, weichteildichtes Material im Cavum nasi (V.a. Einblutung), Exophthalmus links.

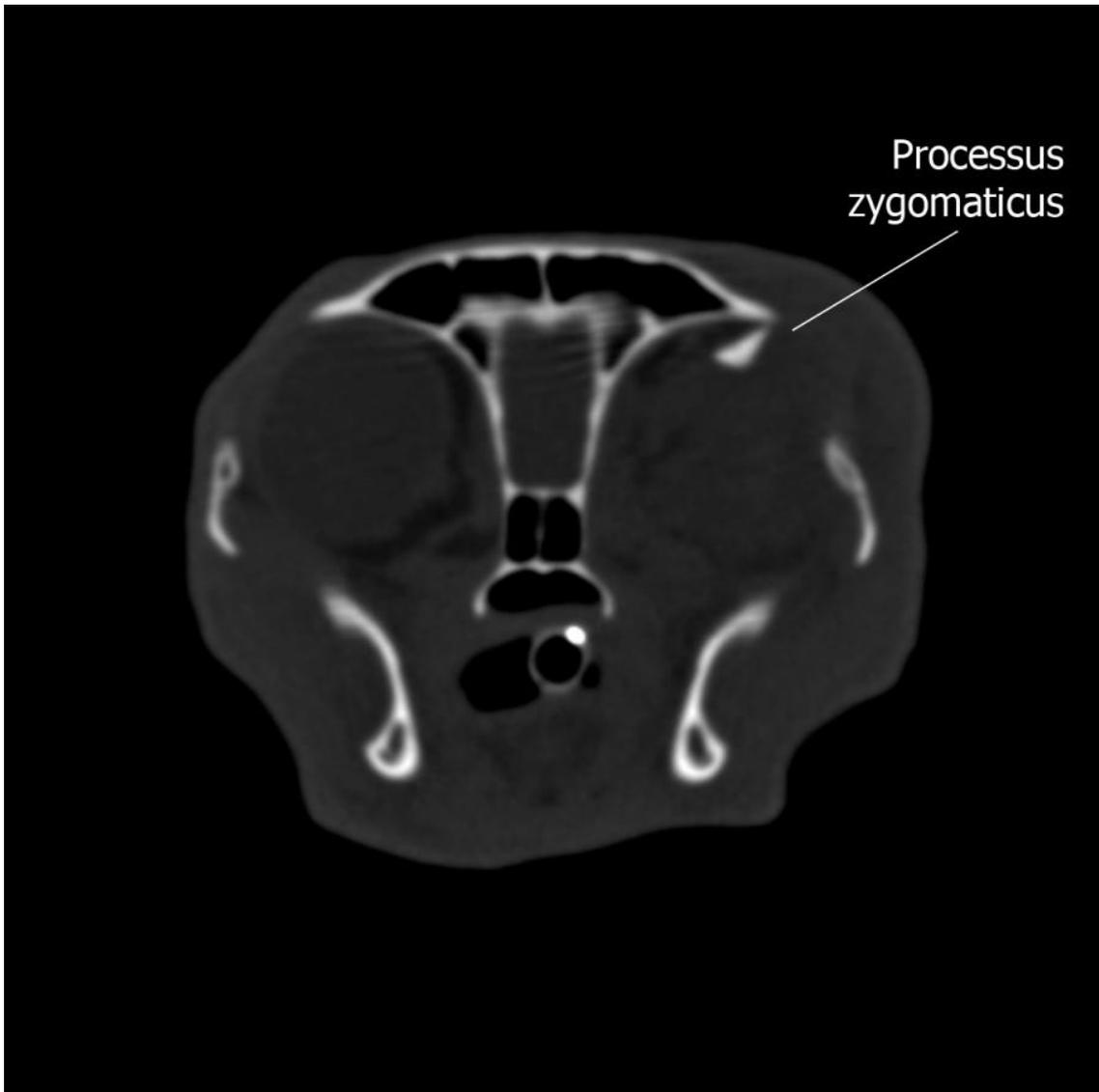


Abb. 23: Patient Nr. 28: CT transversal auf Höhe der caudalen knöchernen Orbita, Knochenfenster. Diagnosen: solitäre Fraktur des Processus zygomaticus des Os frontale links mit Dislokation nach medial.

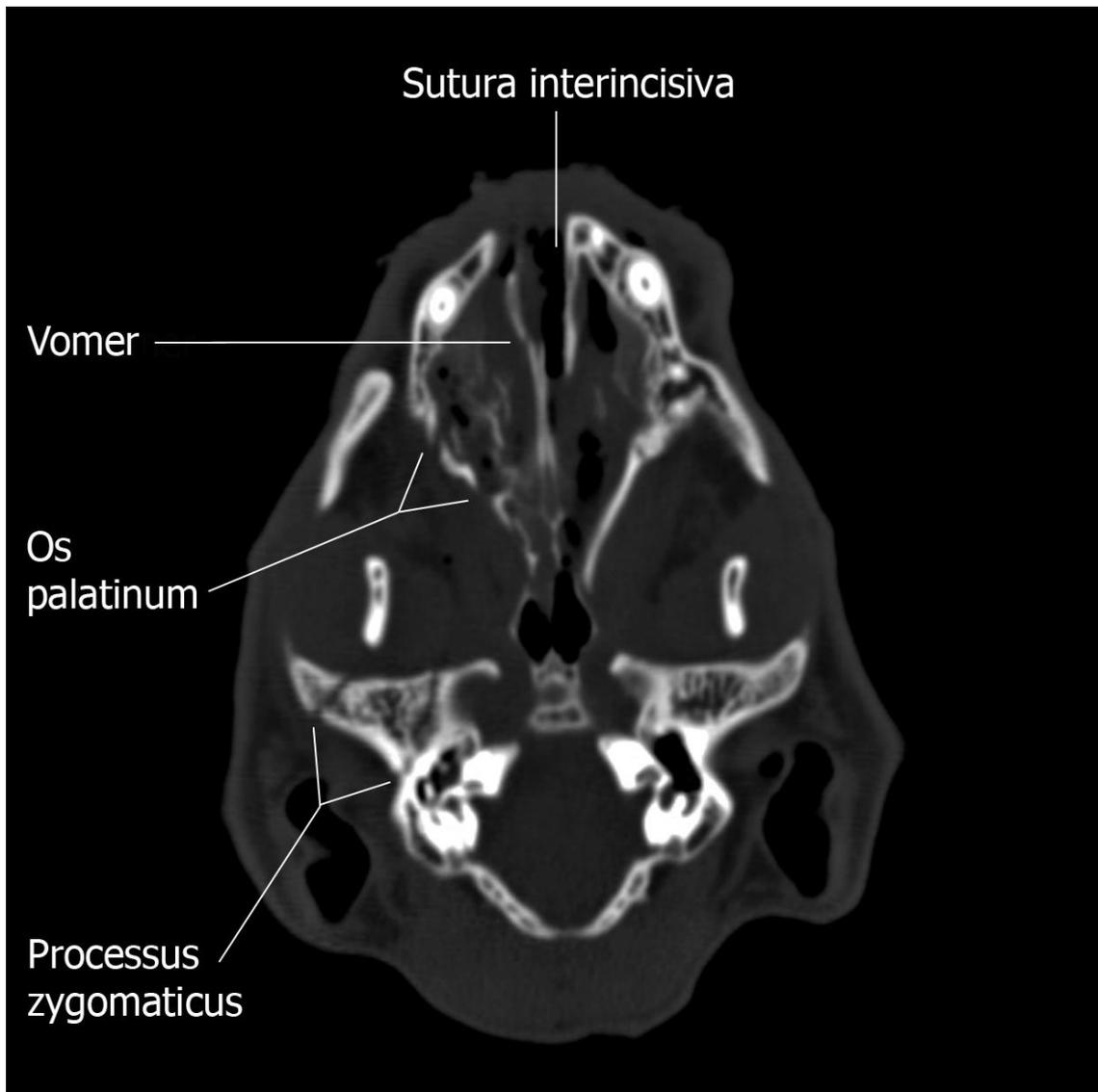


Abb. 24A: Patient Nr. 18: Multiple Frakturen des Viszero- und Neurokraniums.

CT-Bild: Dorsale Schnittführung im Bereich der Basis des Processus zygomaticus des Os temporale, Knochenfenster. Diagnosen: Frakturen des Vomer und des Os palatinum beiderseits, zwei Schrägfrakturen innerhalb der Basis des Processus zygomaticus des Os temporale rechts unter Beteiligung der Fossa mandibularis des rechten Kiefergelenkes, Zusammenhangstrennung in der Sutura interincisiva des Os incisivums, die sich in der Sutura palatina mediana des Os maxillare fortsetzt.

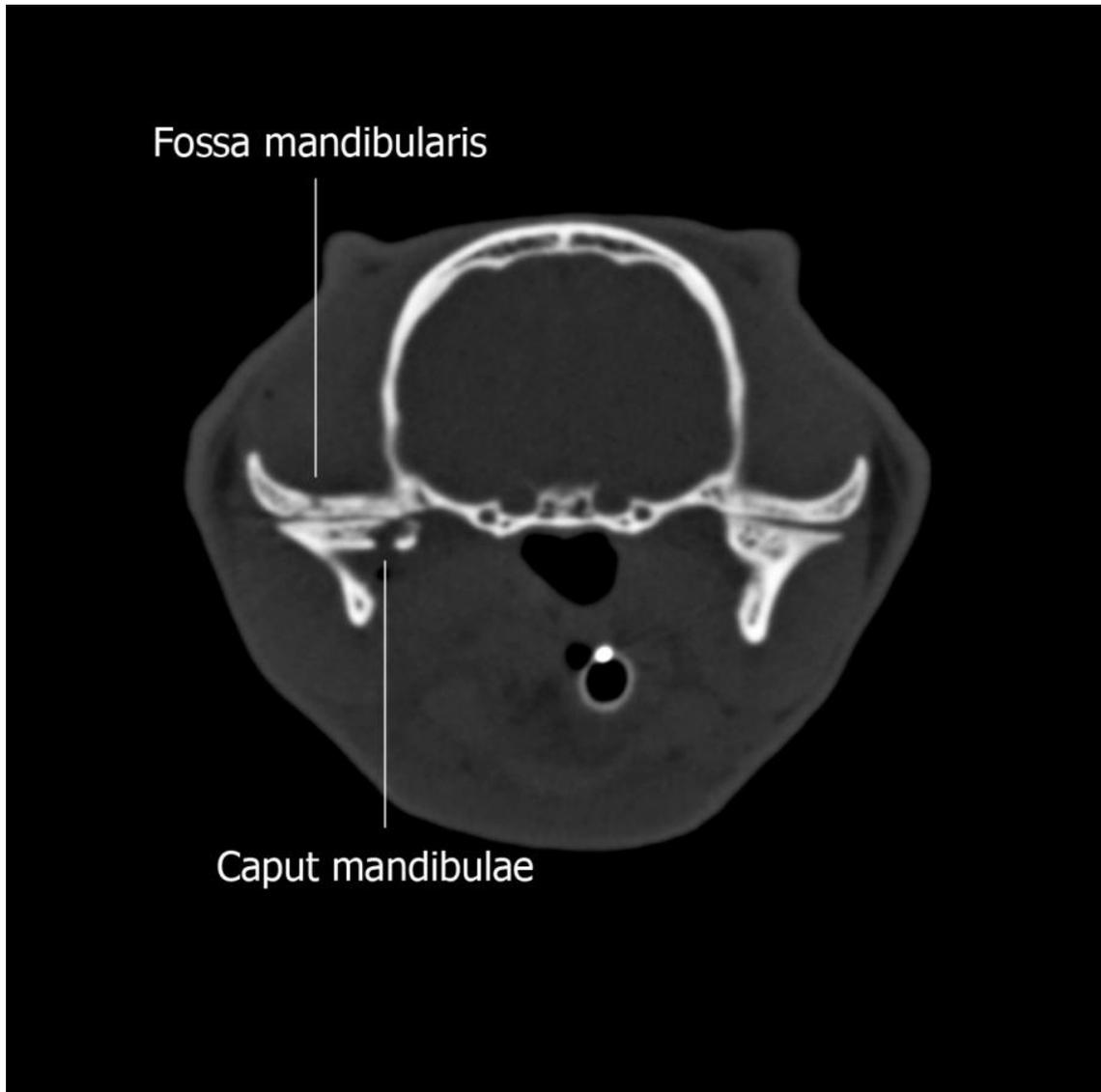


Abb. 24B: Patient Nr. 18: Multiple Frakturen des Viszero- und Neurokraniums. CT transversal auf Höhe der Kiefergelenke, Knochenfenster. Diagnosen: Frakturen des mandibulären und temporalen Anteils des rechten Kiefergelenkes (Caput mandibulae des Processus condylaris der Mandibula, Fossa mandibularis des Processus zygomaticus des Os temporale).

4.2 Frakturkombinationen in der Computertomographie

Die Befunde der computertomographischen Untersuchung zeigen ein statistisch signifikant häufiges gemeinsames Auftreten von verschiedenen Frakturen im Sinne eines statistischen Zusammenhangs (Tab. 8). Bei den untersuchten Katzen kommen Frakturen des Viszero- und Neurokraniums signifikant häufig gemeinsam vor ($p = 0,0001$). Frakturen des Oberschädels weisen signifikant häufig zusätzlich Frakturen des Unterkiefers auf ($p = 0,0003$). Ebenfalls statistisch signifikant ist das gemeinsame Auftreten der Unter- und Oberkiefersymphysiolyse ($p = 0,0013$). Oberkiefersymphysiolyse treten zudem signifikant häufig kombiniert mit Orbitafrakturen ($p < 0,0001$) und zusammen mit Frakturen des Vomer auf ($p < 0,0001$).

Tab. 8: Statistisch signifikant häufige Frakturkombinationen bei den 34 untersuchten Katzen ($n = 34$) in der Computertomographie (CT).

Frakturkombinationen in der CT ($n = 34$)	Test auf Unabhängigkeit (Fisher-Test)	Test auf Symmetrie der abweichenden Resultate (McNemar-Test)	Häufigkeit identischen Auftretens (%)
Viszerokranium und Neurokranium	$p = 0,0001$	$p = 1,0$	91
Oberkiefersymphysiolyse und Orbitafrakturen	$p < 0,0001$	$p = 0,13$	88
Oberkiefersymphysiolyse und Fraktur Vomer	$p < 0,0001$	$p = 1,0$	88
Oberschädel und Unterkiefer	$p = 0,0003$	$p = 0,063$	85
Unterkiefersymphysiolyse und Oberkiefersymphysiolyse	$p = 0,0013$	$p = 1,0$	79

4.3 Vergleich der Untersuchungsergebnisse der Computertomographie mit den Befunden des Röntgens

4.3.1 Untersuchung auf Signifikanz der Befunderhebung durch die zu vergleichenden bildgebenden Verfahren

Zusätzlich zu der computertomographischen Untersuchung werden bei 28 Katzen Röntgenbilder des Kopfes in 2 Ebenen angefertigt. Ein statistisch signifikanter Zusammenhang ($p \leq 0,05$) der untersuchten bildgebenden Verfahren im Hinblick auf eine korrekte Diagnosestellung besteht bei den in Tabelle 9 aufgeführten knöchernen Strukturen. Es ist kein signifikanter Unterschied (McNemar-Test) zwischen Röntgen und CT hinsichtlich der Möglichkeit der Frakturerkennung gegeben (Abb. 25A-B, 26A-C, 27A-C, 28A-B, 28D und 28G). Die aufgelisteten Frakturen können sowohl anhand der angefertigten Röntgenbilder als auch computertomographisch diagnostiziert werden.

Die detaillierte und korrekte Diagnosestellung der Frakturen des Kiefergelenkes und des Processus zygomaticus des Os temporale weisen in der vorliegenden Arbeit eine niedrige Sensitivität von 58% bzw. 33% auf. Folglich ist eine sichere Diagnosestellung dieser Veränderungen mit Hilfe der angefertigten Röntgenaufnahmen des Kopfes in 2 Ebenen nur sehr eingeschränkt möglich.

Die erheblichen Ungenauigkeiten der Konfidenzintervalle für die Sensitivität und Spezifität erklären sich durch die niedrige Anzahl der einzelnen Frakturen.

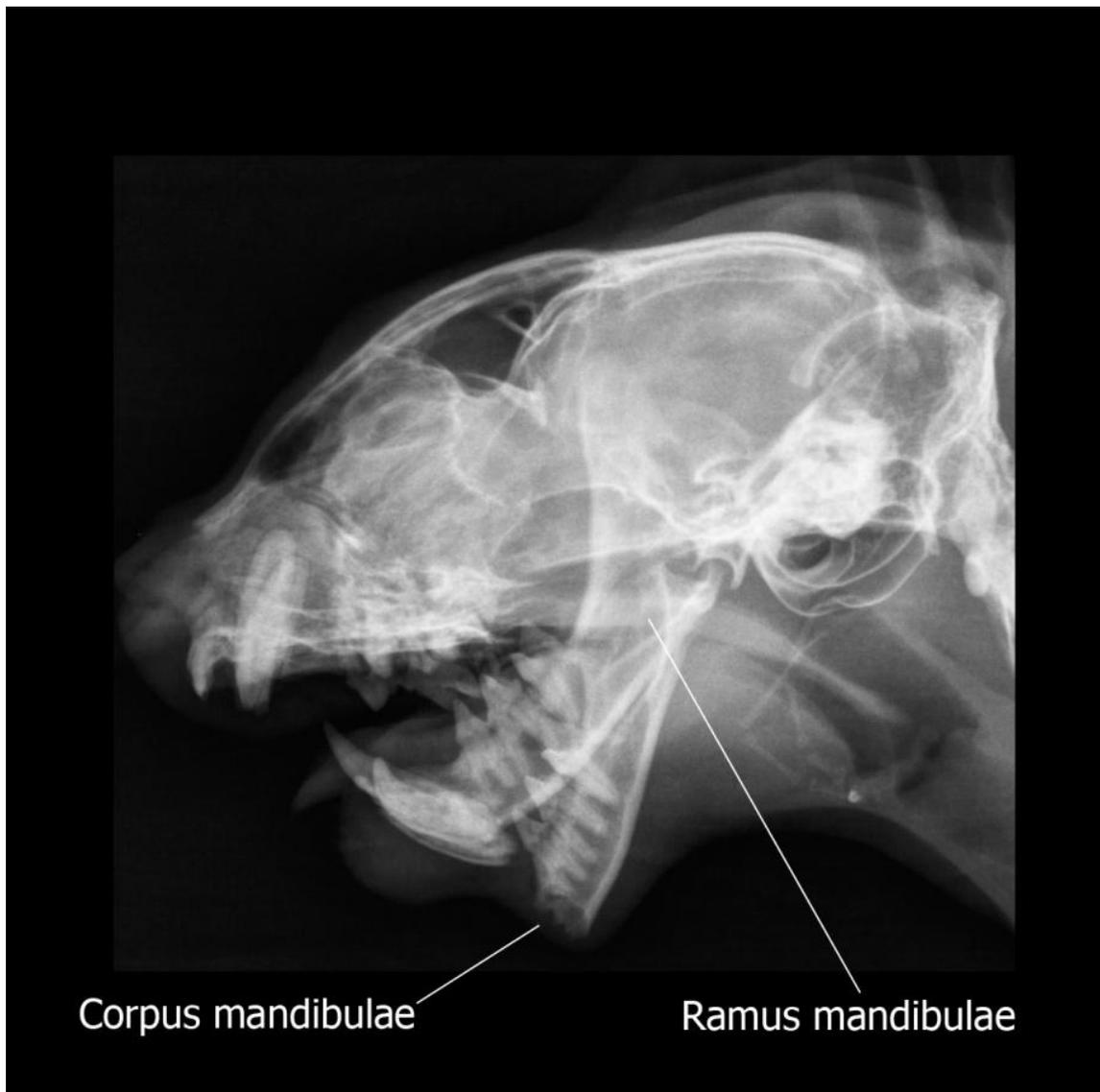


Abb. 25: Patient Nr. 32. Gute Darstellung einer Fraktur des Corpus- und Ramus mandibulae mittels der zu vergleichenden bildgebenden Verfahren (Röntgen versus Computertomographie).

A: Latero-laterale Röntgenaufnahme des Schädels.

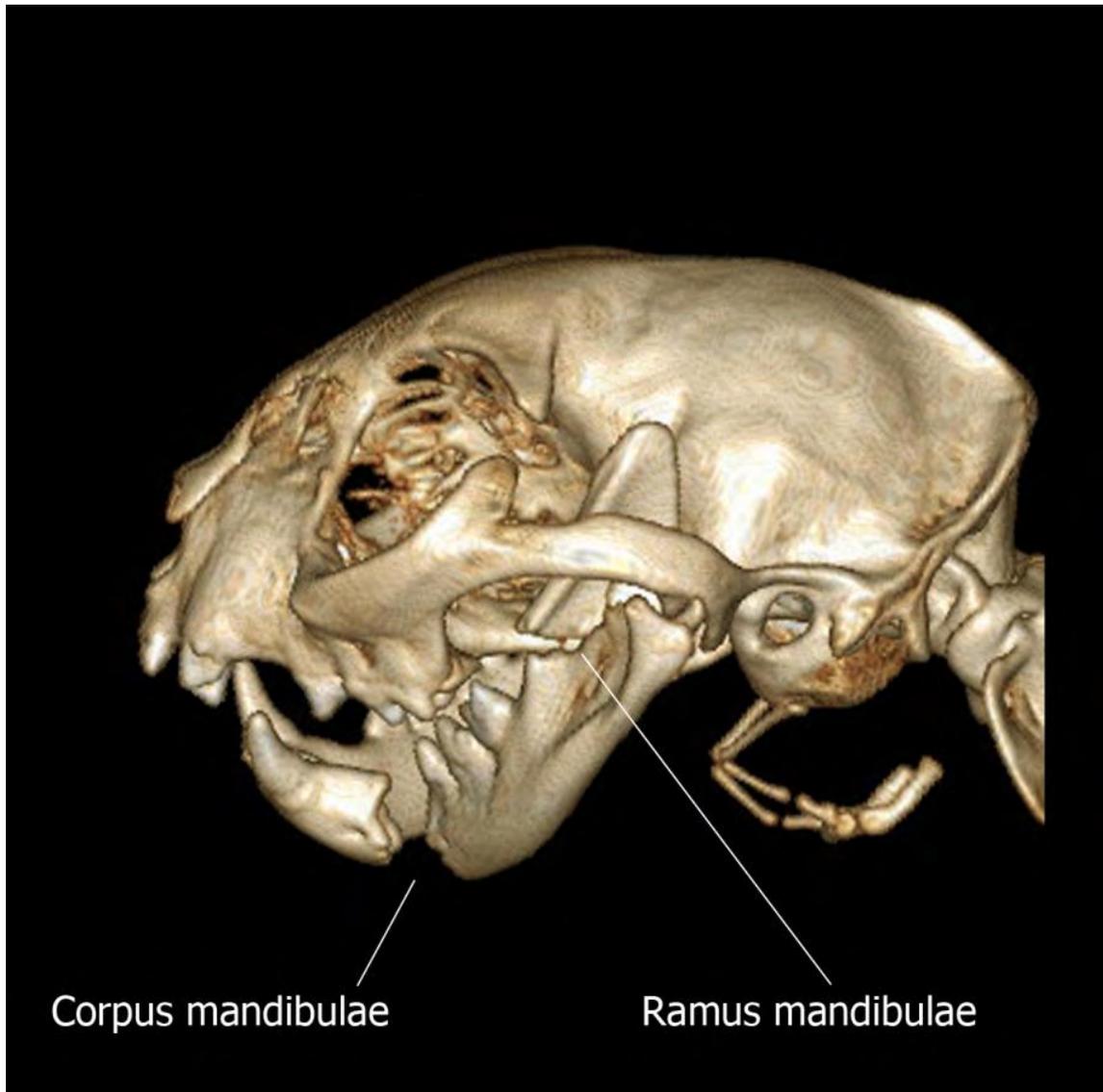


Abb. 25: Patient Nr. 32. Gute Darstellung einer Fraktur des Corpus- und Ramus mandibulae mittels der zu vergleichenden bildgebenden Verfahren (Röntgen versus Computertomographie).

B: 3-D Rekonstruktion des Schädels. Ansicht von links lateral.

Tab 9: Ergebnisse des Röntgens und der Computertomographie (CT) (n = 28), die einen signifikanten Zusammenhang und keinen signifikanten Unterschied bei der Frakturerkennung zeigen. Aufgeführt sind zusätzlich die Accuracy, die Sensitivität und Spezifität inklusive deren Konfidenzintervalle [95%]. Die zugehörigen Konfidenzintervalle sind in einer eckigen Klammer unter der Sensitivität und Spezifität aufgeführt. Unterstrichen sind die als Frakturlokalisierung eingestuft an anatomischen Strukturen.

Fraktur	4-Felder Tafel			Test auf Unabhängigkeit (Fisher-Test)	Test auf Symmetrie der abweichenden Resultate (McNemar-Test)	Accuracy: Anteil der übereinstimmenden Resultate (%)	Sensitivität mit Konfidenzintervall [95%]	Spezifität mit Konfidenzintervall [95%]
	Röntgen +	Röntgen -						
Oberschädel	+	7	5	p = 0,003	p = 0,063	82	78 [56 – 93]	100 [48 – 100]
	CT -	2	14					
		9	19					
Viszerokranium	+	20	1	p = 0,0001	p = 1,0	93	95 [76 – 100]	86 [42 – 100]
	CT -	1	6					
		21	7					
Kiefergelenk	+	7	5	p = 0,017	p = 0,45	75	58 [28 – 85]	88 [62 – 99]
	CT -	2	14					
		9	19					

Ergebnisse

Kiefergelenk rechts		Röntgen +		p = 0,038	p = 0,38	82	43 [10 – 82]	95 [76 – 100]
		-	4					
	CT	+	7					
		-	20					
		4	24	28				
Kiefergelenk Links		Röntgen +		p = 0,008	p = 0,63	86	57 [18 – 90]	95 [76 – 100]
		-	3					
	CT	+	7					
		-	20					
		5	23	28				
Unterkiefer-symphysiolyse		Röntgen +		p = 0,0001	p = 1,0	89	87 [60 – 98]	92 [64 – 100]
		-	2					
	CT	+	15					
		-	12					
		14	14	28				
Oberkiefer-symphysiolyse		Röntgen +		p = 0,0001	p = 0,13	86	77 [50 – 93]	100 [72 – 100]
		-	4					
	CT	+	17					
		-	11					
		13	15	28				

Ergebnisse

Os incisivum		Röntgen +		p = 0,0001	p = 0,13	86	77 [50 – 93]	100 [72 – 100]		
	CT	+	13						4	17
		-	0						11	11
		Röntgen +		p = 0,0003	p = 0,063	82	71 [44 – 90]	100 [72 – 100]		
Sutura interincisiva	CT	+	12						5	17
		-	0						11	11
		Röntgen +		p = 0,0001	p = 0,38	82	79 [54 – 94]	88,9 [52 – 100]		
Maxilla	CT	+	15						4	19
		-	1						8	9
		Röntgen +		p < 0,0001	p = 0,5	93	90 [68 – 99]	100 [63 – 100]		
Mandibula	CT	+	18						2	20
		-	0						8	8
		Röntgen +		p = 0,039	p = 0,13	86	33 [4 – 78]	100 [85 – 100]		
Processus zygomaticus des Os temporale	CT	+	2						4	6
		-	0						22	22
			2	26	28					

Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigen bei den in Tabelle 10 aufgeführten knöchernen Strukturen keinen signifikanten Zusammenhang ($p > 0,05$) hinsichtlich der Frakturerkennung mit Hilfe der zu vergleichenden bildgebenden Verfahren. Eine zusätzlich signifikante Abweichung der Symmetrie ($p \leq 0,05$) besteht bei der Diagnosestellung einer Fraktur des Neurokraniums ($p < 0,0001$), des Vomer ($p < 0,0001$), des Os palatinum ($p = 0,0005$), der Sutura palatina mediana des Os palatinum ($p = 0,001$) und des Os temporale ($p = 0,016$). Das CT zeigt bei diesen knöchernen Strukturen signifikant häufiger eine Fraktur an. Die Abweichung der Untersuchungsergebnisse beider bildgebenden Verfahren spiegelt sich in der mäßig bis schlechten Übereinstimmung der Resultate wieder.

Wegen der sehr niedrigen Fallzahl ist eine Aussage über die statistisch signifikante Überlegenheit der CT in Bezug auf die Beurteilung einer eröffneten Schädelhöhle nicht möglich.

Tab.10: Knöcherne Strukturen, bei denen kein signifikanter Zusammenhang hinsichtlich der Frakturerkennung (Fisher-Test) besteht. Die zugehörigen Konfidenzintervalle sind in einer eckigen Klammer unter der Sensitivität und Spezifität aufgeführt. Unterstrichen sind die als Frakturlokalisierung eingestuft anatomischen Strukturen.

Fraktur	4-Felder Tafel		Test auf Unabhängigkeit (Fisher-Test)	Test auf Symmetrie der abweichenden Resultate (McNemar-Test)	Accuracy: Anteil der übereinstimmenden Resultate (%)	Sensitivität mit Konfidenzintervall [95%]	Spezifität mit Konfidenzintervall [95%]
	Röntgen +	Röntgen -					
Neurokranium	+	20	p = 1,0	p < 0,0001	29	13 [3 – 34]	100 [48 – 100]
	CT -	5					
		3 25 28					
Os zygomaticum	+	7	p = 1,0	p = 0,18	68	13 [0,3 – 53]	90 [68 – 99]
	CT -	18					
		3 25 28					
<u>Os palatinum</u>	+	12	p = 0,06	p = 0,0005	57	33 [13 – 59]	100 [69 – 100]
	CT -	10					
		6 22 28					

4.3.2 Frakturen, die röntgenologisch nicht diagnostiziert werden können

Mit Hilfe der Röntgenbilder ist bei insgesamt 23 unterschiedlichen, computertomographisch eindeutig darstellbaren Frakturen, eine Diagnosestellung nicht möglich (Anhang, Tab. 2).

Eine statistisch signifikante Abweichung von der Symmetrie der Abweichungen zwischen den CT- und Röntgenbefunden ($p \leq 0,05$) besteht bei den in Tabelle 11 aufgelisteten Frakturen. Das CT kann die aufgeführten Frakturen ausnahmslos und signifikant häufiger darstellen (Abb. 26D-F, 27D-E und 28C-G).

Der Anteil der übereinstimmenden Resultate (Accuracy) der statistisch signifikant abweichenden Ergebnisse ist $\leq 50\%$ beim Frakturachweis der Ossa conchae (50%), des Os präphenoidale (50%), des Septum nasi (46%), des Os frontale und seiner Pars orbitalis (43%), des Os sphenoidale (43%), des Os ethmoidale und seiner Lamina orbitalis (32%) und der Orbitafrakturen (29%).

Tab. 11: Darstellung der signifikant häufiger in der Computertomographie (CT) diagnostizierten Frakturen ($p \leq 0,05$) der insgesamt 28 ($n=28$) röntgenologisch und computertomographisch untersuchten Katzen. Eine Diagnosestellung der aufgeführten Frakturen gelingt röntgenologisch nicht. Unterstrichen sind die als Frakturlokalisierung eingestuft anatomischen Strukturen.

Fraktur	Anzahl der Katzen mit computer-tomographisch diagnostizierten Frakturen (n=23)	Test auf Symmetrie der abweichenden Resultate (McNemar-Test)	Accuracy: Anteil der übereinstimmenden Resultate (%)
Orbita	20	$p < 0,0001$	29
<u>Os ethmoidale</u>	19	$p < 0,0001$	32
<u>Os frontale</u>	16	$p < 0,0001$	43
Os sphenoidale	16	$p < 0,0001$	43
<u>Septum nasi</u>	15	$p < 0,0001$	46
<u>Ossa conchae</u>	14	$p = 0,0001$	50
<u>Os prä-sphenoidale</u>	14	$p = 0,0001$	50
<u>Processus sphenoidalis</u>	13	$p = 0,0002$	54
<u>Lamina perpendicularis des Os palatinum</u>	11	$p = 0,001$	61
<u>Sutura nasomaxillaris</u>	7	$p = 0,016$	75
<u>Os lacrimale</u>	7	$p = 0,016$	75
<u>Os pterygoideum</u>	6	$p = 0,031$	79
<u>Hamulus pterygoideus</u>	6	$p = 0,031$	79

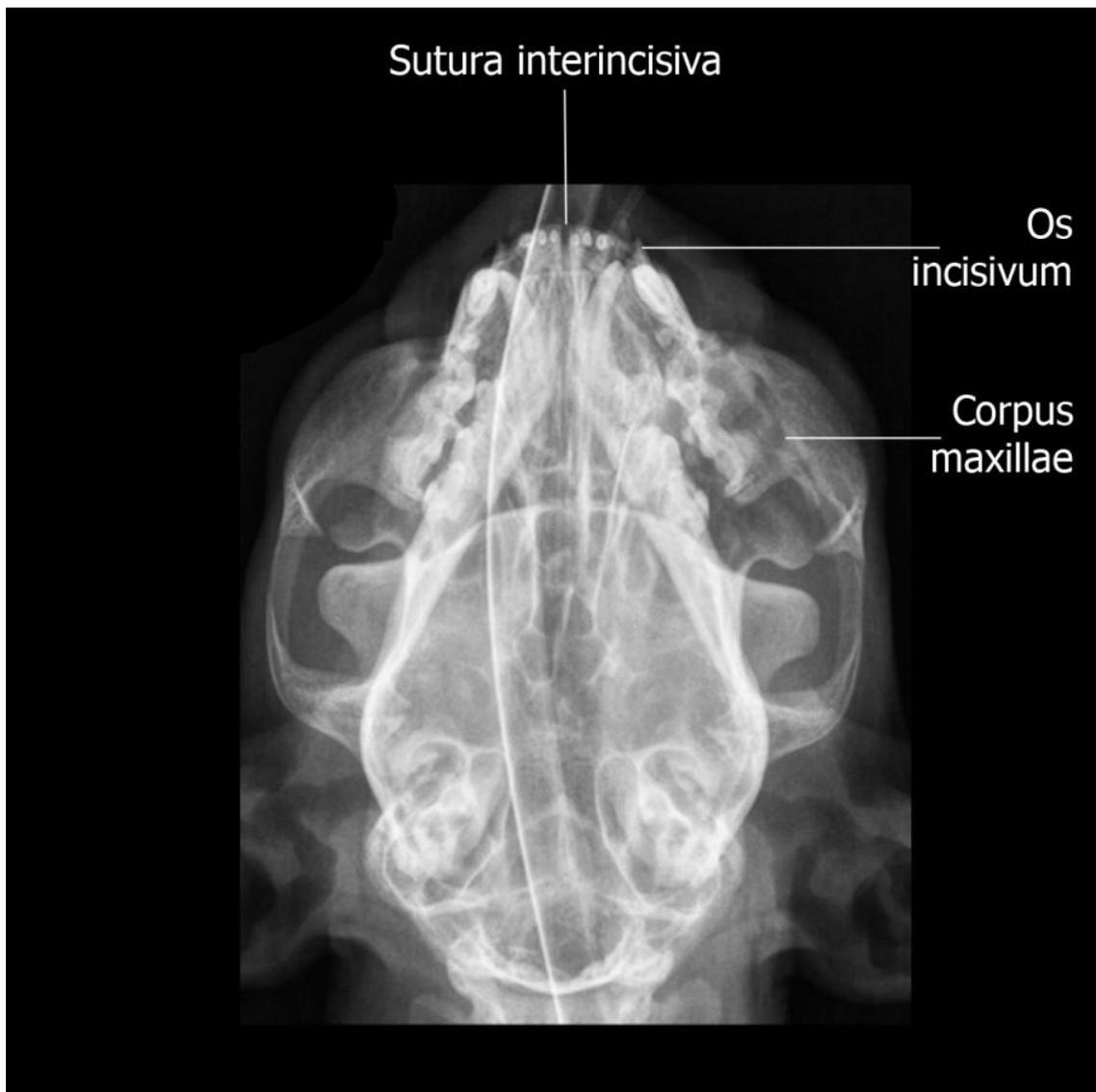


Abb. 26: Patient Nr. 31: Repräsentative Darstellung der Möglichkeiten der Befunderhebung: Röntgen versus Computertomographie.

A: Dorso-ventrale Röntgenaufnahme des Schädels. Diagnosen: Fraktur des Os incisivum links, Fraktur des Corpus maxillae links, Zusammenhangstrennung der Sutura interincisiva und der Sutura palatina mediana der Maxilla.



Abb. 26: Patient Nr. 31. Repräsentative Darstellung der Möglichkeiten der Befunderhebung: Röntgen versus Computertomographie.

B: Latero-laterale Röntgenaufnahme des Schädels. Diagnose: Fraktur des Os nasale.

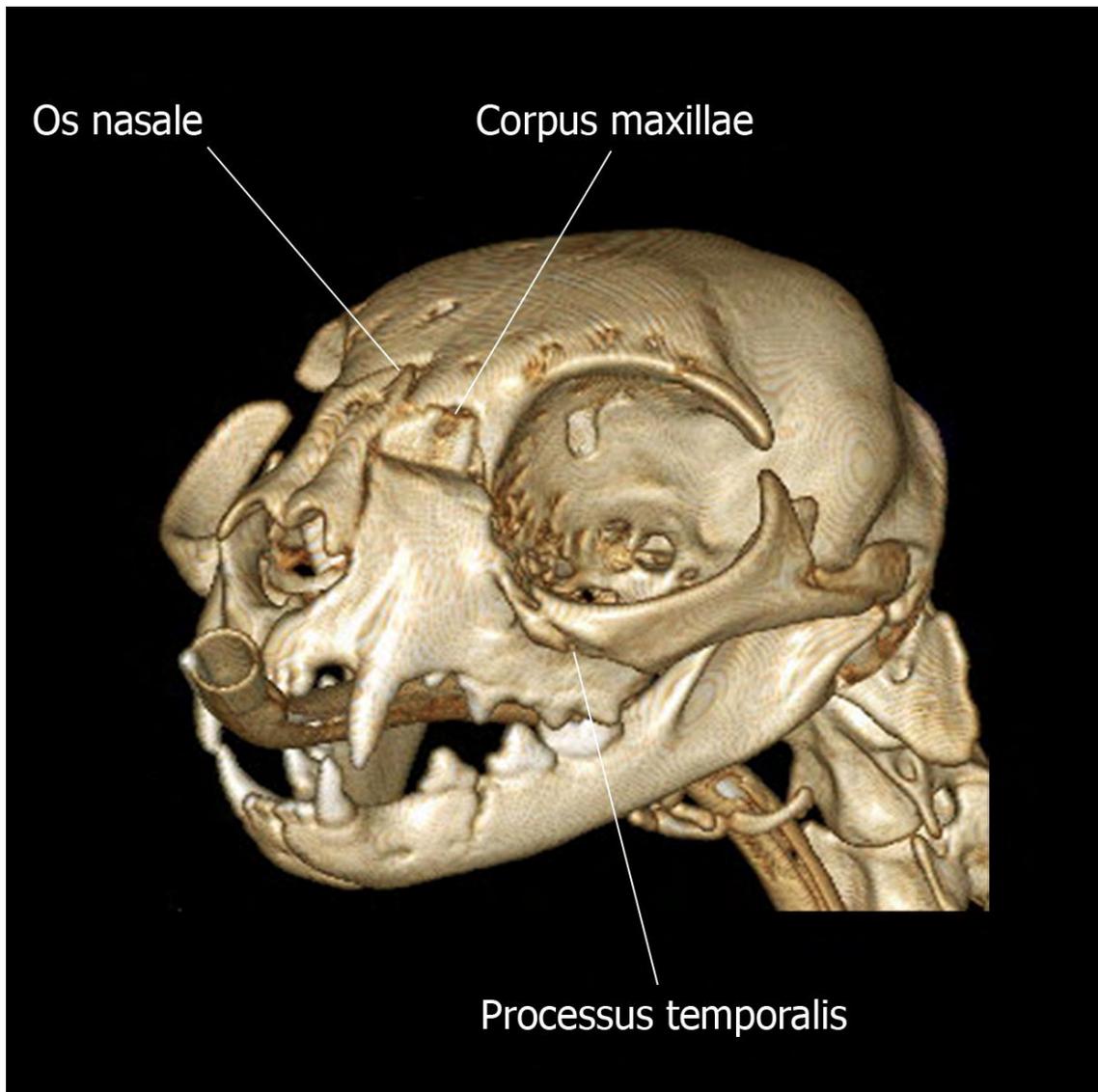


Abb. 26: Patient Nr. 31. Repräsentative Darstellung der Möglichkeiten der Befunderhebung: Röntgen versus Computertomographie (CT).

C: CT-Bild: 3-D Rekonstruktion des Schädels. Ansicht von kranio-lateral und links. Diagnosen: Neben der im Röntgenbild diagnostizierten Fraktur des Os nasale ist eine Impressionsfraktur des Corpus maxillae links und eine Fraktur des Processus temporalis des Os zygomaticum links erkennbar.

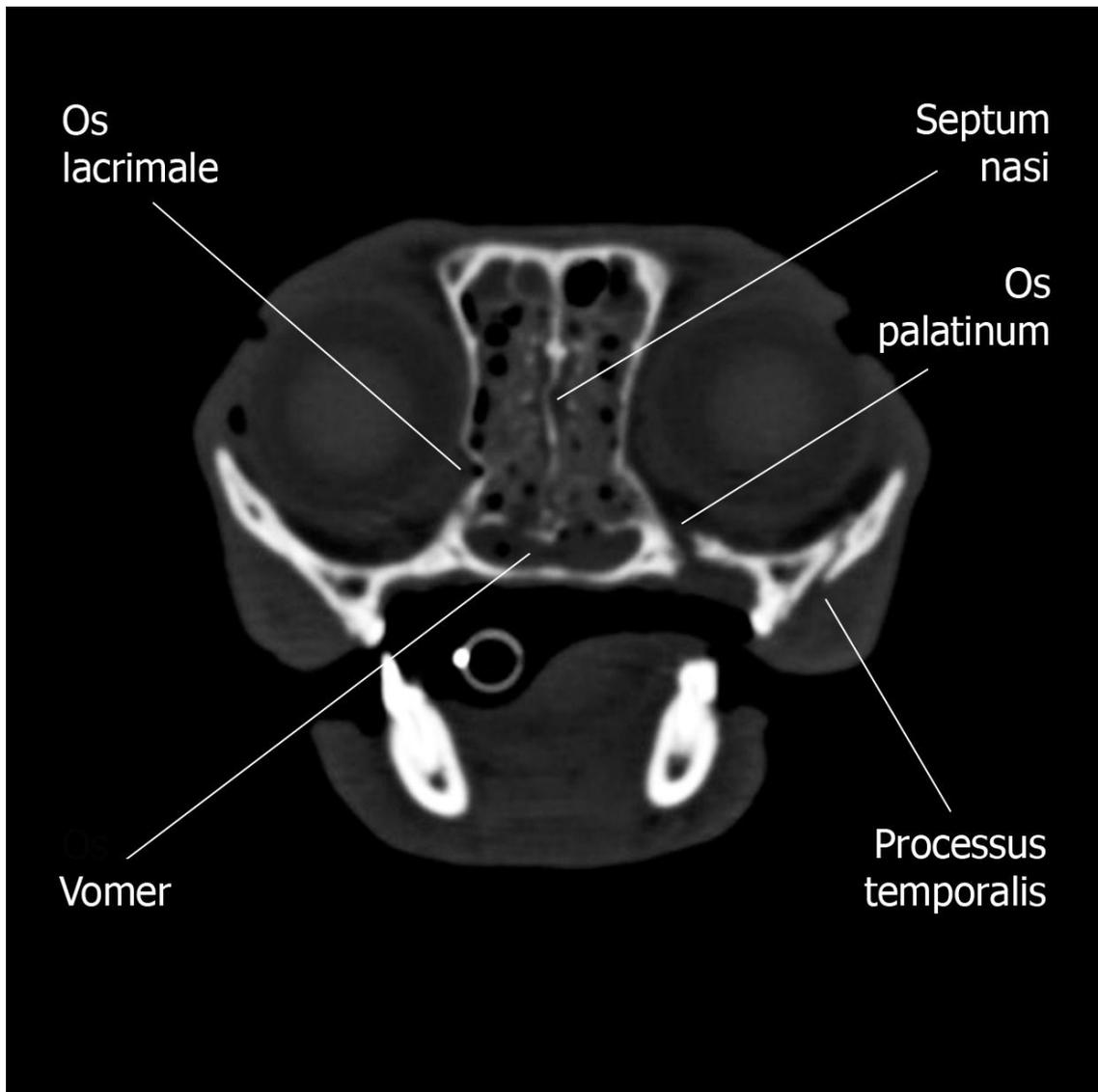


Abb. 26: Patient Nr. 31. Repräsentative Darstellung der Möglichkeiten der Befunderhebung: Röntgen versus Computertomographie (CT).

D: CT transversal auf Höhe des kranialen Aditus orbitae, Knochenfenster. Röntgenologisch nicht diagnostizierte Frakturen: multiple Frakturen der Orbita (Os lacrimale beiderseits, Os palatinum links, Basis des Processus temporalis des Os zygomaticum links), Fraktur des Vomer und des Septum nasi. Zusätzlicher Befund: hypointenses Material in der Nasenhöhle (V.a. Einblutung).

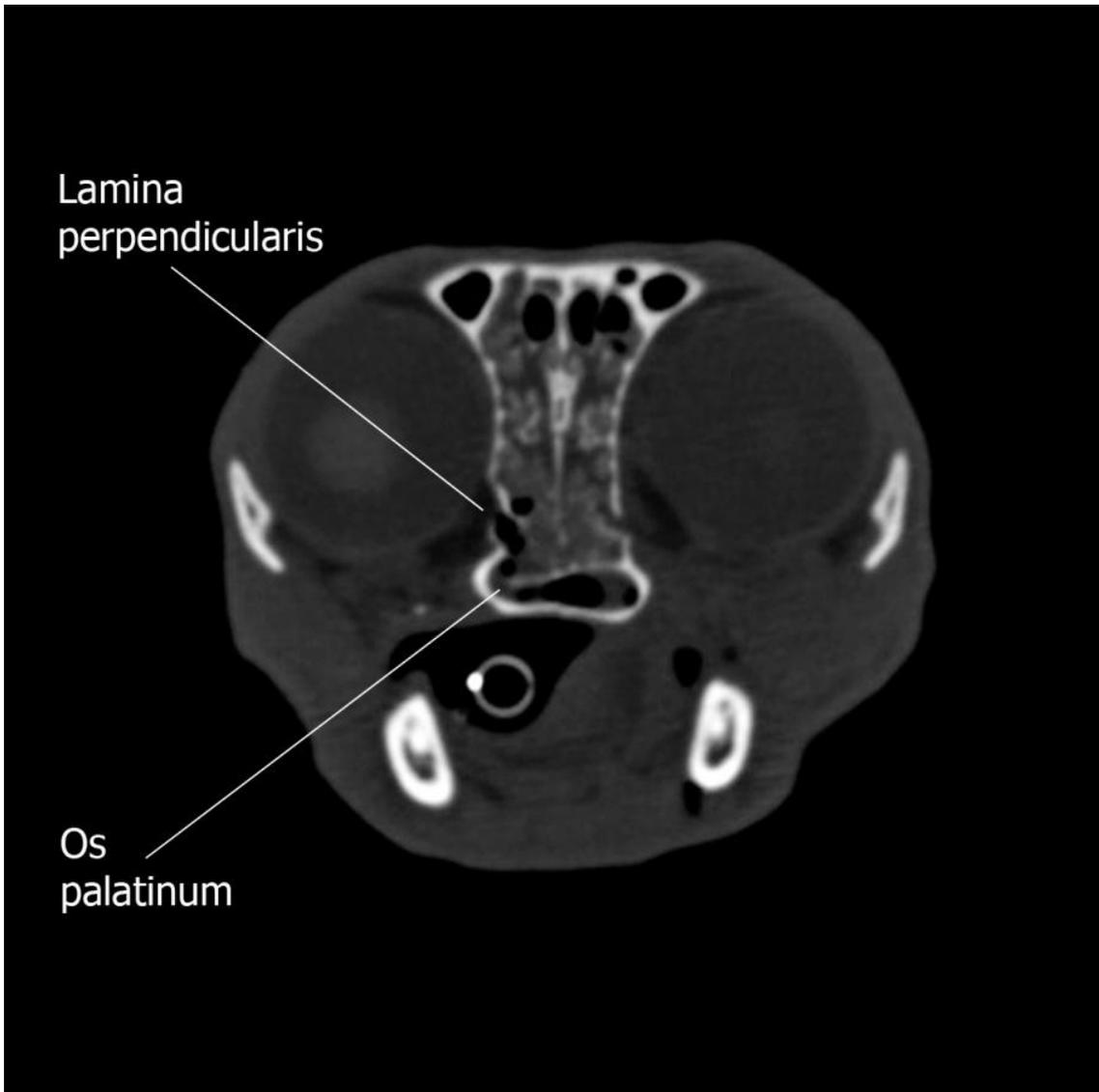


Abb. 26: Patient Nr. 31. Repräsentative Darstellung der Möglichkeiten der Befunderhebung: Röntgen versus Computertomographie (CT).

E: CT transversal auf Höhe der kaudalen knöchernen Orbita, Knochenfenster. Röntgenologisch nicht diagnostizierte Frakturen: Multiple Orbitafrakturen (Lamina perpendicularis des Os palatinum beiderseits), Fraktur des Os palatinum rechts. Zusätzlicher Befund: hypointenses Material in der Nasenhöhle (V.a. Einblutung).

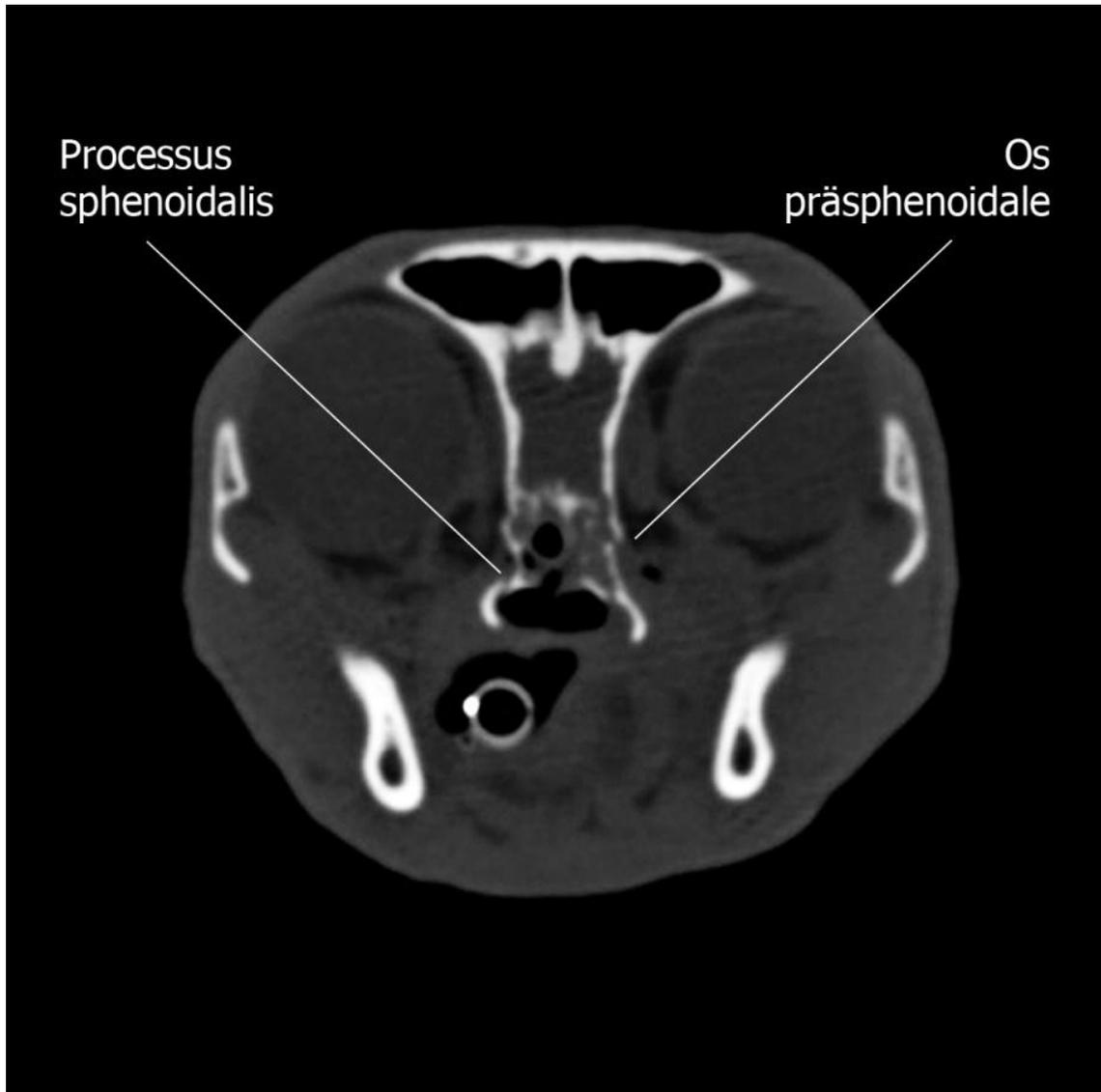


Abb. 26: Patient Nr. 31. Repräsentative Darstellung der Möglichkeiten der Befunderhebung: Röntgen versus Computertomographie (CT).

F: CT transversal auf Höhe der kaudalen knöchernen Orbita und des kranialen Os präsphenoitale, Knochenfenster. Röntgenologisch nicht diagnostizierte Frakturen: Fraktur des Os präsphenoitale beiderseits, Fraktur des Processus sphenoidalis des Os palatinum beiderseits, Fraktur des Vomer.



Abb. 27: Patient Nr. 14. Repräsentative Darstellung der Befunderhebung Röntgen versus Computertomographie (CT).

A: Dorso-ventrale Röntgenaufnahme des Schädels, Knochenfenster. Diagnosen: Zusammenhangstrennung der Sutura interincisiva, die sich in der Sutura palatina mediana der Maxilla und des Os palatinum fortsetzt, Zusammenhangstrennung in der Sutura intermandibularis.



Abb. 27: Patient Nr. 14. Repräsentative Darstellung der Befunderhebung Röntgen versus Computertomographie (CT).

B: Latero-laterale Röntgenaufnahme des Schädels. Röntgenaufnahme ohne besonderen Befund.

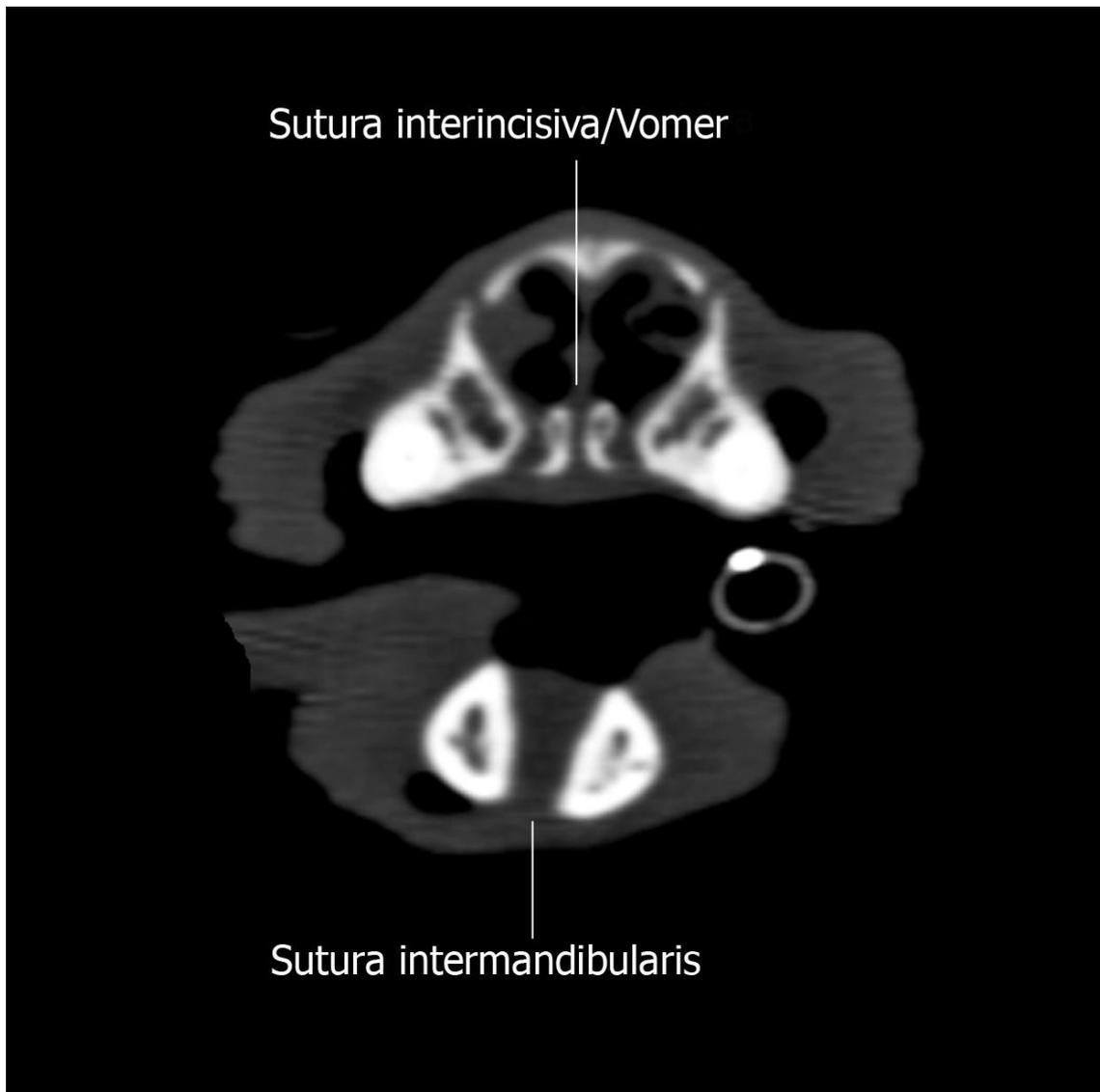


Abb. 27: Patient Nr. 14. Repräsentative Darstellung der Befunderhebung Röntgen versus Computertomographie (CT).

C: CT transversal auf Höhe der Oberkiefercanini, Knochenfenster. Diagnosen: die bereits röntgenologisch diagnostizierte Zusammenhangstrennungen der Sutura intermandibularis und der Sutura interincisiva des Os incisivum. Röntgenologisch nicht diagnostizierte Fraktur: Fraktur des Vomer.

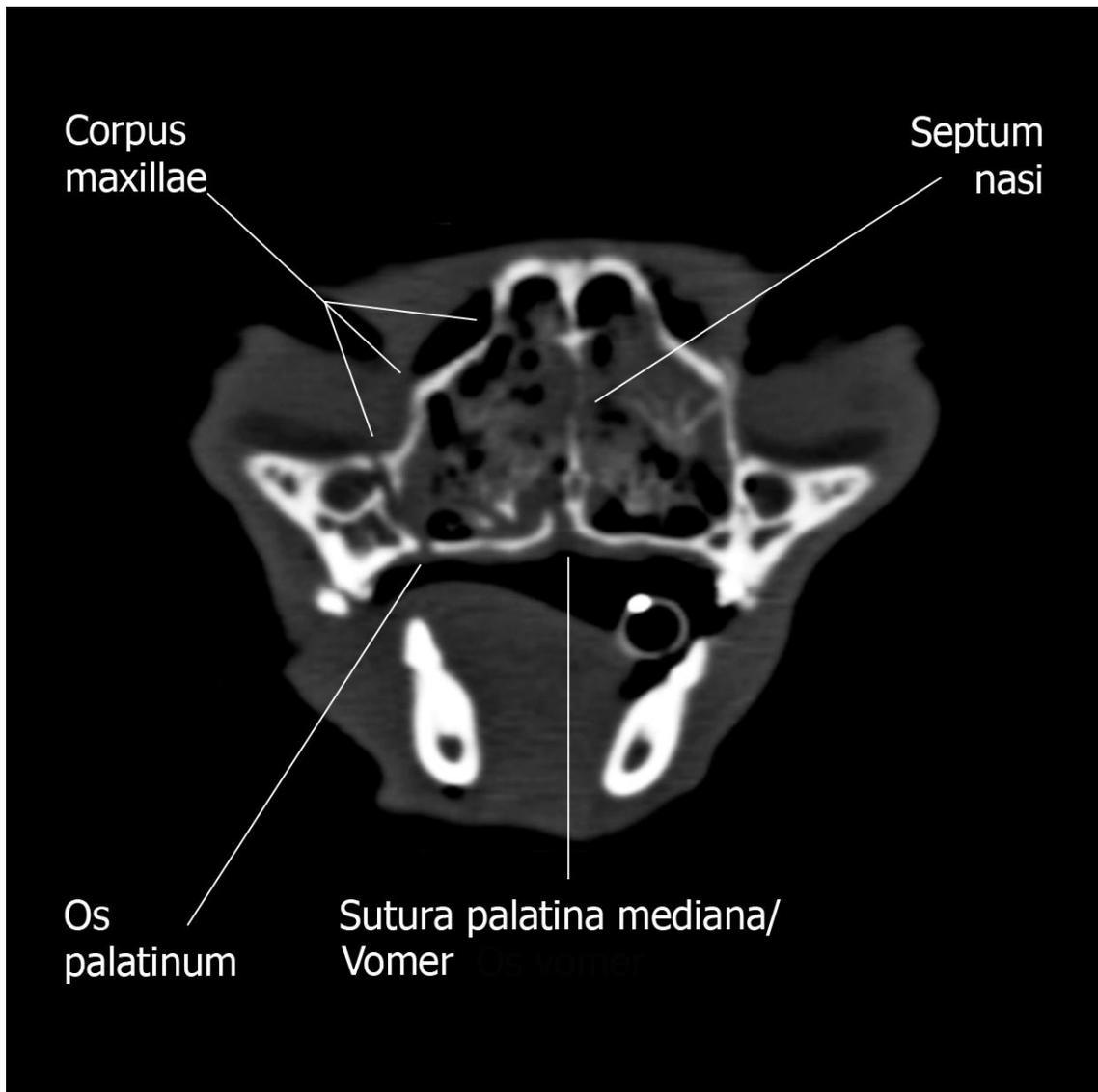


Abb. 27: Patient Nr. 14. Repräsentative Darstellung der Befunderhebung Röntgen versus Computertomographie (CT).

D: CT transversal auf Höhe des kaudalen Corpus maxillae, Knochenfenster. Bereits im Röntgen diagnostizierte Zusammenhangstrennung der Sutura palatina mediana des Os palatinum. Röntgenologisch nicht diagnostizierte Frakturen: Multiple Frakturen der Orbita (Corpus maxillae beiderseits) und des Septum nasi, Fraktur des Vomer, Destruktion der Conchenstruktur. Zusätzlicher Befund: beiderseits hypointenses, weichteildichtes Material im Cavum nasi (V.a. Einblutung).

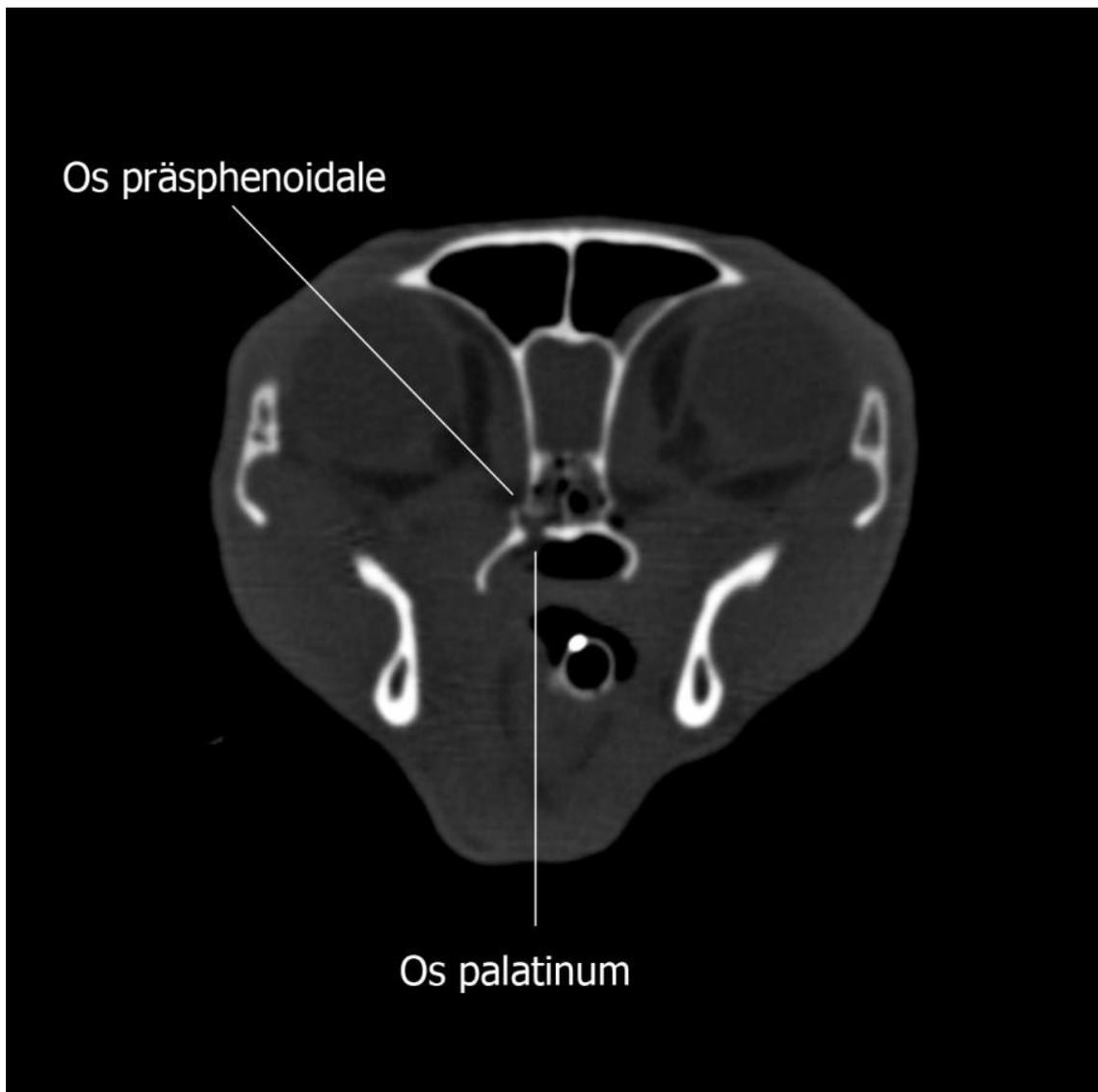


Abb. 27: Patient Nr. 14. Repräsentative Darstellung der Befunderhebung Röntgen versus Computertomographie (CT).

E: CT transversal auf Höhe der kaudalen Orbita und des kranialen Os präspenoidale, Knochenfenster. Röntgenologisch nicht diagnostizierte Frakturen: Fraktur des Os präspenoidale und des Os palatinum rechts.

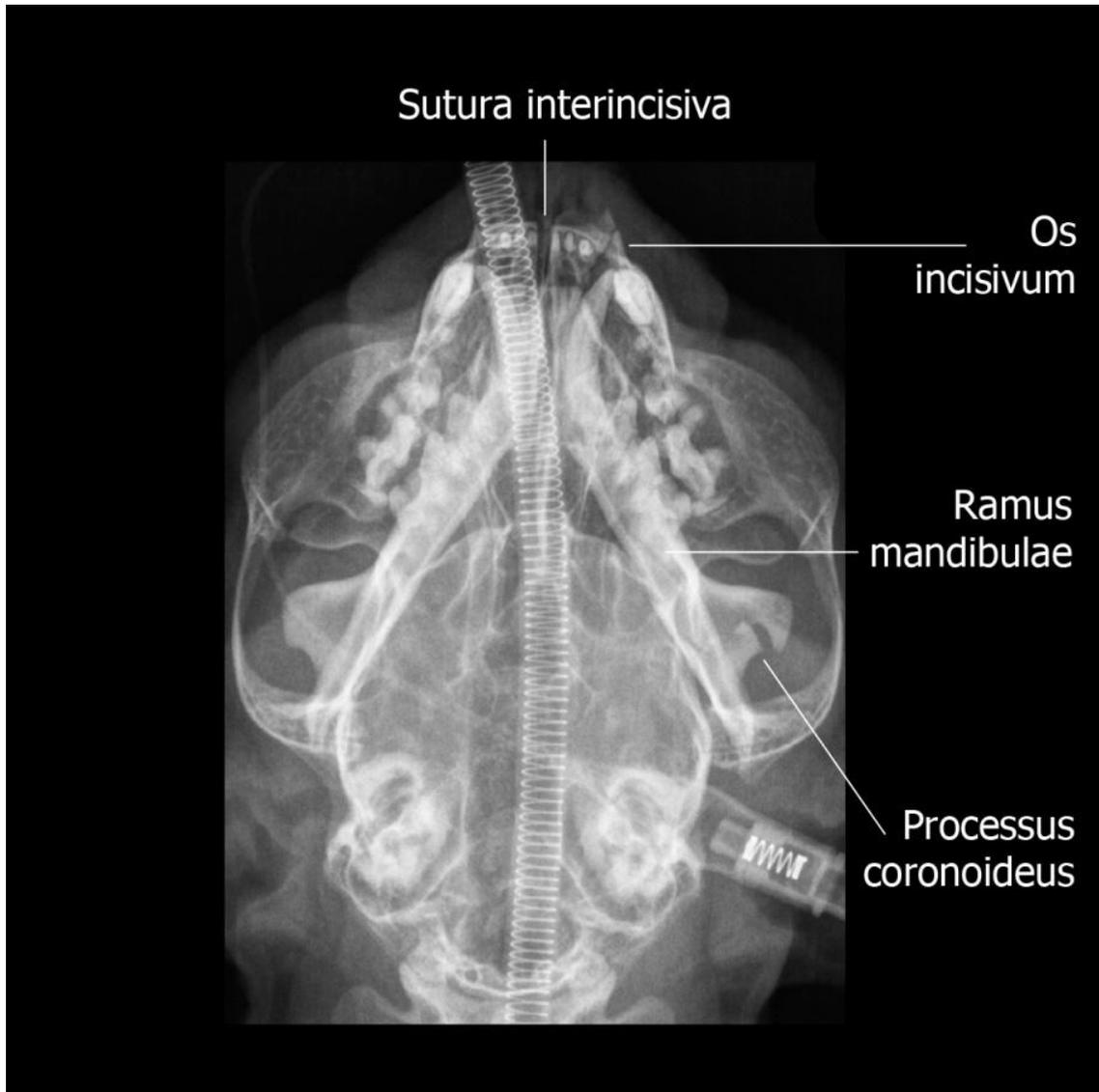


Abb. 28: Patient Nr. 22: Repräsentative Darstellung der Befunderhebung Röntgen versus Computertomographie (CT).

A: Dorso-ventrale Röntgenaufnahme des Schädels. Diagnosen: Zusammenhangstrennung der Sutura interincisiva die sich in die Sutura palatina mediana sowohl der Maxilla als auch des Os palatinum fortsetzt, Fraktur des Processus alveolaris des Os incisivum links, Frakturen des Ramus mandibulae links und des Processus coronoideus der Mandibula links.

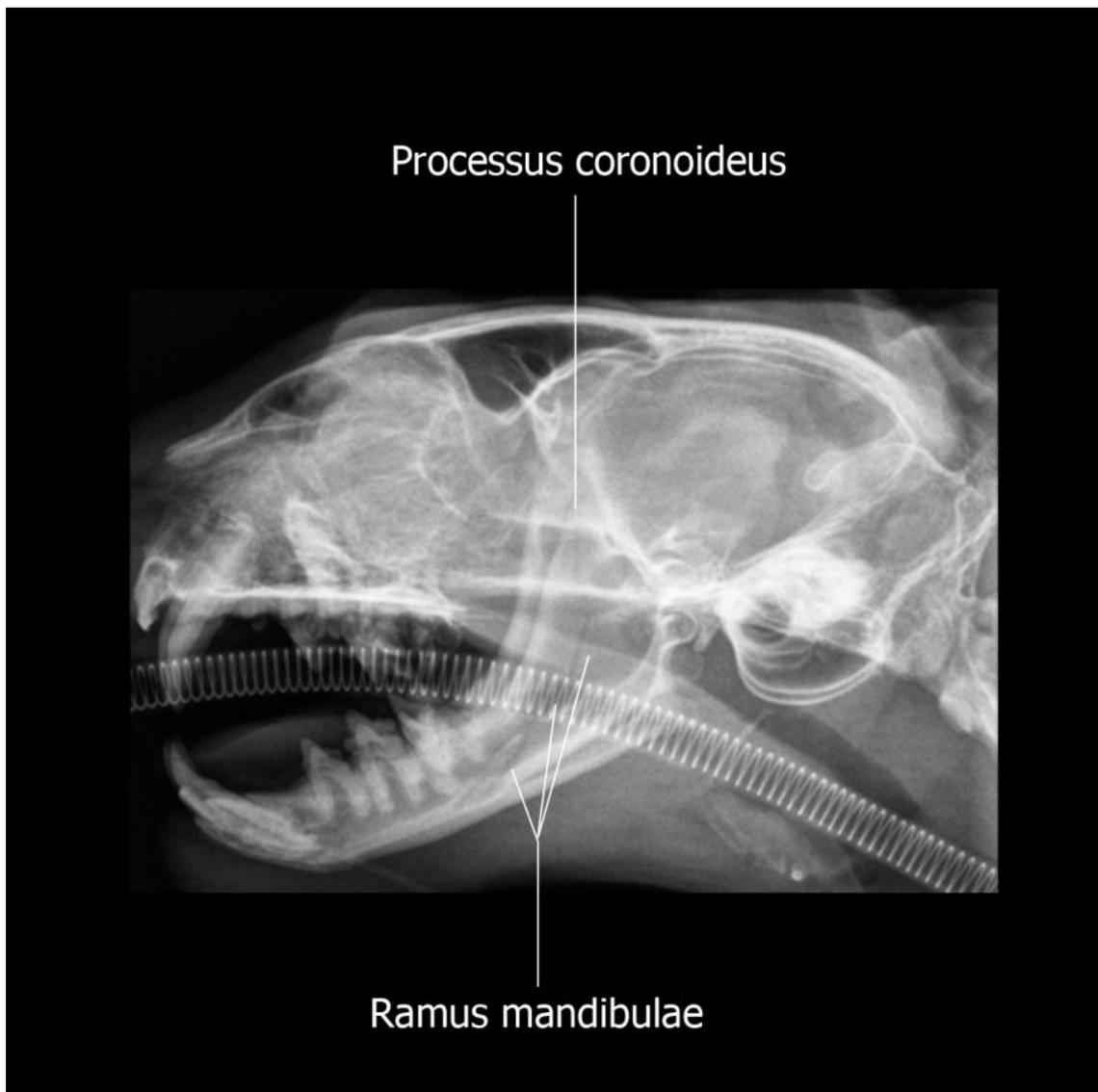


Abb. 28: Patient Nr. 22: Repräsentative Darstellung der Befunderhebung Röntgen versus Computertomographie (CT).

B: Latero-laterale Röntgenaufnahme des Schädels. Lange Schrägfraktur des Ramus mandibulae.

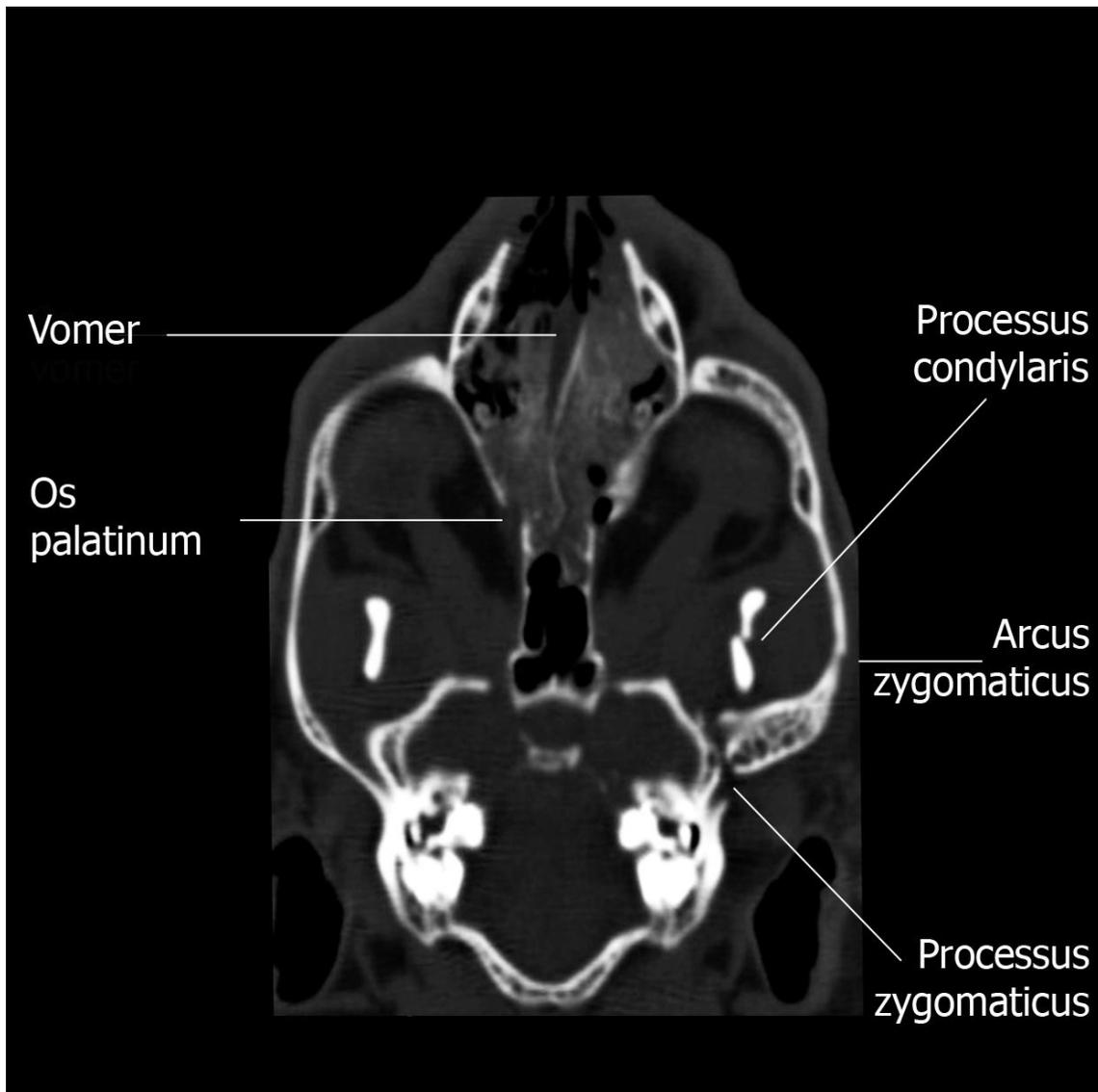


Abb. 28: Patient Nr. 22: Repräsentative Darstellung der Befunderhebung Röntgen versus Computertomographie (CT).

C: Dorsale Schnittführung auf Höhe der Basis des Processus zygomaticus des Os temporale, Knochenfenster. Röntgenologisch nicht diagnostizierte Frakturen: Fraktur des Vomer, Fraktur des Os palatinum beiderseits, Fraktur des Processus condylaris der Mandibula links, Frakturen des Processus zygomaticus des Os temporale im Bereich des Arcus zygomaticus und an seiner Basis links. Zusätzlicher Befund: beiderseits hypointenses, weichteildichtes Material im Cavum nasi (V.a. Einblutung).

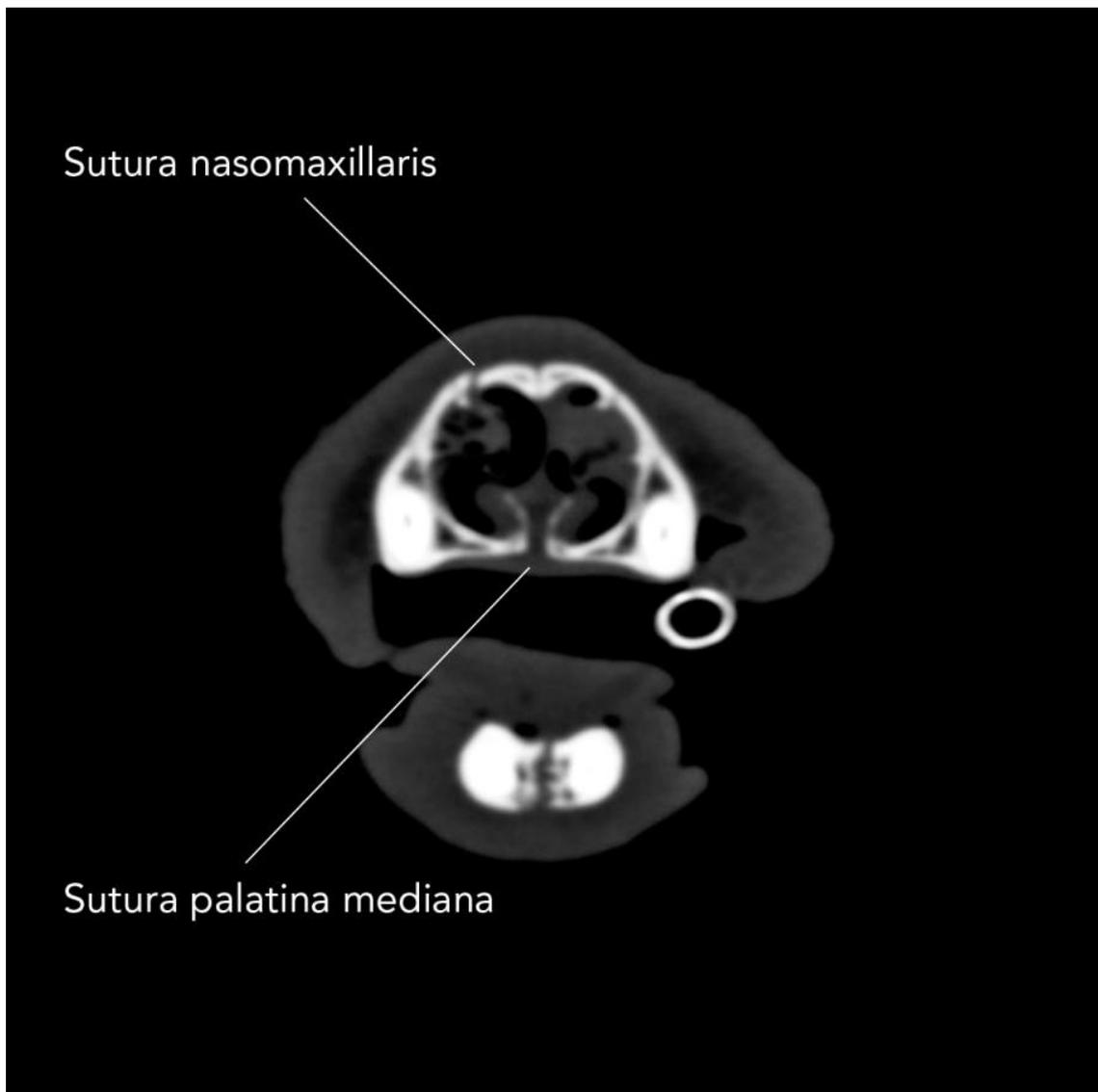


Abb. 28: Patient Nr. 22: Repräsentative Darstellung der Befunderhebung Röntgen versus Computertomographie (CT).

D: CT transversal auf Höhe der Oberkiefercanini, Knochenfenster. Sichtbar ist die auch im Röntgenbild diagnostizierte Zusammenhangstrennung der Sutura interincisiva. Röntgenologisch nicht diagnostizierte Frakturen: Fraktur der Sutura nasomaxillaris rechts, Fraktur des Vomer.

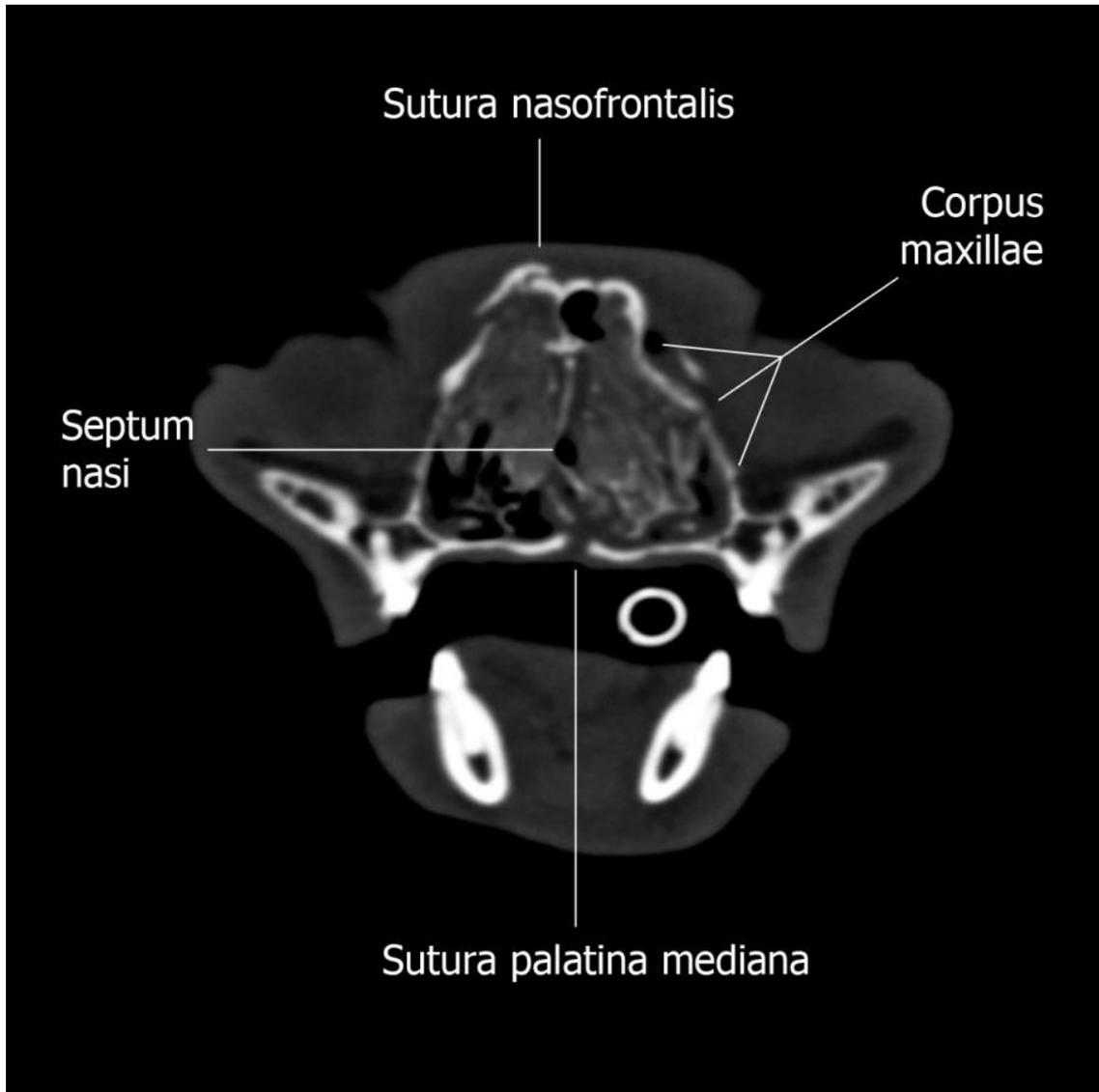


Abb. 28: Patient Nr. 22: Repräsentative Darstellung der Befunderhebung Röntgen versus Computertomographie (CT).

E: CT transversal auf Höhe des kaudalen Corpus maxillae, Knochenfenster. Sichtbar ist die auch im Röntgen diagnostizierte Zusammenhangstrennung der Sutura palatina mediana der Maxilla. Röntgenologisch nicht diagnostizierte Frakturen: Frakturen des Os frontale rechts, Zusammenhangstrennung der Sutura nasofrontalis rechts, Fraktur des Corpus maxillae beiderseits und des Septum nasi. Zusätzlicher Befund: beiderseits hypointenses, weichteildichtes Material im Cavum nasi (V.a. Einblutung).

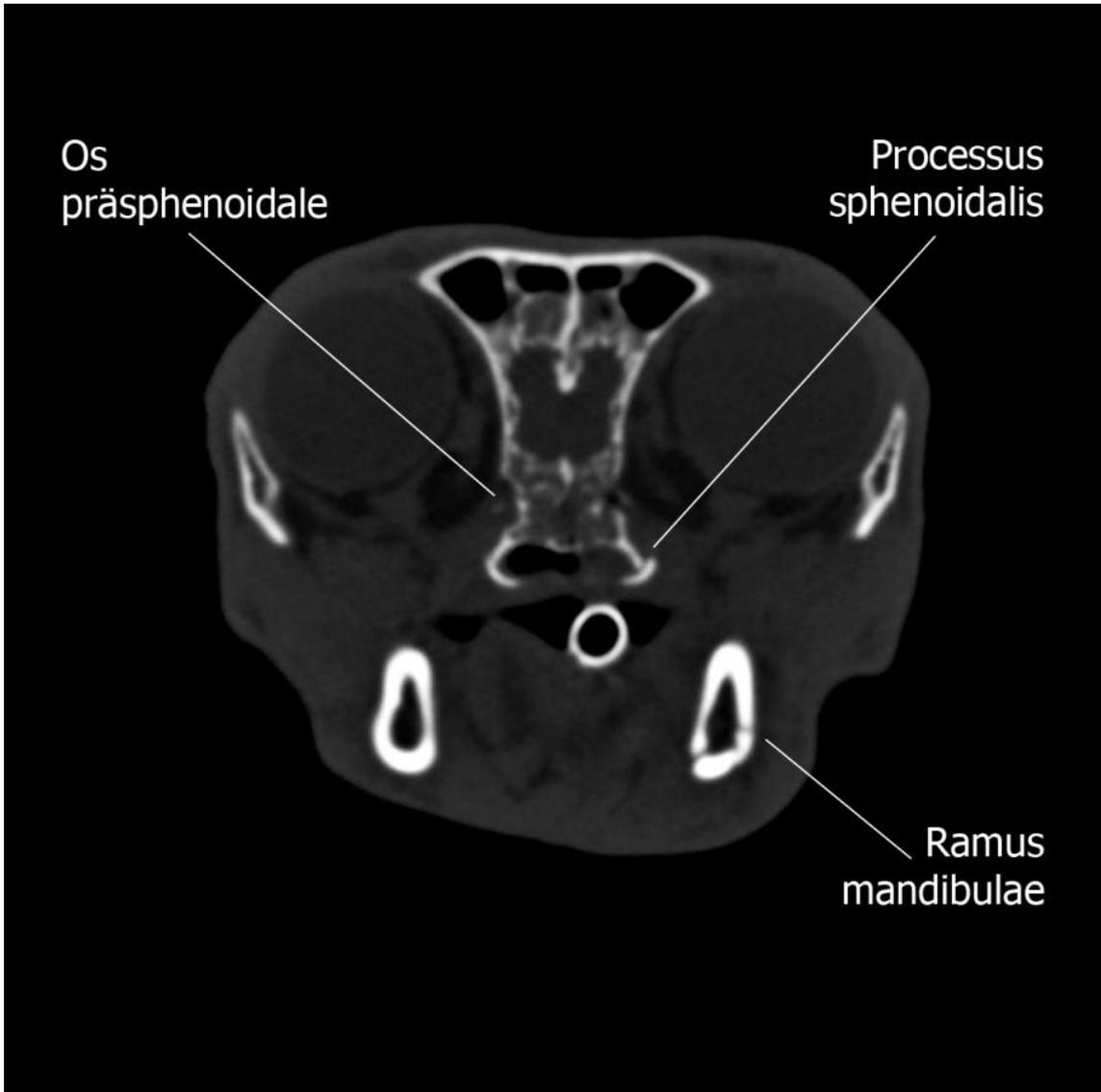


Abb. 28: Patient Nr. 22: Repräsentative Darstellung der Befunderhebung Röntgen versus Computertomographie (CT).

F: CT transversal auf Höhe des Ramus mandibulae, Knochenfenster. Sichtbar ist die auch im Röntgen diagnostizierte Fraktur des Ramus mandibulae links. Röntgenologisch nicht diagnostizierte Frakturen: Frakturen des Os präsphenoideale beiderseits und des Processus sphenoidalis beiderseits. Zusätzlicher Befund: hypointenses, weichteildichtes Material innerhalb des Meatus nasopharyngeus und des Sinus frontalis (V.a. Einblutung).

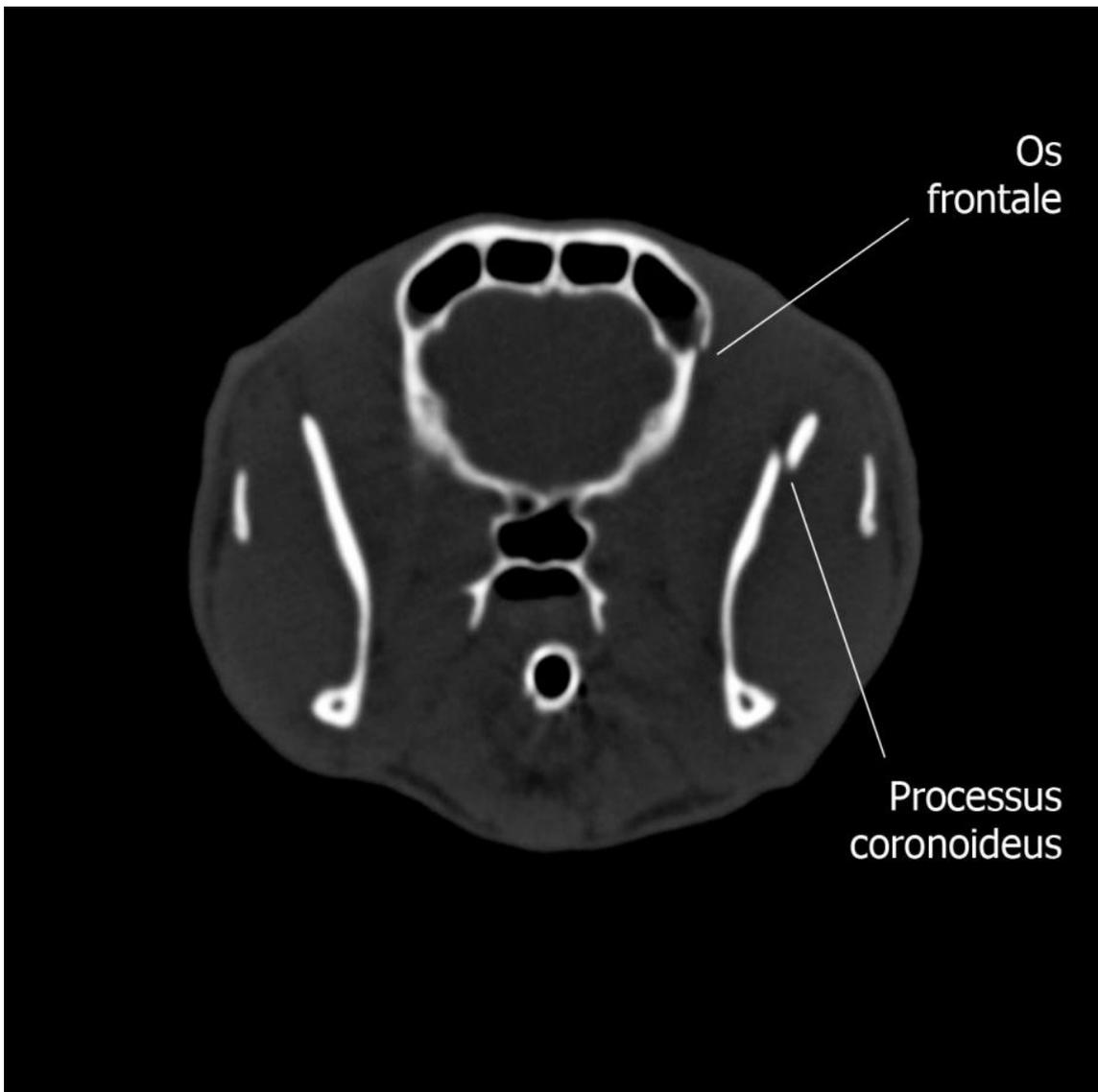


Abb. 28: Patient Nr. 22: Repräsentative Darstellung der Befunderhebung Röntgen versus Computertomographie (CT).

G: CT transversal auf Höhe des Ramus mandibulae kranial der Kiefergelenke, Knochenfenster. Sichtbar ist die auch im Röntgen diagnostizierte Fraktur des Processus coronoideus der Mandibula links. Röntgenologisch nicht diagnostizierte Fraktur: Fraktur des Os frontale links mit Eröffnung des Sinus frontalis.

4.3.3 Falsch positive Ergebnisse im Röntgen

Die niedrigen Fallzahlen falsch positiver Röntgenergebnisse (≤ 7) (Tab. 11-21), können als Einzelfälle gewertet werden. Eine Schätzung der Sensitivität und Spezifität wäre nur grob möglich und erfolgt aus diesem Grunde nicht.

In den Tabellen 12–22 sind die Ergebnisse der zu vergleichenden bildgebenden Verfahren aufgeführt. Hervorgehoben werden die falsch positiven Röntgenbefunde, die computertomographisch widerlegt sind.

Tab 12: Ergebnisse des Röntgens (Rö) und der Computertomographie (CT): Befunde der Kiefergelenksluxationen. Die Anzahl der falsch positiven Röntgenergebnisse wird in der Tabelle hervorgehoben (1).

	Rö nein	Rö rechts	Rö links	Rö beiderseits
CT nein	24	0	0	0
CT rechts	0	2	0	0
CT links	1	0	0	<u>1</u>
CT beiderseits	0	0	0	0

Tab. 13: Ergebnisse des Röntgens (Rö) und der Computertomographie (CT): Befunde der Frakturen des Os nasale. Die falsch positiven Röntgenergebnisse werden in der Tabelle hervorgehoben (1).

	Rö nein	Rö rechts	Rö links	Rö beiderseits
CT nein	23	0	0	<u>1</u>
CT rechts	1	0	0	0
CT links	2	0	0	0
CT beiderseits	0	0	<u>1</u>	0

Tab. 14: Ergebnisse des Röntgens (Rö) und der Computertomographie (CT): Befunde der Frakturen des Processus alveolaris des Os incisivum. Die Anzahl der falsch positiven Röntgenergebnisse wird in der Tabelle hervorgehoben (3).

	Rö nein	Rö rechts	Rö links	Rö beiderseits
CT nein	24	0	<u>3</u>	0
CT rechts	0	0	0	0
CT links	1	0	0	0
CT beiderseits	0	0	0	0

Tab. 15: Ergebnisse des Röntgens (Rö) und der Computertomographie (CT): Befunde der Frakturen des Corpus maxillae. Die Anzahl der falsch positiven Röntgenergebnisse wird in der Tabelle hervorgehoben (1;2;3).

	Rö nein	Rö rechts	Rö links	Rö beiderseits
CT nein	13	<u>2</u>	<u>3</u>	0
CT rechts	2	1	0	<u>1</u>
CT links	1	0	0	0
CT beiderseits	2	0	<u>1</u>	2

Tab. 16: Ergebnisse des Röntgens (Rö) und der Computertomographie (CT): Befunde der Frakturen des Tuber maxillae. Die Anzahl der falsch positiven Röntgenergebnisse wird in der Tabelle hervorgehoben (1).

	Rö nein	Rö rechts	Rö links	Rö beiderseits
CT nein	17	0	0	0
CT rechts	4	1	0	<u>1</u>
CT links	2	0	0	0
CT beiderseits	1	<u>1</u>	<u>1</u>	0

Tab. 17: Ergebnisse des Röntgens (Rö) und der Computertomographie (CT): Befunde der Frakturen des Processus temporalis des Os zygomaticum. Die Anzahl der falsch positiven Röntgenergebnisse wird in der Tabelle hervorgehoben (1).

	Rö nein	Rö rechts	Rö links	Rö beiderseits
CT nein	21	<u>1</u>	<u>1</u>	0
CT rechts	2	0	0	0
CT links	1	0	1	0
CT beiderseits	1	0	0	0

Tab. 18: Ergebnisse des Röntgens (Rö) und der Computertomographie (CT): Befunde der Frakturen des Arcus zygomaticus. Die Anzahl der falsch positiven Röntgenergebnisse wird in der Tabelle hervorgehoben (1).

	Rö nein	Rö rechts	Rö links	Rö beiderseits
CT nein	14	0	<u>1</u>	0
CT rechts	4	2	0	0
CT links	4	0	2	0
CT beiderseits	1	0	0	0

Tab. 19: Ergebnisse des Röntgens (Rö) und der Computertomographie (CT): Befunde der Frakturen des Corpus mandibulae. Die Anzahl der falsch positiven Röntgenergebnisse wird in der Tabelle hervorgehoben (1).

	Rö nein	Rö rechts	Rö links	Rö beiderseits
CT nein	20	0	0	0
CT rechts	2	1	0	<u>1</u>
CT links	3	0	1	0
CT beiderseits	0	0	0	0

Tab. 20: Ergebnisse des Röntgens (Rö) und der Computertomographie (CT): Befunde der Frakturen des Arcus alveolaris der Mandibula. Die Anzahl der falsch positiven Röntgenergebnisse wird in der Tabelle hervorgehoben (1).

	Rö nein	Rö rechts	Rö links	Rö beiderseits
CT nein	23	0	0	<u>1</u>
CT rechts	2	0	0	0
CT links	1	0	1	0
CT beiderseits	0	0	0	0

Tab. 21: Ergebnisse des Röntgens (Rö) und der Computertomographie (CT): Befunde der Frakturen des Ramus mandibulae. Die Anzahl der falsch positiven Röntgenergebnisse wird in der Tabelle hervorgehoben (1).

	Rö nein	Rö rechts	Rö links	Rö beiderseits
CT nein	24	<u>1</u>	0	0
CT rechts	0	0	0	0
CT links	0	0	2	0
CT beiderseits	0	<u>1</u>	0	0

Tab. 22: Ergebnisse des Röntgens (Rö) und der Computertomographie (CT): Befunde der Frakturen des Processus condylaris. Die Anzahl der falsch positiven Röntgenergebnisse wird in der Tabelle hervorgehoben (1;2).

	Rö nein	Rö rechts	Rö links	Rö beiderseits
CT nein	16	<u>1</u>	<u>2</u>	0
CT rechts	1	3	0	0
CT links	1	0	3	0
CT beiderseits	1	0	0	0

5. Diskussion

5.1 Eigene Methodik

5.1.1 Lagerungstechniken im Röntgen zur gezielten Darstellung knöcherne Strukturen am Kopf

Im Unterschied zur Humanmedizin gehören in der Veterinärmedizin Röntgenaufnahmen des Schädels in mindestens zwei Ebenen zur initialen Diagnostik bei Hunden und Katzen mit einem leichten SHT und/oder kraniofazialen Verletzungen (JAGGY und TIPOLD, 1992; BECK et al., 2000). Vielfach handelt es sich bei dieser Patientengruppe um polytraumatisierte Risikopatienten (PLATT et al., 2005).

In der vorliegenden Arbeit werden aus mehreren Gründen Röntgenbilder des Kopfes in zwei Ebenen angefertigt:

1. Es handelt sich um Standardaufnahmen, die einen Überblick über knöcherne Veränderungen ermöglichen (BECK et al., 2000).
2. Ein Umlagern des Traumapatienten wird auf ein Minimum reduziert (BAR-AM et al., 2008).
3. Der zeitliche Rahmen für Röntgenaufnahmen in 2 Ebenen ist gering und mit dem der CT vergleichbar.
4. Die symmetrische Lagerung des Kopfes in 2 Ebenen (latero-lateraler und dorso-ventraler Strahlengang) ist relativ einfach, auch ohne die Fluoroskopie durchführbar und damit von Bedeutung für die praktische Durchführung.

5.1.2 Limitationen der eigenen Untersuchungsmethoden

Die patho-histologische Untersuchung ist ein etabliertes Verfahren zur vollständigen Befunderhebung und bietet folglich die Möglichkeit, Untersuchungsergebnisse hinsichtlich ihrer Vollständigkeit und Korrektheit zu evaluieren. Bei den in der vorliegenden Arbeit untersuchten Katzen handelt es sich um Tiere, die von ihren Besitzern mit dem ausdrücklichen Wunsch der funktionellen Wiederherstellung

eingeliefert worden sind. Neben der klinischen Untersuchung stellen die CT-Befunde der vorliegenden Arbeit die Grundlage für eine adäquate Therapie der betroffenen Patienten dar.

Wegen des Verzichts auf eine patho-histologische Untersuchung der Tiere kann ein sicherer Nachweis der korrekten und vollständigen CT-Befundung im Rahmen unserer Untersuchung nicht erbracht werden.

5.2 Ergebnisse

5.2.1 Rasseverteilung

In der vorliegenden Auswertung sind bis auf zwei Katzen ausnahmslos Europäische Kurzhaarkatzen (94%) vertreten. Die Häufigkeit dieser Rasse ist sicher darauf zurückzuführen, dass sie die häufigste Katzenrasse in Deutschland darstellt. In der Literatur finden sich keine Angaben über eine Rassenprädisposition (UMPHLET und JOHNSON, 1988; PRUSS, 1996; BUCHET und BOUDRIEU, 1999; PRATSCHKE und KIRBY, 2002; ROCHLITZ, 2004).

5.2.2 Altersverteilung

Mit 45 Monaten (3,8 Jahre) entspricht der in der vorliegenden Arbeit errechnete Altersdurchschnitt annähernd dem von BUCHET und BOUDRIEU (1999) und ROCHLITZ (2004) mit 4 Jahren. Ansonsten wird das Auftreten kraniofazialer Traumata in der Literatur hauptsächlich bei jüngeren Tieren beschrieben (< 1 Jahr) (UMPHLET und JOHNSON, 1988; TESKE, 1989; DEWEY et al., 1993; WRUCK, 1996; KNÖDLER, 1999). In der Untersuchung von PRUSS (1996) sind 25% (23/92) der Katzen mit Kieferfrakturen jünger als 1 Jahr. Tiere der Altersstufe 1-2 Jahre sind mit 13% (12/92) und der Altersstufe 2-3 Jahre mit 14% (13/92) häufiger von einer Fraktur betroffen, als ältere Tiere.

Mit 3,8 Jahren (45 Monate) liegt der in der vorliegenden Untersuchung errechnete Altersdurchschnitt deutlich über diesen Angaben. Betroffen sind sowohl sehr junge Tiere (3 Monate) als auch ältere Katzen (11,7 Jahre). Auch wenn der Altersdurchschnitt in dieser Arbeit insgesamt höher ausfällt, sind 42% der Tiere 2

Jahre und jünger, sowie 81% der Katzen 5 Jahre und jünger. Vermutlich verunfallen jüngere Tiere aufgrund ihrer Unerfahrenheit tendenziell häufiger, als ältere Tiere (UMPHLET und JOHNSON, 1988).

5.2.3 Unfallursache

Als Ursache für Schädelverletzungen werden in der Literatur stumpfe Traumata, allen voran Autounfälle (53%-70%) und Stürze aus großer Höhe („high-rise“ Syndrom) (28%-67%) aufgeführt (UMPHLET und JOHNSON, 1988; BATTIER und MONTAVON, 1989; DEWEY et al., 1993; PRUSS, 1996; WRUCK, 1996; BUCHET und BOUDRIEU, 1999). Im Unterschied zum Hund sind Kämpfe mit anderen Tieren hinsichtlich der daraus resultierenden Schädelverletzungen bei der Katze von untergeordneter Bedeutung. Kämpfe als Ursache für kraniofaziale Traumata machen bei dieser Spezies einen Anteil von nur 1%-13% aus (UMPHLET und JOHNSON, 1988; DEWEY et al., 1993; BUCHET und BOUDRIEU, 1999).

In der vorliegenden Auswertung lässt sich der Unfallhergang bei 24 (71%) Tieren nicht sicher nachweisen. Ein Autounfall kann bei 7 (21%) Patienten beobachtet werden, 3 (9%) Patienten werden aufgrund eines „high rise“ Syndroms vorgestellt.

5.2.4 Geschlechterverhältnis

Das Geschlechterverhältnis weist in der vorliegenden Arbeit 1,6mal so viele männliche (7 männliche, 14 männlich-kastrierte) wie weibliche Tiere (4 weibliche und 9 weiblich-kastriert Tiere) aus. Diesbezüglich finden sich in der Literatur unterschiedliche Angaben. In der Untersuchung von UMPHLET und JOHNSON (1988) entspricht die Geschlechterverteilung mit 53% männlichen und 47% weiblichen Tieren der dortigen Klinikpopulation und auch in der Arbeit von BUCHET und BOUDRIEU (1999) kann kein Unterschied der Geschlechterverhältnisse verzeichnet werden. Demgegenüber stehen die Ergebnisse mehrerer Autoren, die Katzen männlichen Geschlechts als überrepräsentiert und prädisponiert für Unfälle ausweisen (KOLATA et al., 1974; PRUSS, 1996; WRUCK, 1996). So sind beispielsweise in der Untersuchung von DEWEY et al. (1993) 78% der betroffenen Katzen männlich und auch ROCHLITZ (2004) berichtet in seiner Untersuchung von

statistisch signifikant mehr männlichen Tieren ($p < 0,01$), die einen Autounfall erlitten haben. Die verschiedenen Literaturangaben und das Ergebnis der vorliegenden Arbeit lassen die Vermutung zu, dass männliche Katzen tendenziell häufiger ein Trauma erleiden. Ihre Veranlagung größere Wegstrecken zu absolvieren sowie ihre höhere Risikobereitschaft kommen als Gründe in Frage (KOLATA et al., 1974).

5.2.5 Begleitverletzungen

Als klassische Triade des sogenannten „high rise“ Syndroms werden Verletzungen des Kopfes, des Thorax und der Extremitäten genannt (ROBINSON, 1976; WHITHNEY und MEHLHAFF, 1987; DUPRÉ, 1997). Neben dem kraniofazialen Trauma dominieren bei der Katze Thoraxverletzungen, Lungenkontusionen und Gliedmaßenfrakturen (ROBINSON, 1976; WHITHNEY und MEHLHAFF, 1987; FLAGSTED et al., 1998). Häufig werden die Tiere mit einer zusätzlichen Schocksymptomatik und Zahnfrakturen vorgestellt (BATTIER und MONTAVON, 1989; BARTH, 1990; GLITTENBERG und MÜLLER, 1991).

Ein deutlich vielfältigeres Verletzungsmuster können Autounfälle zur Folge haben. Vorrangig handelt es sich dabei um Traumata der Extremitäten (62%), gefolgt von Kopfverletzungen (32%), Beckenfrakturen (31%) und Thoraxverletzungen (21%) (ROCHLITZ, 2004). Auch in der vorliegenden Arbeit sind Begleitverletzungen innerhalb des untersuchten Patientenkollektivs die Regel (85%). Sie fallen jedoch deutlich höher aus als in der Literatur angegeben. TESKE (1989) beispielsweise findet bei nur 61% der Katzen mit einer Kieferfraktur/-luxation zusätzliche Verletzungen.

Ein weiterer Unterschied zu den Literaturangaben betrifft die Häufigkeit, mit der die verschiedenen Begleitverletzungen auftreten. In unserer Untersuchung dominieren die intraoralen Folgeverletzungen (z.B. offene Kieferfrakturen, Ablederungen der Gingiva, Zungenverletzungen) (44%), sowie Verletzungen die den Weichteilmantel des Schädels (29%) betreffen und Traumata der Augen (z.B. Exophthalmus, Hyphäma, Hyposphagma) (27%). Im Unterschied zu den Angaben zahlreicher Autoren sind Lungenkontusionen und Frakturen des übrigen knöchernen Skeletts von untergeordneter Bedeutung und werden nur bei jeweils 3 (9%) Katzen diagnostiziert.

Entsprechend den Literaturangaben (ROBINSON, 1976; WHITHNEY und MEHLHAFF, 1987) sind klinisch relevante intraabdominale Begleitverletzungen auch in der vorliegenden Arbeit sehr selten. Lediglich eine Katze (3%) weist neben dem kraniofazialen Trauma eine Milzruptur auf.

5.2.6 Radiologische Befunde

In dieser Arbeit werden die bisher größte Anzahl computertomographisch und röntgenologisch untersuchter Katzen mit einem leichten SHT zusammengetragen und die Befunde beider bildgebender Verfahren miteinander verglichen.

5.2.6.1 Kraniofaziale Frakturen

Knöcherne Verletzungen des Schädels spielen bei verunfallten Katzen eine zentrale Rolle und stellen verglichen mit anderen orthopädischen Traumata die dritthäufigste Frakturlokalisierung dar (HILL, 1977; WONG, 1984). Literaturangaben zur Folge machen allein die Kieferfrakturen bei der Katze 11%-23% aller Frakturen aus (OWEN et al., 2004). Im Unterschied dazu, sind Kieferfrakturen beim Hund mit 1,5%-3% (OWEN et al., 2004) gemessen an der Gesamtzahl aller Frakturen deutlich seltener anzutreffen und verdeutlichen die Notwendigkeit der differenzierten Betrachtung beider Spezies im Hinblick auf die Thematik des kraniofazialen Traumas.

Bislang existieren in der Literatur keine Angaben über die Häufigkeit von Schädelfrakturen bei Katzen mit einem geringgradigen SHT. In der Untersuchung von PLATT et al. (2002) weisen 8 von 10 (89%) computertomographisch untersuchte Hunde mit einem geringgradigen SHT eine oder mehrere Schädelfrakturen auf. Ähnliche Befunde finden sich auch in unserer Arbeit. 82% der untersuchten Katzen haben mindestens eine Schädelfraktur. Der prozentuale Anteil multipler Frakturen (> 2) ist mit 77% hoch und spiegelt das Ausmaß der knöchernen Verletzungen innerhalb unseres Patientenkollektivs wieder. Die prozentual hohe Beteiligung sowohl des Neuro- (79%) als auch des Viszerokraniums (77%) erklärt sich durch deren direkte anatomische Beziehung zueinander und lässt Rückschlüsse auf ein massives Trauma als Ursache zu.

5.2.6.2 Unterkiefer- und Kiefergelenksfrakturen

Aufgrund seiner exponierten Lage stellt der Unterkiefer bei der Katze eine Prädilektionsstelle für traumatisch bedingte Frakturen dar (HILL, 1977; WONG, 1984; UMPHLET und JOHNSON, 1988) und gehört auch in der vorliegenden Arbeit zu den am häufigsten betroffenen Schädelregionen. Der prozentuale Anteil an den Schädelbrüchen fällt in unserer Untersuchung mit 86% jedoch deutlich höher aus, als in der Literatur angegeben, ist aber vergleichbar mit verschiedenen Angaben aus der Humanmedizin. Beim Menschen betreffen ca. 70% der Gesichtsschädelfrakturen den Unterkiefer. Mandibulafrakturen treten fast ausschließlich an klassischen Schwachstellen auf, die sich insbesondere durch eine feine Knochenstruktur auszeichnen (SCHWENZER und EHRENFELD, 2002). Vergleichbare Aspekte scheinen auch bei der Katze und beim Hund als Ursache für sich häufende Brüche in bestimmten Unterkieferregionen eine Rolle zu spielen (UMPHLET und JOHNSON, 1988; UMPHLET und JOHNSON, 1990; LEGENDRE, 2005; LOPES et al., 2005). So wird das Corpus mandibulae von zahlreichen Autoren als Prädilektionsstelle für Unterkieferfrakturen beim Hund genannt (SCHEBITZ et al., 1983; UMPHLET und JOHNSON, 1990; PRUSS, 1996; SMITH, 1999; LEGENDRE, 2005; LOPES et al., 2005). Mit 31% weisen UMPHLET und JOHNSON (1990) die prämolare Region als häufigste Frakturlokalisation aus, während in der Untersuchung von LOPES et al. (2005) die molare Region mit 47% dominiert. Insbesondere der Abschnitt zwischen dem ersten prämolaren und dem zweiten molaren Zahn scheint beim Hund eine Schwachstelle darzustellen (SMITH, 1999).

Im Unterschied dazu führen stumpfe Schädeltraumata bei der Katze hauptsächlich zu einer Sprengung der Unterkiefersymphyse (ROBINSON, 1976; CHAMBERS, 1981; WEIGEL, 1985; UMPHLET und JOHNSON, 1988; TESKE, 1989; PRUSS, 1996), die auch in der vorliegenden Untersuchung die häufigste traumatisch induzierte Veränderung am Unterkiefer ist. Literaturangaben zufolge weisen bis zu 73% der Katzen mit einer Unterkieferfraktur zusätzlich eine Unterkiefersymphyseolyse auf (UMPHLET und JOHNSON, 1988; PRUSS, 1996). Nur vereinzelt finden sich Untersuchungen, die mit 15%-20% einen geringeren prozentualen Anteil angeben (CHRIST, 1992; KNÖDLER, 1999). Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit sind mit den Literaturangaben vergleichbar. Insgesamt haben 68% der untersuchten

Katzen mit einer Schädelfraktur und 56% der Tiere mit einem leichten SHT eine Symphysensprengung am Unterkiefer.

Selbst beim adulten Tier ist die Unterkiefersymphyse nicht knöchern durch gebaut, sondern gehört zu den unechten Gelenken, den sogenannten Synarthrosen, die bei stumpfen Traumata eine präformierte Bruchstelle darstellt (UMPHLET und JOHNSON, 1988; WRUCK, 1996; EICKHOFF, 2005). Die Symphyse erlaubt beiden Unterkieferhälften eine Bewegung gegeneinander, die aufgrund der großen Distanz zwischen Kiefergelenksachse und rostralem Kieferpunkt, z.B. beim Öffnen des Fanges notwendig wird (EICKHOFF, 2005). Als Ursache für eine Symphysensprengung sind vorrangig Stürzen aus mittlerer Höhe („high rise“ Syndrom) beschrieben (CHRIST, 1992, PRUSS, 1996; WRUCK, 1996). Das Verhalten der Katzen die aus mittlerer Höhe stürzen erklärt das klassische Kopfverletzungsmuster (Unterkiefersymphysiolyse, traumatische Gaumenspalte, Zahnfrakturen, Frakturen und/oder Luxationen des Unterkiefers). Charakteristisch ist, dass zu Beginn des Fallens der schwere Vorderkörper voraus nach unten fällt. Die Wucht des Aufpralls und der zuerst aufkommende Vorderkörper haben zur Folge, dass die Tiere mit der Ventralfläche des Unterkiefers auf dem Boden aufprallen und so die genannten Verletzungen zustande kommen (ROBINSON, 1976; UMPHLET und JOHNSON, 1988; EICKHOFF, 2005). Aber auch andere Traumata (z.B. Autounfälle) können zu einer Unterkiefersymphysiolyse führen (SUMNER-SMITH und DINGWALL, 1971; UMPHLET und JOHNSON, 1988).

Bei der Katze ist zudem das Corpus mandibulae häufig in das Frakturgeschehen involviert (VOGEL, 1983; UMPHLET und JOHNSON, 1988; TESKE, 1989; CHRIST, 1992; PRUSS, 1996; KNÖDLER, 1999). In den Untersuchungen von VOGEL (1983), CHRIST (1992) und KNÖDLER (1999) ist es die am häufigsten von Frakturen betroffene Unterkieferregion (25%-69%). UMPHLET und JOHNSON (1988) weisen den Unterkieferkörper an zweiter Stelle aus. Der Anteil der Corpusfrakturen ist mit 32% auch in der vorliegenden Arbeit hoch und stellt entsprechend den Untersuchungsergebnissen von TESKE (1989) die dritthäufigste Frakturlokalisation am Unterkiefer bei unseren Patienten dar.

Verglichen mit den Literaturangaben kann in der vorliegenden Arbeit ein höherer prozentualer Anteil der Kiefergelenksfrakturen (54%) gemessen an der Gesamtzahl der Tiere mit einer Schädelfraktur ausgewiesen werden. Die Literaturangaben schwanken zwischen 35% und 39% (HARVEY und FLAX, 1992; WRUCK, 1996;

KNÖDLER, 1999). Im Unterschied zu den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit werden Frakturen des Processus condylaris von einigen Autoren als ein eher selteneres Ereignis beschrieben. Die prozentualen Angaben differieren zwischen 0% und 20% (UMPHLET und JOHNSON, 1988; TESKE, 1989; CHRIST, 1992; PRUSS, 1996). Deutlich häufiger diagnostizieren VOGEL (1983) mit 31%, und KNÖDLER (1999) mit 31% diese Fraktur. In unserer Untersuchung liegt der prozentuale Anteil der Frakturen des mandibulären Kiefergelenkanteils an den Unterkieferfrakturen mit 43% höher. Eine mögliche Erklärung ist, dass nur die Ergebnisse von KNÖDLER (1999) auf computertomographischen Untersuchungen des Katzenschädels basieren, die verglichen mit Röntgenaufnahmen eine wesentlich differenziertere Betrachtung des Kiefergelenkes ermöglichen (KNÖDLER, 1999). Basierend auf den vorliegenden Untersuchungsergebnissen kann die Annahme von UMPHLET und JOHNSON (1988), die den geringen prozentualen Anteil der Tiere mit einer Fraktur des Processus condylaris in seiner von Muskulatur und Jochbogen relativ gut geschützten Lage begründet sehen, nicht bestätigt werden. Vermutlich führt eine hohe Druckentwicklung und -fortleitung der Kräfte über mandibuläre Knochenstrukturen zu den Frakturen des Kiefergelenkes bei der Katze (WRUCK, 1996).

Die von der Wurzel des Jochfortsatzes gebildete Kiefergelenkfläche ist in unserer Untersuchung bei 18% der Tiere mit einem Schädelbruch frakturiert. 7% der Brüche betreffen die Fossa mandibularis und 11% den Processus retroarticularis. Der Anteil der Kiefergelenksluxationen an den Schädelbrüchen (14%) ist etwas niedriger, als in der Untersuchung von KNÖDLER (1999) (20%).

Ein weiterer von Frakturen betroffener Unterkieferabschnitt ist der Ramus mandibulae, der in seinem proximalen Anteil hauptsächlich durch die Massetermuskulatur und den Jochbogen vor traumatischen Einflüssen geschützt wird. Folglich sind Frakturen dieses Unterkieferabschnittes seltener und treten bei nur 14% unserer Patienten mit einer Unterkieferfraktur auf. Dieses Ergebnis zeigt eine gute Übereinstimmung mit den Angaben von VOGEL (1983) (13%), CHRIST (1992) (13%) und TESKE (1989) (19%). Einen etwas höheren Anteil verzeichnet KNÖDLER (1999) mit 23%.

Selten sind Frakturen des Processus coronoideus (UMPHLET und JOHNSON, 1988). Sie haben in unserer Untersuchung einen Anteil von 7% an den Unterkieferfrakturen. Neben der einwirkenden Kraft eines Traumas, das bei der

Katze selten ausschließlich von der Seite zu erfolgen scheint, bieten vermutlich ebenfalls die Massetermuskulatur und der Jochbogen einen ausreichenden Schutz dieser knöchernen Struktur.

5.2.6.3 Oberkieferfrakturen

Im Unterschied zu den Literaturangaben repräsentiert die Unterkieferfraktur in der vorliegenden Arbeit nicht die allein häufigste Schädelfraktur bei der Katze. Maxillafrakturen werden bei unseren Patienten ebenso häufig gesehen. Dieses Ergebnis steht im Widerspruch zu der Aussage einiger Autoren, die Oberkieferbeinbrüche bei der Katze als ein seltenes Ereignis beschreiben (BOUDRIEU und KUDISCH, 1996; BROWN, 2003). Den Literaturangaben zufolge sollen sie weniger als 2% aller Frakturen ausmachen (BROWN, 2003). Allerdings räumen die Autoren BUCHET und BOUDRIEU (1999) und LEGENDRE (2005) ein, dass ein Teil der stabilen und klinisch unauffälligen Maxillafrakturen bei der Katze übersehen werden könnten. Eine mögliche Erklärung für die Diskrepanz der aufgeführten Literaturangaben mit den Ergebnissen unserer Untersuchung ist, dass die Angaben der genannten Autoren nicht auf computertomographischen Untersuchungen des Kopfes, sondern auf einer klinischen Untersuchung und der Auswertung von Röntgenbildern basieren. Eine überlagerungsfreie Beurteilung der gesamten Maxilla ist jedoch anhand von Röntgenbildern nicht sicher möglich (BUCHET und BOUDRIEU, 1999). Bestehen zudem keine klinischen Hinweise einer Malokklusion oder eine ersichtliche Deformation des Oberkieferbeines können diese Frakturen leicht übersehen werden (BUCHET und BOUDRIEU, 1999). Die Annahme einiger Autoren, dass Maxillafrakturen hauptsächlich bei Patienten mit einem „high rise“ Syndrom vorkommen, kann in der vorliegenden Arbeit wegen der hohen Patientenzahl mit einer unbekanntem Traumenese weder bestätigt noch widerlegt werden (ROBINSON, 1976; WHITNEY und MELHAFF, 1987; BUCHET und BOUDRIEU, 1999).

Der Oberkiefer setzt sich bilateral aus dem Os incisivum, der Maxilla und dem Os nasale zusammen. Diese stellen dünne, luftgefüllte Hohlräume abdeckende Knochenplatten dar, die durch übermäßige Krafteinwirkung leicht frakturieren (GORREL, 2006). In den meisten Fällen einer Oberkieferfraktur kommt es zur Sprengung der Gaumennaht und es entsteht eine traumatische Gaumenspalte

(EICKHOFF, 2005). In der vorliegenden Arbeit wird dieser Befund bei 59% der Katzen mit einem leichten SHT und bei 71% der Tiere mit einer zusätzlichen Schädelfraktur erhoben. Insgesamt hat sie einen Anteil von 83% an den Maxillafrakturen. Ausnahmslos liegt eine Sprengung der Sutura interincisiva und der Sutura palatina mediana der Maxilla vor. Auffällig ist, dass in unserer Untersuchung alle Tiere mit einer Fraktur des Os incisivums eine Sprengung der medianen Sutur aufweisen. Bei 3 Patienten erscheint die mediane Sutur des Os palatinum intakt.

Das Tuber maxillae bildet den lateralen Anteil des ventralen Orbitabodens und ist in der vorliegenden Arbeit ebenso häufig in das Frakturgeschehen involviert, wie das Corpus der Maxilla (50%). Deutlich seltener wird die Diagnose einer Fraktur des Processus alveolaris (14%) und des Processus frontalis (4%) gestellt. Frakturen des Corpus ossis incisivi (7%) und des Processus alveolaris des Os Incisivum (4%) sind bei den untersuchten Katzen ebenfalls von untergeordneter Bedeutung.

Das zum Oberkiefer zugehörige Os nasale ist bei 21% der Tiere mit einem Schädelbruch frakturiert. Nähere Angaben finden sich dazu in der veterinärmedizinischen Literatur nicht.

5.2.6.4 Frakturen des Os palatinum

Das Os palatinum bildet den Abschluss des harten Gaumens und ist zwischen der rostralen Maxilla, dem kaudal gelegenen Os sphenoidale und dem Os pterygoideum eingefügt (NICKEL et al., 2004). Eine Beteiligung des Os palatinum an den Schädelfrakturen ist in der vorliegenden Arbeit bei 65% der Patienten mit einem geringgradigen SHT und 79% der Tiere mit Schädelbrüchen computertomographisch darstellbar. Bisher wird das Os palatinum in der Literatur kaum als solitärer Bestandteil des harten Gaumens angesprochen (WHITNEY und MEHLHAFF, 1987; BUCHET und BOUDRIEAU, 1999). Der prozentuale Anteil der Frakturen des harten Gaumens an den Kieferfrakturen wird bei der Katze mit 0%-38% angegeben (WHITNEY und MEHLHAFF, 1987; WRUCK, 1996; BUCHET und BOUDRIEAU, 1999; KNÖDLER, 1999) und fällt deutlich geringer aus, als in unserer Untersuchung. Der Nachweis einer Zusammenhangstrennung der Sutura palatina mediana, die den Abschluss der Gaumennaht bildet, ist in der vorliegenden Arbeit bei 61% der Patienten mit einer Schädelfraktur möglich. Frakturen der Sutur treten in unserer Untersuchung bei keinem Patienten isoliert sondern nur im Rahmen einer

traumatischen Gaumenspalte auf. Aufgrund der anatomischen Lagebeziehungen erscheint es unwahrscheinlich, dass eine hohe Druckentwicklung und –fortleitung der Kräfte während eines Traumas zu einer isolierten Sprengung dieser Knochennaht führen kann. Umgekehrt haben 3 der untersuchten Katzen mit einer Gaumenspalte radiologisch keine nachweisbare Zusammenhangstrennung der Sutura palatina mediana des Os palatinum. Scheinbar muss eine Oberkiefersymphysiolyse nicht zwingend das Os palatinum involvieren, sondern kann in Ausnahmefällen auf die mediane Suturen des Os incisivum und der Maxilla begrenzt sein. Vermutlich ist es in diesen Fällen während der Kraftweiterleitung nach kaudal in Richtung Palatinum zu einer Abschwächung der auf den Oberschädel einwirkenden Kräfte gekommen.

Der aus dem unteren Abschnitt der Perpendikularplatte hervorgehende, papierdünne Knochenvorsprung, Processus sphenoidalis (NICKEL et al., 2004), ist vermutlich aufgrund seiner ungeschützten Lage und des geringen Knochendurchmessers regelmäßig (61%) am Frakturgeschehen beteiligt.

Frakturen der Lamina perpendicularis (46%) führen zu medialen Orbitafrakturen. Die Lamina horizontalis selbst (exklusive ihrer Sutura) (11%) ist in der vorliegenden Arbeit seltener betroffen. Literaturangaben finden sich dazu in der Veterinärmedizin nicht.

5.2.6.5 Orbitafrakturen

Unseren Untersuchungsergebnissen zur Folge kann die Orbita als eine weitere anatomisch bedeutsame Struktur bei Katzen mit einem kraniofazialen Trauma angesprochen werden. 24 (71%) der untersuchten Patienten haben eine oder mehrere knöcherne Verletzungen der Augenhöhle. Orbitafrakturen treten unseren Ergebnissen zufolge ebenso häufig auf wie Frakturen der Mandibula- und/oder Maxilla. Sie gehören zu den häufigsten Schädelfrakturen bei der Katze.

In der Humanmedizin werden Orbitafrakturen vorrangig als indirekte Frakturen klassifiziert, die insbesondere kombiniert mit Mittelgesichtsfrakturen auftreten (NEFF et al., 2006). In der Untersuchung von LEE et al. (2004) kommen beim Menschen multiple Orbitawandfrakturen bei 62% der Patienten vor, der Anteil isolierter Orbitafrakturen wird mit 38% angegeben. Im Unterschied dazu sind isolierte Orbitafrakturen bei der Katze bisher nicht beschrieben und kommen auch in der vorliegenden Arbeit nicht vor.

Als Prädilektionsstelle für Frakturen werden beim Menschen vornehmlich der Boden und die mediale Wand genannt, die die dünnsten ossären Bereiche der Augenhöhle darstellen (TURETSCHKEK et al., 1998; LEE et al., 2004). Vergleichbare Verhältnisse scheinen auch bei der Katze vorzuliegen. Mit Ausnahme zweier Patienten weisen in unserer Untersuchung alle Tiere mit Frakturen der Augenhöhle eine Beteiligung der medialen Wand auf. Beachtlich ist, dass die mediale Begrenzung bei 96% der betroffenen Patienten beiderseits frakturiert ist.

In der Humanmedizin kommen die medialen Orbitawandfrakturen häufig in Kombination mit weiteren Frakturen der Augenhöhle vor. Ihr isoliertes Auftreten ist ungewöhnlich (TURETSCHKEK et al., 1998). Umgekehrte Verhältnisse liegen bei den von uns untersuchten Tieren vor: 38% der Orbitafrakturen sind ausschließlich auf die mediale Wand lokalisiert. Eine solitär auf den Augenhöhlenboden begrenzte Fraktur wird nur bei einem (4%) Patienten gefunden. Die dafür notwendige regional begrenzte Krafteinwirkung scheint bei der Katze nur in Ausnahmefällen gegeben zu sein.

Eine gute Übereinstimmung unserer Ergebnisse mit den Literaturangaben aus der Humanmedizin besteht bei der Häufigkeit kombiniert auftretender medialer und ventraler Orbitafrakturen. Beim Menschen treten beide Frakturen in der Hälfte der Fälle gemeinsam auf (TURETSCHKEK et al., 1998) und auch in der vorliegenden Arbeit ist in 54% der Fälle sowohl die ventrale als auch die mediale Begrenzung frakturiert.

In der vorliegenden Untersuchung entstehen die medialen Orbitawandfrakturen überwiegend durch Frakturen des Os ethmoidale und des Os frontale. Das Os frontale ist maßgeblich an der Bildung der medialen, dorsalen und dorsolateralen Begrenzung der Augenhöhle beteiligt. 90% der Frakturen dieses Schädelknochens sind auf die mediale Orbitawand (Pars orbitalis) lokalisiert, nur 10% der Frakturen führen zu einer Beteiligung der dorsolateralen Orbitabegrenzung.

Beim Menschen sind Frakturen der lateralen Augenhöhle eher selten anzutreffen (2%-24%) und vorrangig im Zusammenhang mit direkten Gewalteinwirkungen auf die Augenregion beschrieben (LEE et al., 2004; NEFF et al., 2006). Auch in unserer Untersuchung können laterale Orbitafrakturen nur bei 2 Patienten diagnostiziert werden. Vermutlich gewährleistet die unvollständige knöcherne Begrenzung des Aditus orbitae bei der Katze eine ausreichende Flexibilität der lateralen Wand.

Zusätzlich spielt sicherlich auch die Richtung der auf den Schädel einwirkenden Kraft eine nicht zu vernachlässigende Rolle.

Aufgrund seiner anatomischen Lage ist das Siebbein bei unseren Patienten ausnahmslos in das Geschehen medialer Orbitafrakturen involviert. Es liegt in der Tiefe des Schädels zwischen den beiden Augenhöhlen im kaudalen Teil der Nasenhöhle, dem Nasengrund und grenzt die Nasenhöhle gegen die Schädelhöhle ab. Seine Seitenplatten werden jederseits von der Orbitalplatte des Stirnbeins, dem Flügel des Präspenoids, dem Os frontale, dem Os lacrimale und einem Teil des Gaumenbeines überdeckt (NICKEL et al., 2004). In der vorliegenden Untersuchung sind Frakturen des Siebbeins häufig. Sie kommen bei 82% der Patienten mit einem Schädelbruch vor.

Beim Menschen kommen Frakturen des nasoorbitoethmoidalen Komplexes häufig im Zuge eines stumpfen Traumas auf das Mittelgesicht vor (SARGENT, 2007). Zu den nasoorbitoethmoidalen Frakturen zählen die Frakturen des interorbitalen Knochengerüsts, das beim Menschen aus einem kräftigen vorderen Anteil (Nasenbein, Stirnfortsatz der Maxilla) und einem leicht zerbrechlichen hinteren Anteil (Tränenbein und Siebbein) besteht (SCHWENZER und EHRENFELD, 2002; SCHUBKNECHT und GRAETZ, 2005). Frontal einwirkende Kräfte führen zunächst zu einem Bruch der Nasenwurzel, wodurch meist das Nasenbein und die Stirnfortsätze isoliert werden. Einer verbleibenden Belastungsenergie setzen die hinteren dünnen Strukturen des Tränen- und Siebbeins nur geringen Widerstand entgegen. Die Folge ist, dass die kompakten Fragmente der knöchernen Nase teleskopartig in den interorbitalen Raum gestaucht werden. Dies führt vielfach zu einer Zertrümmerung der dünnen Lamellen der Siebbeinzellen, der Tränenbeine und der Lamina cribrosa (SCHWENZER und EHRENFELD, 2002; SCHUBKNECHT und GRAETZ, 2005). Vermutlich kommt es bei der Katze aufgrund der geringeren Prominenz des Os nasale seltener zu dessen Fraktur. Trotzdem ist es vorstellbar, dass eine von frontal auf den Oberkiefer einwirkende Kraft ähnliche Auswirkungen auf das Os lacrimale und das Siebbein haben. Eine Fraktur der Lamina cribrosa kommt bei den untersuchten Katzen jedoch nicht vor.

Zu der gesamten Thematik der traumatisch bedingten Orbitafrakturen finden sich in der Veterinärmedizin keine Literaturangaben.

5.2.6.6 Frakturen der Conchen

Als knöcherner Grundlage der dorsalen Nasenmuschel dient das vom Siebbein ausgehende Endoturbinale I, das weit in die Nasenhöhle vorragt, während das Endoturbinale II der mittleren Nasenmuschel als Stütze dient. Eine selbständige Bildung ist das im unteren Abschnitt der Nasenhöhle liegende Os conchae nasalis ventralis. Aufgrund dessen Befestigung an der Crista conchalis der Maxilla wird es auch als Maxilloturbinale bezeichnet und bildet die Grundlage für die untere Nasenmuschel (NICKEL et al., 2004). Über die Hälfte (64%) der untersuchten Katzen mit einer Schädelfraktur weisen eine Zerstörung der Conchenstruktur auf. Die direkten anatomischen Beziehungen dieser zerbrechlich erscheinenden Strukturen zum Siebbein und der Maxilla sind eine mögliche Erklärung für dessen Frakturanfälligkeit. Literaturangaben finden sich dazu nicht.

5.2.6.7 Frakturen des Vomer

Der Vomer hat die Form einer dorsal geöffneten Hohlsonde und ragt bei der Katze, das Choanengebiet durchziehend, in die Nasenhöhle vor, wo es an der medianen Leiste, Crista nasalis, des Nasenbodens befestigt ist. Kaudal erfolgt die Anheftung an der Crista nasalis der Horizontalplatte des Palatinums. Die Seitenplatten ragen von der Bodenwand ausgehend nach dorsal und bilden mit der Bodenplatte zusammen den Sulcus septalis zur Aufnahme der Nasenscheidewand (NICKEL et al., 2004). Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zeigen, dass Traumata die zu einer Fraktur der an den Vomer angrenzenden Strukturen- Os nasale, Septum nasi, Maxilla und Os palatinum führen, nur in Einzelfällen ohne Beteiligung des Vomer vorkommen. Vergleichbare Verhältnisse finden sich beim Menschen. Von ventral einwirkende Kräfte können beim Menschen zu einer naso-orbitalen Fraktur führen, die in aller Regel mit einer Beteiligung des Vomer einhergeht (TURETSCHEK et al., 1998).

In der vorliegenden Arbeit haben 71% der Katzen mit einer Schädelfraktur eine Fraktur des Vomer. Auffällig ist, dass 5 von 6 Tieren (83%) mit einer Fraktur des Os nasale, 17 von 19 Katzen (90%) mit einer Verletzung des Septum nasi, 18 von 20

Patienten (90%) mit einer Zusammenhangstrennung der Sutura palatina mediana der Maxilla sowie 16 von 17 Tiere (94%) mit einer Fraktur der Sutura palatina mediana des Os palatinum zusätzlich eine Fraktur dieser knöchernen Struktur aufweisen. Einen deutlich geringeren Anteil dieser Frakturen an den Schädelbrüchen verzeichnen hingegen BAR-AM et al. (2008) mit nur 29%. Möglicherweise kommen diese unterschiedlichen Ergebnisse durch die in der Auswertung von BAR-AM et al. (2008) fehlende Speziesdifferenzierung zustande. Die Befunde der computertomographisch untersuchten Hunde und Katzen werden von den Autoren nicht differenziert aufgelistet. Ein direkter Vergleich unserer Ergebnisse mit den Untersuchungsergebnissen von BAR-AM et al. (2008) ist deshalb nur eingeschränkt möglich.

5.2.6.8 Frakturen des Os zygomaticum

In der Humanmedizin betreffen etwa 25% aller Mittelgesichtsfrakturen den Jochbein-Jochbogenkomplex. Die Gefährdung dieser Region wird durch das reflektorische Abdrehen des Kopfes bei bevorstehender Gefahr von vorn und die exponierte Lage des Jochbeines erklärt (SCHWENZER und EHRENFELD, 2002). Beim Menschen vermag das Jochbein die größten Kräfte in vertikaler Richtung (Kaudruck) aufzunehmen. Bedeutend geringer ist die Belastbarkeit in transversaler und sagittaler Richtung (SCHWENZER und EHRENFELD, 2002). Aufgrund der anatomischen Ähnlichkeiten hinsichtlich der Lage und Prominenz des Jochbogens haben diese Aspekte vermutlich auch bei der Katze ihre Gültigkeit.

Über ein Drittel (39%) der Tiere mit einer Schädelfraktur weisen in der vorliegenden Arbeit eine Beteiligung des Jochbeines auf. Der Jochbeinkörper ist in unserer Untersuchung bei 7 (25%) der Katzen mit einer Schädelfraktur frakturiert, 5 Patienten (18%) weisen einen Bruch des Schläfenfortsatzes auf. Nur bei einem Patienten kann eine Fraktur des Processus frontalis (4%) diagnostiziert werden. Patientenzahlen von 7 und 5 Tieren sind sicherlich nicht dazu geeignet, adäquate Aussagen über die Häufigkeitsverteilung der einzelnen Frakturen des Zygomaticums bei der Katze treffen zu können.

Beim Menschen ist bekannt, dass eine Krafteinwirkung, die oberhalb der Toleranzgrenze liegt, zunächst zum Bruch der weniger belastbaren Fortsätze des Jochbeines und erst im Anschluss zur Fraktur des massiven Jochbeinkörpers führt.

Charakteristisch ist, dass die Fortsätze an oder nahe der Knochensuturen frakturieren (SCHWENZER und EHRENFELD, 2002). Inwiefern diese Aspekte auf die Katze übertragbar sind ist nicht bekannt. Eine Aussage diesbezüglich ist anhand unserer Untersuchungsergebnisse nicht möglich. Anzumerken ist jedoch, dass 4 (14%) unserer Patienten Frakturen der Sutura des Jochbogens aufweisen. Frakturen des Arcus zygomaticus selbst, die sich aus Frakturen des Processus temporalis des Os zygomaticum (18%) und/oder des Processus zygomaticus des Os temporale (21%) und/oder aus einer Sprengung der Sutura (14%) zusammensetzen sind bei jeder zweiten Katze (54%) mit Schädelfrakturen präsent. Insgesamt weisen in der vorliegenden Arbeit 44% aller SHT Patienten eine Fraktur in dieser Region auf. In der Untersuchung von KNÖDLER (1999) ist der Anteil der Jochbogenfrakturen zwar geringer, kann jedoch bei einem Drittel (33%) der Tiere nachgewiesen werden. Demzufolge gehören auch die Jochbogenfrakturen zu den häufigen Schädelfrakturen, die bei Katzen mit einem leichten SHT eine Rolle spielen.

5.2.6.9 Frakturen des Os temporale

Das Os temporale als Bestandteil der Schädelbasis ist in der vorliegenden Arbeit bei 32% der Katzen mit einem kraniofazialen Trauma frakturiert. Bei 6 (21%) Patienten resultiert diese Verletzung in einer Eröffnung der Schädelhöhle.

Auffällig ist, dass ein Großteil der Frakturen des Os temporale auf den Processus zygomaticus lokalisiert sind.

Beim Menschen sind Frakturen des Os temporale per Definitionem Schädelbasisfrakturen und kommen häufig zusammen mit kranio-maxillären Frakturen vor (GLADWELL und VIOZZI, 2008). Es werden insbesondere stumpfe Schädeltraumata als Ursache genannt, die bei 75% der Patienten das Os temporale mit einbeziehen (GLADWELL und VIOZZI, 2008). Als Folge können Schädigungen zahlreicher wichtiger Strukturen auftreten. Dazu gehören Verletzungen des Nervus facialis, des Mittel- und Innenohrs und der angrenzenden intrakraniellen Anteile. Als Folgen sind beim Menschen Taubheit, Schwindel, Liquorleckage, Fazialisparese sowie Schädigungen des Kiefergelenkes beschrieben (GLADWELL und VIOZZI, 2008). Zu dieser Thematik finden sich in der zugänglichen veterinärmedizinischen Literatur keine näheren Angaben.

5.2.6.10 Frakturen des Os pterygoideum

Als platter Knochen fügt sich das Os pterygoideum zwischen das Keilbein und die Perpendikularplatte des Gaumenbeines ein und bildet den kaudalen Abschnitt der Seitenwand des Nasenrachenraumes (NICKEL et al., 2004). Sein freier und knöchern ungeschützter ventraler Rand ist zu einem Häkchen, dem Hamulus pterygoideus ausgezogen, das in der vorliegenden Arbeit die einzige Frakturlokalisierung am Os pterygoideum darstellt (32%). Vermutlich handelt es sich hierbei um eine Prädilektionsstelle für Frakturen des Pterygoids bei der Katze.

5.2.6.11 Frakturen des Os sphenoidale

Das Os sphenoidale bildet den rostralen Abschnitt der Schädelbasis und ist wie ein Keil zwischen das Os occipitale und das Os ethmoidale eingefügt (NICKEL et al., 2004).

Gegenüber dem Schädeldach weist die Schädelbasis eine inhomogene Struktur auf die neben den Verstärkungspfählern (Felsenbeine, Keilbeinflügel) aus dünnen Knochenpartien besteht. Diese werden durch Nerven- und Gefäßdurchtrittsstellen zusätzlich geschwächt (WRUCK, 1996).

In der vorliegenden Arbeit sind Frakturen des zur Schädelbasis gehörenden Prä- (64%) und Basisphenoids (18%) häufig. Es handelt sich hierbei wohl hauptsächlich um indirekte Frakturen, da ein direkt auf die Schädelbasis einwirkendes Trauma weder beim Menschen (SCHWENZER und EHRENFELD, 2002) noch bei der Katze beschrieben ist.

Aufgrund seiner anatomischen Lage fungiert das Präphenoid als eine Art Stoßdämpfer für das Basisphenoid. Dies könnte der Grund dafür sein, dass in unserer Untersuchung Frakturen des Präphenoids deutlich häufiger vorkommen als Frakturen des Basisphenoids. Im Unterschied zu den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit werden in der Untersuchung von WRUCK (1996) Schädelbasisfrakturen seltener und nur bei 12% der untersuchten Katzen patho-histologisch diagnostiziert. Auch beim Menschen ist der Anteil der Schädelbasisfrakturen (21%) an den kraniofazialen Frakturen (EROL und PATCHELL, 2002) bedeutend geringer, als bei

unseren Patienten. Beim Menschen werden im Zusammenhang mit Frakturen des Sphenoids auch Frakturen des Processus pterygoideus beschrieben, die im Rahmen der Le Fort-Frakturen vorkommen können (DE OLIVEIRA et al., 2007). Aufgrund der Lokalisation und Größe des Processus pterygoideus erscheint eine röntgenologische Darstellbarkeit am Katzenschädel unmöglich und selbst die sichere Diagnosestellung in der CT schwierig. Eine Beteiligung dieses Knochenfortsatzes am Frakturgeschehen kann deshalb bei den untersuchten Katzen nicht sicher ausgeschlossen werden.

5.2.6.12 Frakturen der Suturen

Neben der medianen Suture des Unter- und Oberkiefers und der Suture im Bereich des Jochbogens können in unserer Untersuchung Sprengungen weiterer Knochennähte dargestellt werden. Dazu gehören die Sutura nasomaxillaris (36%), –nasoincisiva (14%) und –nasofrontalis (11%). Die bereits bei der Ober- und Unterkiefer-symphysiolyse angeführte Theorie trifft vermutlich auch hier zu: Suturen sind das Bindeglied zwischen den einzelnen Knochen des Schädels und stellen aufgrund ihrer geringeren Stabilität einen Locus minoris resistentiae für Zusammenhangstrennungen dar. Beim Menschen sind klassische Bruchlinienverläufe entlang der Suturen im Rahmen der Mittelgesichtsfrakturen beschrieben (SCHWENZER und EHRENFELD, 2002). In der zugänglichen veterinärmedizinischen Literatur finden sich diesbezüglich keine näheren Angaben.

5.2.6.13 Frakturen des Os parietale, Os interparietale und des Os occipitale

Der Nachweis einer Fraktur des Os parietale kann in der vorliegenden Arbeit nur bei einem Patienten (4%) erbracht werden. Frakturen des Os interparietale und des Os occipitale fehlen. Ein vergleichbares Ergebnis findet sich in der Untersuchung von KNÖDLER (1999), in der bei keinem der untersuchten Tiere Frakturen der genannten Knochen aufgeführt sind.

Hervorzuheben ist die tendenzielle Abnahme der knöchernen Schädelverletzungen nach kaudal hin. Die Vermutung liegt nahe, dass seitlich und dorsal auf den

Katzenschädel einwirkende Traumata bei den von uns untersuchten Tieren von untergeordneter Bedeutung sind.

Neben den knöchernen Veränderungen sind bei einer Vielzahl der untersuchten Katzen frakturassoziierte periokuläre (82%) und nasale (93%) hypointense Areale, im Sinne einer Blutung computertomographisch darstellbar.

5.2.6.14 Frakturkombinationen

Die Verbindung der einzelnen Schädelknochen durch die Suturen hat zur Folge, dass die auf einen Knochenabschnitt einwirkenden Kräfte im Rahmen eines Traumas nicht nur punktuell ihre Wirkung entfalten. Sie werden auf die umliegenden knöchernen Strukturen verteilt und führen als Konsequenz zu deren Schädigung. Angaben über klassische Bruchkombinationen- und Verläufe, wie sie in der Humanmedizin beschrieben sind, gibt es in der Veterinärmedizin nicht.

In der vorliegenden Arbeit sind unterschiedliche anatomische Regionen des Schädels statistisch signifikant häufig gemeinsam frakturiert. Dazu gehören Frakturen des Viszero- und Neurokraniums, der Orbitafrakturen und der Oberkiefersymphyse, der Oberkiefersymphyse und des Vomer, des Oberschädels und Unterkiefers, sowie das gemeinsame Auftreten von Frakturen der Unter- und Oberkiefersymphyse. Das Ergebnis unserer Untersuchung verdeutlicht die Relevanz der häufig gemeinsam vorliegenden Frakturen bei Katzen mit einem kraniofazialen Trauma. Sobald eine Fraktur der genannten Strukturen vorliegt, sollte im Rahmen der Befundauswertung ein besonderes Augenmerk auf weitere, gegebenenfalls vergesellschaftet vorliegende knöcherne Veränderungen gelegt werden. Um mit der Humanmedizin vergleichbare Angaben und Klassifikationen der Bruchlinienverläufe vornehmen zu können, sind weitere gezielte Untersuchungen notwendig. In diesem Zusammenhang wäre es interessant, in Anlehnung an LE FORT (1901a-c) zunächst an Köpfen von Katzenkadavern eine Studie der Frakturverläufe durch zu führen, um anschließend die Übertragbarkeit der Ergebnisse an Patienten mit einem kraniofazialen Trauma überprüfen zu können.

5.2.6.15 Intrakranielle Verletzungen

Trotz der zum Teil erheblichen Schädelverletzungen gelingt in der vorliegenden Arbeit bei keiner der computertomographisch untersuchten Katzen der eindeutige Nachweis einer intrakraniellen Veränderung. Aus der Humanmedizin ist bekannt, dass Schädelfrakturen nicht mit der Schwere einer Gehirnverletzung korrelieren (JEND und HELKENBERG, 1995; BEŠENSKI, 2002). Bei 90% der Menschen mit einer Schädelfraktur liegt kein Hirnschaden vor, und über die Hälfte aller Patienten mit einer intrakraniellen Verletzung weisen keine Beteiligung knöcherner Strukturen auf (MASTERS, 1980; HAYDEL et al., 2000). Kontrovers wird bis heute die Frage diskutiert, ob eine Fraktur des Schädels generell zu einem höheren Verletzungsrisiko des Gehirns führt (CHAN et al., 1990; MILLER et al., 1990; JEND und HELKENBERG, 1995). Eine Vielzahl von Untersuchungen belegen, dass kraniofaziale Traumata die Wahrscheinlichkeit einer intrakraniellen Blutung erhöhen (HAUG et al., 1994; GASSNER et al., 2003; KRAUS et al., 2003; HOHLRIEDER et al., 2003; KLOSS et al., 2008). Schädelbasisfrakturen führen zu einem bis zu 17 fach erhöhten Risiko, gefolgt von Schädeldachfrakturen (14 fach erhöhtes Risiko) (HOHLRIEDER et al., 2003). Le Fort-II oder -III, Orbita-, Nasenbein-, oder Jochbeinfraktur erhöhen das Risiko um das 2- bis 4 fache (HOHLRIEDER et al., 2003). Inwiefern dies auf die Katze übertragbar ist, müssen weitere Untersuchungen unter Einbezug von Tieren mit unterschiedlichen Schweregraden des SHTs zeigen. In unserer Untersuchung kann ein entsprechendes Risiko nicht nachgewiesen werden. Im Rahmen dieser Thematik muss zudem die Problematik der Darstellung des Hirngewebes im Bereich der gesamten Schädelbasis beachtet werden, da Partialvolumeneffekte und Aufhärtungsartefakte die Beurteilung einschränken. Kleine Kontusionen oder schmale extraaxiale Hämatome als Folge einer Schädelfraktur können in diesen Fällen dem Nachweis leicht entgehen (STRUFFERT et al., 2003). Zusätzlich erschwert das kleine Volumen des Katzengehirns eine detaillierte Darstellung geringgradiger intrakranieller Veränderungen. Vermutlich ist deshalb bei den untersuchten Tieren mit einer frakturbedingten Eröffnung der Schädelhöhle, die zu einer wenn auch nur dezenten intra- oder extrakraniellen Blutung geführt haben müsste, der eindeutige Nachweis eines Hämatoms nicht gelungen. Das Vorliegen größerer Blutungen oder Ödeme ist bei unseren Patienten sehr unwahrscheinlich, da

alle untersuchten Katzen nur ein leichtes SHT aufweisen und bei keinem der Tiere eine Verschlechterung des neurologischen Status eingetreten ist.

Im Unterschied zu unseren Ergebnissen können PLATT et al. (2002) bei einem von 10 (10%) untersuchten Hunden mit einem leichten SHT anhand von CT-Auswertungen eine epidurale Blutung, sowie bei einem weiteren Patienten (10%) einen Masseneffekt nachweisen. Dies veranlasst die Autoren die Durchführung einer CT auch bei Hunden mit einem nur geringgradig ausgeprägten SHT grundsätzlich zu empfehlen. Eine Aussage, ob Hunde eher als Katzen zu traumatisch bedingten intrakraniellen Veränderungen neigen ist wegen des Mangels an entsprechenden Untersuchungen nicht möglich.

5.2.7 Vergleich der bildgebenden Verfahren (Röntgen versus Computertomographie)

Folgende Punkte sollten durch die angewendete radiologische Methode zur Aufarbeitung eines Patienten mit einem Schädeltrauma gewährleistet sein:

- Nachweis aller Frakturen
- Klassifikation des Frakturtyps
- Bestimmung des Ausmaßes und der Richtung der Dislokation von Fragmenten
- Abgrenzung der begleitenden Weichteilverletzungen
- Nachweis zusätzlicher Verletzungen (z.B. intrakraniell) (TURETSCHEK et al., 1998).

Aufgrund einer Vielzahl überlagernder Knochenstrukturen im Bereich des Schädels ist dessen vollständige röntgenologische Beurteilung anhand der Standardaufnahmen (dorso-ventral und latero-lateral) schwierig, zum Teil unmöglich (BAR-AM et al., 2008). Zur gezielten Beurteilung bestimmter Knochenregionen sind zahlreiche Lagerungs- und Projektionstechniken beschrieben, deren Umsetzung jedoch einen Frakturverdacht und die korrekte Lagerung des Patienten voraussetzen (BAR-AM et al., 2008). Dafür ist es nicht selten notwendig, die Tiere häufig umzulagern. Die Beurteilung des Weichteilgewebes anhand von Röntgenbildern ist nur eingeschränkt, die des Gehirns selbst, mit Ausnahme größerer intrakranieller Luftsinschlüsse in Folge von Schädelbasisfrakturen, unmöglich (WRUCK, 1996).

Durch die vielfältigen Bearbeitungsmöglichkeiten der CT-Bilder im Anschluss an eine Untersuchung, ist eine genaue Betrachtung mehrerer Schnittebenen bis hin zur 3D-Rekonstruktion des Schädels möglich. Dies erlaubt sowohl eine detaillierte Beurteilung knöcherner Strukturen als auch des Gehirns selbst. Eine Umlagerung des Patienten ist während der Untersuchung nicht notwendig. Zeitliche Verzögerungen mangels korrekter Lagerung entfallen (BAR-AM et al., 2008). Der Vorteil des in unserer Untersuchung zum Einsatz gekommenen Spiral-CTs liegt außerdem in der schnellen Datenaquisition und somit signifikant kürzeren Untersuchungszeit (TURETSCHEK et al., 1998). Aus diesen Gründen kommt die CT in der Humanmedizin als Standardmethode der Neurotraumatologie zum Einsatz und löst in diesem Zusammenhang das Röntgen vollständig ab (TURETSCHEK et al., 1998; RIEGER et al., 2002; PARIZEL et al., 2005).

5.2.7.1 Übereinstimmende Resultate

Eine gute Übereinstimmung der Befunde beider bildgebenden Verfahren (Röntgen versus CT) ist in unserer Untersuchung bei Frakturen im Bereich des Oberschädels und des Viszerokraniums gegeben. Jedoch bezieht sich dieses Ergebnis nur auf die allgemeine Diagnose einer Fraktur in diesem Bereich, ohne deren nähere Differenzierung.

Eine gute bis befriedigende Übereinstimmung besteht bei der Beurteilung der Unter- und Oberkiefersymphysiolysen. Die eher niedrige Sensitivität (77%) des Röntgens bei der Diagnosestellung einer Oberkiefersymphysiolyse lässt sich auf die schwierige Beurteilung des kaudalen Abschnitts des Oberkiefers zurückführen (BAR-AM et al., 2008). Im Unterschied zu der Untersuchung von BAR-AM et al. (2008) kann in der vorliegenden Arbeit kein statistisch signifikanter Unterschied beider bildgebenden Verfahren bei der Beurteilung einer Oberkiefersymphysiolyse festgestellt werden.

Röntgenologisch gut beurteilbar ist die Unterkiefersymphysiolyse, die in der vorliegenden Arbeit allgemein zu den Unterkieferfrakturen gezählt wird. Dies führt zu dem Ergebnis, dass Frakturen der Mandibula sowohl röntgenologisch als auch computertomographisch gut diagnostiziert werden können. Zu beachten ist jedoch, dass nur bei 5 Patienten (Nr. 22, 29, 32, 33 und 34) eine Unterkieferfraktur ohne eine Beteiligung der Symphyse vorliegt. Bei zwei Patienten (Nr. 29, 34) werden die Unterkieferfrakturen im Röntgen übersehen. Auch wenn dieses Ergebnis wegen der

geringen Fallzahl statistisch nicht signifikant ist, kann es jedoch als ein Hinweis dafür gewertet werden, dass Frakturlinien in bestimmten Unterkieferregionen mit den in der vorliegenden Arbeit angewendeten Standardprojektionen röntgenologisch nicht immer zuverlässig darstellbar sind.

Ähnliche Verhältnisse liegen bei der Frakturbeurteilung des Os incisivum vor. Die Sprengung der Sutura interincisiva wird in unserer Untersuchung allgemein als eine Fraktur dieses Knochens gewertet. Entsprechend beträgt die Spezifität 100%. Die Sensitivität von nur 77% ist das Resultat der röntgenologisch nicht diagnostizierten Frakturen des Corpus ossis incisivi.

Die Diagnose einer Kiefergelenksfraktur ist röntgenologisch möglich und bei unseren Ergebnissen statistisch signifikant. Allerdings ist die Sensitivität mit 58% niedrig und bestätigt die Untersuchungsergebnisse von KNÖDLER (1999). Im Unterschied zum Röntgen ist mit Hilfe der Computertomographie eine wesentlich differenziertere Betrachtung der Kiefergelenksanteile möglich.

Da jedoch die empfohlenen Schrägprojektionen zur Darstellung der Kiefergelenke (TICER und SPENCER, 1978) in der vorliegenden Arbeit nicht zur Anwendung gekommen sind ist das Ergebnis unserer Untersuchung nicht verallgemeinerbar.

5.2.7.2 Frakturen, die röntgenologisch nicht sichtbar sind

Anhand der angefertigten Röntgenbilder ist eine Frakturerkennung an 21 unterschiedlichen knöchernen Bereichen unmöglich, eine statistische Signifikanz kann in 11 Fällen vermerkt werden. Zu den Strukturen, deren statistische Signifikanz relevant ist, gehören die Sutura nasomaxillaris, das Septum nasi, die Ossa conchae, das Os pterygoideum, die an der Bildung der Orbita beteiligten Knochen sowie kleinere knöcherne Fortsätze (Hamulus pterygoideus des Os pterygoideum, Processus sphenoidalis des Palatinum). Bisher gibt es in der Veterinärmedizin nur eine Untersuchung von BAR-AM et al. (2008), die sich mit den Beurteilungsmöglichkeiten knöcherner Schädelstrukturen bei Hund und Katze anhand von Röntgen- und CT-Bildern auseinandersetzt. BAR-AM et al. (2008) beschreiben die Identifizierung der Sutura nasomaxillaris, des Os sphenoidale und des Os pterygoideum anhand von Röntgenbildern als schwierig bis unmöglich. Die Möglichkeit der röntgenologischen Beurteilung der Orbita und des Septum nasi werden in dieser Untersuchung nicht evaluiert. Die Identifizierung des Siebbeines im latero-lateralen Strahlengang wird von den Autoren zwar als einfach klassifiziert, es gelingt den Autoren jedoch nicht, Frakturen in diesem Bereich mit Hilfe des konventionellen Röntgens zu diagnostizieren. Die in der vorliegenden Arbeit beurteilten knöchernen Fortsätze werden in der Untersuchung von BAR-AM et al. (2008) nicht separat aufgeführt.

Der Verweis einiger Autoren auf die Schwierigkeit oder gar Unmöglichkeit einer sicheren röntgenologischen Beurteilung bestimmter Bereiche des Katzenschädels hat auch in der vorliegenden Arbeit seine Gültigkeit (BUCHET und BOUDRIEU, 1999; BAR-AM et al., 2008).

5.2.7.3 Überlegenheit der Computertomographie

In der vorliegenden Arbeit werden 47 Bereiche des Schädels, die im Rahmen eines Traumas potentiell Veränderungen aufweisen können untersucht und die Ergebnisse beider radiologischer Verfahren miteinander verglichen (Anhang, Tab. 3 und 4). Die Auswertung unserer Untersuchungsergebnisse zeigt eine statistisch signifikante Überlegenheit der CT bei der Darstellung von Verletzungsfolgen vorrangig in

Schädelregionen, an deren Bildung unterschiedliche knöcherne Strukturen beteiligt sind. Dazu gehören das Neurokranium und das Os zygomaticum im Allgemeinen, und im Speziellen die als Frakturlokalisationen gewerteten Strukturen: das Os palatinum und die dazugehörige Sutura palatina mediana, der Vomer und das Os temporale. Zusammen mit den im Röntgen nicht darstellbaren Frakturlokalisationen ist die CT insgesamt empfindlicher in der Erkennung von 25 unterschiedlichen Verletzungsfolgen am Katzenschädel (Tab. 10 und Anhang, Tab. 2). Eine statistische Signifikanz besteht an 15 verschiedenen Strukturen (Tab. 10 und Tab. 11). Zusätzlich verzeichnen die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung eine falsch positive Röntgendiagnose, die bei 11 unterschiedlichen knöchernen Strukturen gestellt wird (Tab. 12-22). Trotz der in die Bewertung eingeflossenen Schrägaufnahmen des Schädels und der Auswahl deutlich weniger Pathologien, sowie der Beurteilung zweier weiterer Veränderungen (Malokklusion und Frakturen des Os hyoideum), weisen BAR-AM et al. (2008) ein vergleichbares Ergebnis aus. Als Beurteilungsgrundlage legen sie 27 zu untersuchende Pathologien fest. Bei insgesamt 22 der 27 (82%) definierten Veränderungen können sie mit Hilfe der CT eine größere Anzahl pathologischer Befunde erheben. Statistisch signifikant überlegen ist die CT in deren Untersuchung bei der Frakturerkennung von 8 definierten traumatischen Veränderungen. Dazu gehören Frakturen im Bereich des Os palatinum und seiner Lamina horizontalis, des Processus palatinus der Maxilla, des Vomer, des Os pterygoideum, der Sutura nasomaxillaris, der medianen Sutura des Oberkiefers sowie der intraartikulären Frakturen des Kiefergelenkes.

Unsere Untersuchungen haben gezeigt, dass die konventionelle Röntgendiagnostik die Möglichkeit eines adäquaten Überblicks über das grobe Ausmaß der Schädigung knöcherner Strukturen des Schädels gewährleistet. Durch die überlagerungsfreie Darstellung aller knöchernen Schädelstrukturen können mit Hilfe der CT umfassendere, vollständigere und exaktere Befunde erhoben werden. Der Verlauf und die Ausdehnung einer Fraktur ist zwei- und dreidimensional rekonstruierbar und eine Klassifikation des Frakturtyps einfach. Damit bietet die CT auch beim Tier die Möglichkeit einer optimalen Therapieplanung. Außerdem belegen unsere Ergebnisse, dass die CT-Befunde einen beträchtlichen Beitrag zur vollständigen Dokumentation des Verletzungsausmaßes gewährleisten.

Basierend auf den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit ist das alleinige Kriterium eines leichten SHT im Hinblick auf intrakranielle Verletzungsfolgen nicht ausreichend, um eine generelle Empfehlung einer computertomographischen Untersuchung bei dieser Patientengruppe auszusprechen. Der hohe prozentuale Anteil der mit Hilfe der CT erfassten Schädelfrakturen, sowie die trotz unserer Ergebnisse nicht auszuschließende Möglichkeit einer vergesellschaftet auftretenden intrakraniellen Verletzung, lassen jedoch folgende Schlussfolgerung zu:

Eine computertomographische Untersuchung des Kopfes ist bei Katzen mit einem leichten SHT grundsätzlich dann indiziert, wenn Anzeichen einer Schädelverletzung oder eine Verschlechterung des neurologischen Status vorliegen.

6. Zusammenfassung

In der Humanmedizin ist die radiologische Bildgebung ein zentraler Bestandteil der Neurotraumatologie, mit deren Hilfe eine vollständige Erfassung des Verletzungsausmaßes bei Patienten mit einem Schädel-Hirn-Trauma (SHT) möglich wird. In diesem Zusammenhang gilt die Computertomographie (CT) als das wichtigste bildgebende Verfahren in der Akutdiagnostik und löst in diesem Kontext das Röntgen vollständig ab.

In Anlehnung an die radiologische Aufarbeitung von SHT Patienten in der Humanmedizin war die Zielsetzung des ersten Teils der vorliegenden Studie, die Notwendigkeit einer computertomographischen Untersuchung des Kopfes von Katzen mit einem geringgradigen SHT zu evaluieren. Die Untersuchung sollte detaillierte Erkenntnisse über das Vorkommen intrakranieller und extrakraniell-knöcherner Veränderungen ergeben.

Im Unterschied zur Humanmedizin ist in der Veterinärmedizin die konventionelle röntgenologische Aufarbeitung traumatisierter Tiere nach wie vor etabliert. Im Hinblick darauf wurde im zweiten Teil dieser Arbeit ein Vergleich der diagnostischen Möglichkeiten des konventionellen Röntgens mit der CT bei Katzen mit einem geringgradigen SHT vorgenommen. Die Befunderhebung beider bildgebender Verfahren beschränkte sich ausschließlich auf die knöchernen Strukturen des Schädels. Das Ziel dieser Untersuchung war es, einen Goldstandard für ein optimales diagnostisches Management bei Katzen mit einem geringgradigen SHT und/oder kraniofazialen Verletzungen zu definieren.

Bei der computertomographischen Untersuchung kommt ein 16-zeiliger Spiral-CT der Firma Phillips zum Einsatz. Die Röntgenbilder werden mit dem Televix 1600 mit Obertischröhre und Durchleuchtungsfunktion der Firma CGR mit dem Generator Selctor MD Typ 125-80 der Firma Hofmann angefertigt.

Es wurden 34 Katzen mit einem geringgradigen SHT computertomographisch untersucht und zusätzlich zum Vergleich beider bildgebenden Verfahren bei 28 Tieren Röntgenbilder des Kopfes in 2 Ebenen angefertigt. Insgesamt wurden 47 anatomische Strukturen am Schädel der Tiere beurteilt.

Von den 34 computertomographisch untersuchten Katzen wiesen 28 Tiere (82%) mindestens eine kraniofaziale Fraktur auf. Der hohe prozentuale Anteil (77%) multipler Frakturen (> 2) spiegelte das Ausmaß der knöchernen Verletzungsfolgen innerhalb unseres Patientenkollektivs wider. Frakturen der Orbita (71%), des Vomer (59%), sowie der Ober- (59%) und Unterkiefersymphyse (56%) gehörten zu den am häufigsten diagnostizierten Veränderungen bei Patienten mit einer kraniofazialen Fraktur.

In der Humanmedizin wurden erstmals 1901 klassische Bruchlinienverläufe bei Mittelgesichtsfrakturen (Le Fort I-III Frakturen) beschrieben. Der Nachweis gehäuft kombiniert auftretender Frakturen gelang auch in der vorliegenden Arbeit bei Katzen mit einem kraniofazialen Trauma. Eine statistische Signifikanz bestand bei folgenden Frakturkombinationen:

- Viszero- und Neurokranium ($p = 0,0001$)
- Oberkiefersymphyse und Orbita ($p < 0,0001$)
- Oberkiefersymphyse und Vomer ($p < 0,0001$)
- Oberschädel und Unterkiefer ($p = 0,0003$)
- Unter- und Oberkiefersymphyse ($p = 0,0013$).

Trotz der zum Teil erheblichen Schädelverletzungen gelang bei keinem Tier der Nachweis einer traumaassoziierten intrakraniellen Pathologie. Nach dem jetzigen Kenntnisstand ist das alleinige Kriterium eines leichten SHTs im Hinblick auf intrakranielle Verletzungsfolgen nicht ausreichend, um eine generelle Empfehlung der CT bei dieser Patientengruppe auszusprechen.

Im Rahmen der vergleichenden Untersuchung (Röntgen versus CT) konnten im zweiten Teil dieser Arbeit signifikante Unterschiede bei der Erkennung von Schädelfrakturen aufgezeigt werden.

Eine gute Übereinstimmung der Befunde zeigten das Röntgen und die CT bei den Diagnosen der Unter- und Oberkiefersymphysiolyse sowie der Kiefergelenksfrakturen.

Im Vergleich zum Röntgen war die CT signifikant empfindlicher in der Darstellung von Frakturen des Vomer ($p < 0,0001$), des Os palatinum ($p = 0,0005$) sowie der dazugehörigen Sutura palatina mediana ($p = 0,001$) und des Os temporale ($p = 0,016$).

An 23 unterschiedlichen Schädelstrukturen konnten Frakturen anhand der Röntgenbilder nicht diagnostiziert werden, wohingegen diese computertomographisch eindeutig darstellbar waren. Eine statistische Signifikanz bestand diesbezüglich bei der Beurteilung des Os ethmoidale ($p < 0,0001$), des Os frontale ($p < 0,0001$), des Os sphenoidale ($p < 0,0001$), des Septum nasi ($p < 0,0001$), der Ossa conchae ($p = 0,0001$), des Os präspenoidale ($p = 0,0001$), der Lamina perpendicularis des Os palatinum ($p = 0,001$), der Sutura nasomaxillaris und des Os lacrimale ($p = 0,016$), des Os pterygoideum ($p = 0,031$) und kleinerer Fortsätze (Processus sphenoidalis ($p = 0,0002$), Hamulus pterygoideus ($p = 0,031$)). Anhand der Röntgenbilder wurden zudem an 11 verschiedenen Schädelregionen Frakturdiagnosen gestellt, die sich in der CT nicht bestätigen ließen. Aufgrund der geringen Größe und Komplexität der knöchernen Schädelstrukturen gestaltete sich die röntgenologische Interpretation überwiegend in Bereichen mehrfacher Überlagerungen schwierig bis unmöglich.

In der vorliegenden Arbeit war die CT dem konventionellen Röntgen in der Frakturerkennung am Schädel deutlich überlegen und kann aufgrund dessen als Diagnostikum der Wahl bei Katzen mit einem geringgradigen SHT gewertet werden.

Um mit der Humanmedizin vergleichbare Angaben und Klassifikationen der Bruchlinienverläufe am Schädel von Katzen vornehmen zu können, sind weitere gezielte Untersuchungen notwendig. In diesem Zusammenhang wäre es interessant, in Anlehnung an Le Fort zunächst an Köpfen von Katzenkadavern eine Untersuchung der Frakturverläufe durch zu führen, um anschließend die Übertragbarkeit der Ergebnisse an Patienten mit einem kraniofazialen Trauma überprüfen zu können.

7. Summary

In humans, diagnostic imaging particularly computed tomography (CT) plays a central role for the complete evaluation of head injuries. CT is the imaging modality of first choice for the initial assessment of acute craniocerebral traumas and has completely replaced conventional radiography in human neuro-traumatology years ago. Therefore, CT imaging has great impact on the diagnosis and therapy planning of cerebrocranial traumas in human patients.

The first aim of the study was to describe in detail intracranial and extracranial lesions detected by CT imaging in cats with mild cerebrocranial trauma and evaluate the diagnostic value of the use of head CT studies for cats with mild head traumas.

In contrast to human medicine, conventional radiography of the skull is still used as first line approach in small animal patients with head injuries. Therefore, the second aim of the study was the comparison of the diagnostic impact of CT findings with that of radiographic findings. Furthermore, we aimed to establish a gold standard for the optimal diagnostic management of cats with mild head injuries with or without craniofacial lesions.

34 cats with mild head trauma obtained CT scans of the head by using a 16 slice spiral CT. For 28 of these 34 cats with mild cerebrocranial trauma skull radiographs in ventrodorsal and laterolateral projections were obtained by using a computed radiography system with integrated fluoroscopy (Televix 1600 from CGR with Generator Selector MD Typ 125-80 from Hofmann). In total 47 anatomic structures of the feline skull were assessed for fractures and results were compared for both imaging modalities. Findings reported in this study were exclusively limited to lesions of bony structures of the feline head.

Using CT scans we detected in 28 of 34 cats (82%) at least one single craniofacial fracture per examined cat. In more than 2/3 (77%) of our patients with mild head trauma we found multiple (> 2) fractures of the skull by CT scanning. This represented very well the extent and severity of bone injuries we had observed in our patient population of cats with mild head injury.

The most common pathologic findings detected by CT were orbital fractures with 71%, followed by fractures of the vomeral bone with 59%, maxillary midline separations with 59% and symphyseal separations of the maxilla and mandibula with 59% and 56%, respectively.

In humans, the classic distribution of fracture lines of the mid face is described as Le Fort fractures (types I-III). Similar to this classification we found in our patient population of cats with mild craniofacial trauma some combinations of fractures, which frequently occurred together. Following combinations of fractures were significantly more often found than that of others:

- viscerocranium and neurocranium ($p = 0.0001$)
- separation of the maxillary symphysis and orbita ($p < 0.0001$)
- separation of the maxillary symphysis and vomeral bone ($p < 0.0001$)
- head and mandibula ($p = 0.0003$)
- separation of the maxillary and mandibular symphysis ($p = 0.0013$)

CT could not detect any trauma associated intracranial lesions in our feline patients despite their often considerable bone injuries. Thus, the presence of a mild cerebrocranial trauma by itself does not justify in cats the use of CT in order to detect or exclude trauma associated intracranial lesions.

In the second part of this study we found substantial agreement of both imaging modalities in the diagnosis of fractures separating the symphysis of maxilla and mandibula as well as of the temporomandibular joint.

CT was significantly superior to conventional radiography in the visualization of fractures of the vomeral bone ($p < 0.0001$), palatine bone ($p = 0.0005$) and the attendant median palatine suture ($p = 0.001$) and the temporal bone ($p = 0.016$).

We observed that 23 skull fractures of different anatomic regions were missed by conventional radiography, that clearly were detected by CT scans. This was statistically significant for fractures in 11 different anatomic locations: fractures of the ethmoid bone ($p < 0.0001$), fractures of the frontal bone ($p < 0.0001$), fractures of the sphenoid bone ($p < 0.0001$), fractures of the nasal septum ($p < 0.0001$), destruction of nasal conchae ($p = 0.0001$), fracture of the pterygoid bone ($p = 0.0001$), fracture of the lamina perpendicularis of the palatine bone ($p = 0.001$), separation of the nasomaxillary suture ($p = 0.016$), fractures of the lacrimal bone ($p = 0.0016$),

fractures of the pterygoid bone ($p = 0.03$) and fractures of small processes such as hamulus pterygoideus ($p = 0.031$), sphenoidal process ($p = 0.0002$) were missed.

In addition, interpretation of the radiographic findings repeatedly caused false positive findings of fractures on 11 different anatomic localizations, which were not verified as fractures by CT diagnosis.

In this study we showed that CT was significantly better suited than conventional radiography in providing complete in detail information on the fine and complex feline head structures.

In conclusion the results of this study recommend the use of CT to achieve complete assessment of fractures and optimal treatment planning of head injuries in this species. To obtain comparable information for the classification of skull fracture distribution, like in human medicine established, further studies in cats are needed. It would be interesting to make a cadaveric study in cats for the classification of skull fracture distribution and to compare the results with fracture distribution in cats with craniofacial trauma.

8. Literaturverzeichnis

Ackermann H (2006):

BIAS für Windows.

Epsilon Verlag, Hochheim, Darmstadt.

Adamo PF, Crawford JT, Stepien RL (2005):

Subdural hematoma of the brainstem in a dog: magnetic resonance findings and treatment.

Journal of the American Animal Hospital Association 41: 400-405.

Akang EE, Kuti AM, Osunkoya AO, Komolafe EO, Malomo AO, Shokunbi MT, Amutta SB (2002):

Pattern of fatal head injuries in Ibadan- a 10 year review.

Medicine Science and the Law 42: 160-166.

Bagley RS (2000):

Neurologic emergencies Part II: Head trauma.

Proceedings of the 18th ACVIM , Technicians Program, Seattle, 16-18.

Bahn U (1995):

Komplikationen nach Osteosynthesen: Eine retrospektive und klinische Studie bei Hund und Katze in den Jahren 1989-1992 unter besonderer Berücksichtigung pathogenetisch bedeutsamer Faktoren.

Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover.

Balestreri M, Czosnyka M, Hutchinson P, Steiner LA, Hiler M, Smielewski P, Pickard JD (2006):

Impact of intracranial pressure and cerebral perfusion pressure on severe disability and mortality after head injury.

Neurocritical Care 4: 8-13.

Bar-Am Y, Pollard RE, Kass PH, Verstraete FJ (2008):

The diagnostic yield of conventional radiographs and computed tomography in dogs and cats with maxillofacial trauma.

Veterinary Surgery 37: 294-299.

Barth R (1990):

Die polytraumatisierte Katze.

Kleintierpraxis 35: 321-330.

Battier B, Montavon PM (1989):

A retrospective clinical study of the fractures and luxations of the mandible in the cat.

Schweizer Archiv für Tierheilkunde 131: 77-80; 87-94.

Beck W, Hecht S, Matis U (2000):

Dreidimensionale Rekonstruktion aus CT-Transversalbildern zur Darstellung komplexer Schädelfrakturen bei der Katze.

Tierärztliche Praxis 28: 219-224.

Becker H (1984):

Leitthematik: Der Unfall im Kindesalter.

Computertomographie beim Schädel-Hirn-Trauma im Kindesalter.

Unfallchirurgie 10: 9-14.

Bellener J, Ingebrigtsen T, Romner B (1999):

Survey of the management of patients with minor head injuries in hospitals in Sweden.

Acta Neurologica Scandinavica 100: 355-359.

Berninger WH, Redington RW, Doherty P, Lipton MJ, Carlsson E (1979):

Gated cardiac scanning: canine studies.

Journal of Computer Assisted Tomography 3: 155-163.

Bešenski N (2002):

Traumatic injuries: imaging of head injuries.

European Radiology 12: 1237-1252.

Biberthaler P, Mussack T, Wiedemann E, Kanz KG, Koelsch M, Gippner-Steppert C, Jochum M (2001):

Evaluation of S-100b as a specific marker for neuronal damage due to minor head trauma.

World Journal of Surgery 25: 93–97.

Bochiccio GV, Bochiccio K, Nehman S, Casey C, Andrews P, Scalea TM (2006):

Tolerance and efficacy of enteral nutrition in traumatic brain-injured patients induced into barbiturate coma.

Journal of Parenteral and Enteral Nutrition 30: 503-506.

Borczuk P (1995):

Predictors of intracranial injury in patients with mild head trauma.

Annals of Emergency Medicine 25: 731-736.

Boudrieau RJ, Kudisch M (1996):

Miniplate fixation for repair of mandibular and maxillary fractures in 15 dog and 3 cats.

Veterinary Surgery 25: 277-291.

Boyko OB, Cooper DF, Grossman CB (1991):

Contrast-enhanced CT of acute isodense subdural hematoma.

American Journal of Neuroradiology 12: 341-343.

Borg J, Holm L, Cassidy JD, Peloso PM, Carroll LJ, von Holst H, Ericson K, WHO Collaborating Centre Task Force on Mild Traumatic Brain Injury (2004):

Diagnostic procedures in mild traumatic brain injury: results of the WHO Collaborating Centre Task Force on Mild Traumatic Brain Injury.

Journal of Rehabilitation Medicine 43: 61-75.

Brell M, Ibáñez J (2001):

Minor head injury management in Spain: a multicenter national survey.

Neurocirugia 12: 105-124.

Brennan RE, Curtis JA, Pollack HM, Weinberg I (1979):

Sequential changes in the CT numbers of the normal canine kidney following intravenous contrast administration. II: The renal medulla.

Investigative Radiology 14: 239-245.

Brocklehurst G (1982):

Diagnosis not to be missed. Subdural haematoma.

British Journal of Hospital Medicine 27: 170-174.

Brown TR (2003):

Surgical repair of bilateral maxillary fracture and traumatic cleft palate in a dog.

Proceedings of the 17th Annual Veterinary Dental Forum, Nashville, 257-259.

Buchet M, Boudrieau RJ (1999):

Correction of malocclusion secondary to maxillary impaction fractures using a mandibular symphyseal realignment in eight cats.

Journal of the American Animal Hospital Association 35: 68-76.

Burk RL, Feeney DA (2003):

In: Burk RL, Feeney DA, Small animal radiology and ultrasound.

A diagnostic atlas and text.

Saunders, Philadelphia, London, New York, St. Louis, Sydney, Toronto: 607-660.

Cabassu JB, Cabassu J-P, Brochier L, Catheland S, Ivanoff, S (2008):

Surgical treatment of a traumatic intracranial epidural haematoma in a dog.

Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology 21: 457-461.

Chambers JN (1981):

Principles of management of mandibular fractures in the dog and cat.

Journal of Veterinary Orthopedics 2: 26-36.

Chan KH, Mann KS, Yue CP, Fan YW, Cheung M (1990):

The significance of skull fracture in acute traumatic intracranial hematomas in adolescents: a prospective study.

Journal of Neurosurgery 72: 189-194.

Christ J (1992):

Zur Ätiologie und Therapie von Frakturen und Frakturluxationen des Unterkiefers bei der Katze.

Dissertation, Veterinärmedizinische Universität Wien.

Cushing H (1902):

Physiological and anatomical observations of the influence of brain compression on intracranial blood circulation and some other related phenomenon.

Mitteilungen aus den Grenzgebieten der Medizin und Chirurgie 9: 773-808.

Davidson JR, Bauer MS (1992):

Fractures of the mandible and the maxilla.

Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice 22: 109-119.

D'Avella D, Cacciola F, Angileri FF, Cardali S, La Rosa G, Germanò A, Tomasello F (2001):

Traumatic intracerebellar hemorrhagic contusions and hematomas.

Journal of the Neurosurgical Science 45: 29-37.

De Oliveira DM, Vasconcellos RJ, Laureano Filho JR, Cypriano RV (2007):

Fracture of the coronoid and pterygoid process by firearms: case report.

Brazilian Dental Journal 18: 168-170.

De Rycke LM, Gielen IM, Simoens PJ, van Bree H (2005):
Computed tomography and cross-sectional anatomy of the thorax in clinically normal dogs.

American Journal of Veterinary Research 66: 512-524.

Demirçivi F, Ozkan N, Büyükkeçeci S, Yurt I, Miniksar F, Tektaş S (1993):

Traumatic subarachnoid haemorrhage: analysis of 89 cases.

Acta Neurochirurgica, Wien 122: 45-48.

Dennler M, Lange EM, Schmied O, Kaser-Hotz B (2007):

Imaging diagnosis- metastatic hemangiosarcoma causing cerebral hemorrhage in a dog.

Veterinary Radiology & Ultrasound 48: 138-140.

Dewey CW, Downs MO, Aron DN, Mahaffey EA (1993):

Acute traumatic intracranial haemorrhage in dogs and cats.

A retrospective evaluation of 23 cases.

Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology 6: 153-159.

Dewey CW (2000):

Emergency management of the head trauma patient. Principles and practice.

Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice 30: 207-225.

Dewey CW (2005):

Principles of head trauma management.

Proceedings 50° Congresso Nazionale Multisala SCIVAC, Rimini (Abstract).

Dharker SR, Bhargava N (1991):

Bilateral epidural hematoma.

Acta Neurochirurgica, Wien 110: 29-32.

Dietz H (1970):

Fronto-basal craniocerebral injuries. Clinical picture and problems of surgical treatment.

Monographie aus dem Gesamtgebiete der Neurologie und Psychiatrie 130: 1-163.

Dixon JR (1993):

BMDP Statistical Software Manual: To Accompany the 7.0 Software Release

University of California Press, Berkeley, Kalifornien.

Dupré GP (1997):

High rise syndrome in cats: How to save lives.

Congress Synopses and Clinical Research Abstracts. WSAVA, BSAVA & FECAVA, World Congress, Birmingham: 56.

Eickhoff M (2005):

Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde bei Klein- und Heimtieren.

Enke Verlag, Stuttgart: 159-160 und 165.

Elesha SO, Daramola AO (2002):

Fatal head injuries: the Lagos University Teaching Hospital experience (1993-1997).

The Nigerian postgraduate medical Journal 9: 38-42.

Erol T, Patchell RA (2002):

Classification and management of skull base fractures.

Neurosurgery Quarterly 12: 42-62.

Evans HE (2003):

Miller's anatomy of the dog.

Saunders: 48-71 und 128-167.

Eyes B, Evans AF (1978):

Post-traumatic skull radiographs. Time for a reappraisal.

The Lancet 2: 85-86.

Ferrell EA, Berry CR, Thrall DE (2007):

Technical issues and interpretation principles relating to the axial skeleton.

In: Thrall D, Textbook of veterinary diagnostic radiology.

Saunders, Philadelphia: 94-105.

Forterre F (1996):

Meningeom bei einer Katze: Diagnose und chirurgische Behandlung.

Tierärztliche Praxis 24: 391-394.

Fike JR, LeCouteur RA, Cann CE (1981a):

Anatomy of the canine brain using high-resolution computed-tomography.

Veterinary Radiology & Ultrasound 22: 236-243.

Fike JR, LeCouteur RA, Cann CE, Pflugfelder CM (1981b):

Computerized tomography of brain tumors of the rostral and middle fossas in the dog.

American Journal of Veterinary Research 42: 275-281.

Fike JR, Cann CE, Trowski K, Norman D, Ax L (1986):

Contrast enhancement of brain tumors and irradiated normal brain: a comparison of iohexol and iothalamate.

Journal of Neuroradiology 28: 61-64.

Flagsted A, Arnebjerg J, Jensen SE (1998):

Feline high-rise syndrome in the greater metropolitan area of Copenhagen. A four-year retrospective study.

European Journal of Companion Animal Practice 9: 165-171.

Flegel T, Podell M, March PA (2002):

Ventrikel-Peritoneum Drainage für die Behandlung eines sekundären Hydrozephalus bei einem Brittany-Spaniel.

Kleintierpraxis 47: 95-102

- Fletcher DJ, Snyder JM, Messinger JS, Chiu AG, Vite CH (2006):
Ventricular pneumocephalus and septic meningoencephalitis secondary to dorsal rhinotomy and nasal polypectomy in a dog.
Journal of the American Veterinary Medical Association 229: 240-245.
- Fuchs C, Meyer-Lindenberg A, Wohlsein P, Nolte I (2003):
Computer tomographic characteristics of primary brain tumors in dogs and cats.
Berliner und Münchner Tierärztliche Wochenschrift 116: 436-442.
- Galanski M, Wippermann B (1999):
Kompendium der traumatologischen Röntgendiagnostik.
Springer Verlag, Berlin Heidelberg, New York.
- Gandini G, Gentilini F, Cimatti L, Famigli Bergamini P, Cipone M (2003):
Evaluation of the clinical signs and computed tomographic findings in 27 dogs with intracranial space-occupying lesions (1999-2000).
Veterinary Research Communications 27: 399-401.
- Gardeur D, Lautrou J, Millard JC, Berger N, Metzger J (1980):
Pharmacokinetics of contrast media: experimental results in dog and man with CT implications.
Journal of Computer Assisted Tomography 4: 178-185.
- Gassner R, Tuli T, Hächl O, Rudisch A, Ulmer H (2003):
Cranio-maxillofacial trauma: a 10 year review of 9543 cases with 21067 injuries.
Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery 31: 51-61.
- Geijerstam JL, Britton M, Mebius C (2000):
Management of minor head injuries in emergency departments in Sweden. Time for a new strategy?
European Journal of Surgery 166: 526-529.

Gentry LR, Godersky JC, Thompson B (1988a):

MR imaging of head trauma: review of the distribution and radiopathologic features of traumatic lesions.

American Journal of Roentgenology 150: 663-672.

Gentry LR, Godersky JC, Thompson B, Dunn VD (1988b):

Prospective comparative study of intermediate-field MR and CT in the evaluation of closed head injury.

American Journal of Roentgenology 150: 673-682.

Gentry LR, Thompson B, Godersky JC (1988c):

Trauma to the corpus callosum: MR features.

American Journal of Neuroradiology 9: 1129-1138.

Gentry LR, Godersky JC, Thompson BH (1989):

Traumatic brain stem injury: MR imaging.

Radiology 171: 177-187.

Gladwell M, Viozzi C (2008):

Temporal bone fractures: a review for the oral and maxillofacial surgeon.

Journal of Oral and Maxillofacial Surgery 66: 513-522.

Glittenberg B, Müller W (1991):

Kreuzspickung von Unterkieferfrakturen im Symphysenbereich bei der Katze.

Kleintierpraxis 36: 691-694.

Gold JA, Zeman RK, Schwartz A (1979):

Computed tomographic cholangiography in a canine model of biliary obstruction.

Investigative Radiology 14: 498-501.

Gorrel C (2006):

Zahnmedizin bei Klein- und Heimtieren.

Urban & Fischer Verlag, München, Jena: 152 und 160.

Greenberg MS (1997):

Handbook of neurosurgery.

3. Auflage, Greenberg Graphics, Lakeland: 727-729.

Greenberg MS, Arredondo N, Duckworth EA (2005):

Handbook of neurosurgery.

Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 669-671.

Hamilton M, Wallace C (1992):

Nonoperative management of acute epidural hematoma diagnosed by CT:
the neuroradiologist's role.

American Journal of Neuroradiology 13: 853-859; discussion 860-862.

Harvey CE, Dubielzig R (1985):

Anatomy of the oral cavity in the dog and cat.

In: Harvey CE, Veterinary Dentistry.

Saunders, Philadelphia, London: 16.

Harvey CE, Flax BM (1992):

Feline oral-dental radiographic examination and interpretation.

Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice 22: 1279-1295.

Haug RH, Adams JM, Conforti PJ, Likavec MJ (1994):

Cranial fractures associated with facial fractures: a review of mechanism, type, and severity of injury.

Journal of Oral and Maxillofacial Surgery 52: 729-733.

Haydel MJ, Preston CA, Mills TJ, Luber S, Blaudeau E, Deblieux PM (2000):

Indications for computed tomography in patients with minor head injury.

The New England Journal of Medicine 343: 100-105.

Heim C, Schoettker P, Spahn DR (2004):

Glasgow Coma Score für den Patienten mit Schädel-Hirn-Trauma.

Anaesthesist 53: 1245-1256.

Hempel S, Popp JP (2000):

Diagnose und Therapie einer Schädelimpressionsfraktur bei einem Hund.

Kleintierpraxis 45: 53-60.

Hesselink JR, Dowd CF, Healy ME, Hajek P, Baker LL, Luerssen TG (1988):

MR imaging of brain contusions. A comparative study with CT.

American Journal of Roentgenology 150: 1133-1142.

Hill FW (1977):

A survey of bone fractures in the cat.

Journal of Small Animal Practice 18: 457-463.

Hohlrieder M, Hinterhölzl J, Ulmer H, Lang C, Schmutzhard E, Gassner R (2003):

Traumatic intracranial hemorrhages in facial fracture patients: review of 2195 patients.

Intensive Care Med 29: 1095-1100.

Holmes JF, Baier ME, Derlet RW (1997):

Failure of the Miller criteria to predict significant intracranial injury in patients with a Glasgow Coma Scale score of 14 after minor head trauma.

Academic Emergency Medicine 4: 788-792.

Hopkins AL, Wheeler SJ (1991):

Subdural hematoma in a dog.

Veterinary Surgery 20: 413-417.

Hüppi PS, Amato M (2001):

Advanced magnetic resonance imaging techniques in perinatal brain injury.

Biology of Neonate 80: 7-14.

Iplikcioglu AC, Akkas O, Sungur R (1991):

Ossified chronic subdural hematoma: Case report.

The Journal of Trauma 31: 272-275.

Jaggy A, Tipold A (1992):

Neurologische Notfälle beim Kleintier.

Kleintierpraxis 37: 749-758.

Jeffery ND, Thakkar CH, Yarrow TG (1992):

Introduction to computed tomography of the canine brain.

Journal of Small Animal Practice 33: 2-10.

Jend HH, Helkenberg G (1995):

Über den Wert der konventionellen Schädelaufnahmen nach Kopfverletzungen.

Fortschritte auf dem Gebiet der Röntgenstrahlung und der bildgebenden Verfahren
162: 7-12.

Jennett B, Teasdale G (1977):

Aspects of coma after severe head injury.

The Lancet 1: 878-881.

Jurina K, Scharvogel S (2003):

Bissverletzung im Schädelbereich bei einem Hund.

Tierärztliche Praxis 31: 234-237.

Kelly AB, Zimmermann RD, Snow RB, Gandy SE, Heier LA, Deck MD (1988):

Head trauma: comparison of MR and CT- experience in 100 patients.

American Journal of Neuroradiology 9: 699-708.

Kelly D, Doberstein C, Becker D (1996):

General principles of head injury management.

In: Narayan RK, Wilberger JE, Povlishock JE, Neurotrauma.

McGraw-Hill Professional: 71-117.

Kitagawa M, Okada M, Kanayama K, Sakai T (2005):

Traumatic intracerebral hematoma in a dog: MR images and clinical findings.

The Journal of Veterinary Medical Science 67: 843-846.

Kitagawa M, Okada M, Koie H, Kanayama K, Sakai T (2008)

Magnetic resonance imaging and computed tomography appearance of chronic subdural haematoma in a dog.

Australian Veterinary Journal 86: 100-101.

Kloss F, Laimer K, Hohlrieder M, Ulmer H, Hackl W, Benzer A, Schmutzhard E, Gassner R (2008):

Traumatic intracranial haemorrhage in conscious patients with facial fractures- a review of 1959 cases.

Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery 36: 372-377.

Knödler M (1999):

Zur röntgenologischen und computertomographischen Untersuchung des Kiefergelenkes der Katze.

Dissertation, Tierärztliche Fakultät- Ludwig-Maximilians-Universität München.

Kolata RJ, Kraut NH, Johnston DE (1974):

Patterns of trauma in urban dogs and cats: a study of 1000 cases.

Journal of the American Veterinary Medical Association 164: 499-502.

Kraus JF, Rice TM, Peek-Asac, McArthur DL (2003):

Facial trauma and the risk of intracranial injury in motorcycle riders.

Annals of Emergency Medicine 41: 18-26.

Krier C (2000):

Prognose und Outcome nach Schädel-Hirn-Trauma.

Rudolf Kircher Forum, Gmunden.

Kraft SL, Gavin PR (1999):

Intracranial neoplasia.

Clinical Techniques in Small Animal Practice 14: 112-123.

Kroppenstedt SN (2003):

Die Bedeutung des zerebralen Perfusionsdruckes in der Behandlung des schweren Schädel-Hirn-Traumas.

Habilitationsschrift.

Küker W, Thron A (1996):

Routinediagnostik und gezielte Diagnostik des Schädel-Hirn-Traumas.

Chirurg 67: 1098-1106.

Kumar R, Gupta RK, Husain M, Vatsal DK, Chawla S, Rathore RK, Pradhan S (2003):

Magnetization transfer MR imaging in patients with posttraumatic epilepsy.

American Journal of Neuroradiology 24: 218-224.

Kunze K, Neunzig HP(1992):

In: Kunze K, Lehrbuch der Neurologie.

Thieme Verlag, Stuttgart, New York: 733-748.

LeCouteur RA, Fike JR, Cann CE, Pedroia VG (1981):

Computed tomography of brain tumors in the caudal fossa of the dog.

Veterinary Radiology & Ultrasound 22: 244-251.

LeCouteur RA (1999):

Current concepts in the diagnosis and treatment of brain tumors in dogs and cats.

Journal of Small Animal Practice 40: 411-416.

LeCouteur RA (2002):

Management of brain trauma.

27 WSAVA congress, Granada.

Lee H, Jilani M, Frohman L, Baker S (2004):

CT of orbital trauma.

Emergency Radiology 10: 168-172.

Le Fort R (1901a):

Etude experimentale sur les fractures de la machoire supérieure.

Revue Chirurgie de Paris 23: 208-227.

Le Fort R (1901b):

Etude experimentale sur les fractures de la machoire supérieure.

Revue Chirurgie de Paris 23: 360-379.

Le Fort R (1901c):

Etude experimentale sur les fractures de la machoire supérieure.

Revue Chirurgie de Paris 23: 479-507.

Legendre L (2005):

Maxillofacial fracture repairs.

Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice 35: 985-1008.

Lehmann U, Regel G, Ellendorf B, Rickels E, Lorenz M, Becker H, Tscheme H (1997):

Das initiale kraniale CT zur Beurteilung der Prognose des Schädel-Hirn-Traumas.

Unfallchirurgie 100: 705-710.

Levin HS, Williams D, Crofford MJ, High WM Jr., Eisenberg HM, Amparo EG, Guinto FC Jr., Kalisky Z, Handel SF, Goldman AM (1988):

Relationship of depth of brain lesion to consciousness and outcome after closed head injury.

Journal of Neurosurgery 69: 861-866.

Liu AY, Maldjian JA, Bagley LJ, Sinson GP, Grossman RI (1999):

Traumatic brain injury: diffusion-weighted MR imaging finding.

American Journal of Neuroradiology 20: 1636-1641.

Lopes FM, Gioso MA, Ferro DG, Leon-Roman MA, Venturini MA, Correa HL (2005):

Oral fracture in dogs of Brazil- a retrospective study.

Journal of Veterinary Dentistry 22: 86-90.

Mattiello JA, Munz M (2001):

Images in clinical medicine. Four types of acute post-traumatic intracranial hemorrhage.

The New England Journal of Medicine 22; 344: 580.

Martin CL (2005):

Orbit and Globe.

In: Martin CL, Ophthalmic disease in veterinary medicine.

Manson Publishing Ltd, London: 113.

Masters SJ (1980):

Evaluation of head trauma: efficacy of skull films.

American Journal of Roentgenology 135: 539-547.

Mathews KA (2005):

Head Trauma.

30th World Congress of the World Small Animal Veterinary Association, Mexico City.

Meixensberger J (1999):

Die Schädel-Hirn-Verletzung.

In: Hopf HC, Deuschl G, Diener HC, Reichmann H, Neurologie in Praxis und Klinik.

Thieme Verlag, Stuttgart: 980-1003.

Miller JD, Becker DP (1982):

Secondary insults to the injured brain.

Journal of the Royal College of Surgeons of Edinburgh 27: 292-298.

Miller JD, Murray LS, Teasdale GM (1990):

Development of a traumatic intracranial hematoma after a "minor" head injury.

Neurosurgery 27: 669-673; discussion 673.

Miller EC, Holmes JF, Derlet RW (1997):

Utilizing clinical factors to reduce head CT scan ordering for minor head trauma patients.

The Journal of Emergency Medicine 15: 453-457.

Mittl RL, Grossman RI, Hiehle JF, Hurst RW, Kauder DR, Gennarelli TA, Alburger GW (1994):

Prevalence of MR evidence of diffuse axonal injury in patients with mild head injury and normal head CT findings.

American Journal of Neuroradiology 15: 1583-1589.

Morganti-Kossmann MC, Satgunaseelan L, Bye N, Kossmann T (2007):

Modulation of immune response by head injury.

Injury 38: 1392-1400.

Morozumi M, Miyahara K, Sato M, Hirose T (1997):

Computed tomography and magnetic resonance findings in two dogs and a cat with intracranial lesions.

The Journal of Veterinary Medical Science 59: 807-810.

Moss AA, Korobkin M, Price D, Brito AC (1979):

Computed tomography of splenic subcapsular hematomas: an experimental study in dogs.

Investigative Radiology 14: 60-64.

Murshid WR (1998):

Management of minor head injuries: admission criteria, radiological evaluation and treatment of complications.

Acta Neurochirurgica, Wien 140: 56-64.

Neff A, Pautke C, Horch HH (2006):

Traumatologie des Gesichtsschädels.

In: Horch HH, Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie.

3. Auflage, Urban & Fischer Verlag München, Jena: 58-177.

Nickel R, Schummer A, Wille KH, Wilkens H (2004):

Passiver Bewegungsapparat, Skelettsystem.

Kopfskelett.

In: Nickel R, Schummer A, Seiferle E, Lehrbuch der Anatomie der Haustiere.

Band I. Bewegungsapparat.

8. Auflage, Parey Verlag, Stuttgart: 128-186.

Nykamp S, Scrivani P, DeLahunta A, Yu-Speight A, Riis A (2001):

Chronic subdural hematomas and hydrocephalus in a dog.

Veterinary Radiology & Ultrasound 42: 511-514.

Oder W (2004):

Prognosefaktoren des schweren Schädel-Hirn-Traumas.

Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry 5: 7-22.

Oertel M, Kelly DF, McArthur D, Boscardin WJ, Glenn TC, Lee JH, Gravori T, Obukhov D, McBride DQ, Martin NA (2002):

Progressive hemorrhage after head trauma: predictors and consequences of the evolving injury.

Journal of Neurosurgery 96: 109-116.

Osborn AG, Maack J (1994):

Diagnostic neuroradiology.

Mosby Verlag, St Louis.

Osborn AG, Tong KA (1996):

Handbook of neuroradiology: brain and skull.

Mosby Verlag, St. Louis: 189.

Owen MR, Hobbs SJ, Moores AP, Bennett D, Carmichael S (2004):

Mandibular fracture repair in dogs and cats using epoxy resin and acrylic external skeletal fixation.

Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology 17: 189-197.

Parizel PM, Van Goethem JW, Özsarlak Ö, Maes M, Phillips CD (2005):
New developments in the neuroradiological diagnosis of craniocerebral trauma.
European Radiology 15: 569-581.

Perl J 2nd, Tkach JA, Porrás-Jimenez M, Lieber M, Obuchowski N, Ross JS, Ding XP,
Ruggieri PM, Shearer DM, Khajavi K, Masaryk TJ (1999):
Hemorrhage detected using MR imaging in the setting of acute stroke: an in vivo
model.
American Journal of Neuroradiology 20: 1863-1870.

Platt SR, Radaelli ST, McDonnell JJ (2001):
The prognostic value of the modified Glasgow coma scale in head trauma in dogs.
Journal of Veterinary Internal Medicine 15: 581-584.

Platt SR, Radaelli ST, McDonnell JJ (2002)
Computed tomography after mild head trauma in dogs.
The Veterinary Record 151: 243.

Platt SR (2005):
Evaluation and treatment of the head trauma patient.
In Practice 27: 31-35.

Pratschke KM, Kirby BM (2002):
High rise syndrome with impalement in three cats.
Journal of Small Animal Practice 43: 261-264.

Pruss M (1996):
Klassifikation von Kieferfrakturen.
Vorkommen und Behandlungsergebnisse bei Hund und Katze.
Dissertation Tierärztliche Hochschule Hannover.

Reed D, Robertson WD, Graeb DA, Lapointe JS, Nugent RA, Woodhurst WB (1986):
Acute subdural hematomas: atypical CT findings.
American Journal of Neuroradiology 7: 417-421.

Rieger J, Linsenmaier U, Pfeifer KJ, Reiser M (2002):
Radiologische Diagnostik beim akuten Schädel-Hirn-Trauma.
Der Radiologe 42: 547-555.

Rivano C, Barzone M, Carta F, Michelozzi G (1980):
Traumatic intracerebral hematomas. Seventy-two cases surgically treated.
Journal of the Neurosurgical Science 24: 77-84.

Robertson ID (2007):
Magnetic resonance imaging features of brain disease in small animals.
In: Thrall D, Textbook of veterinary diagnostic radiology.
Saunders, Philadelphia: 142-159.

Robinson GW (1976):
The high rise trauma syndrome in cats.
Feline Practice 6: 40-43.

Rochlitz I (2004):
Clinical study of cats injured and killed in road traffic accidents in Cambridgeshire.
Journal of Small Animal Practice 45: 390-394.

Romner B, Ingebrigtsen T, Kock-Jensen C (2000):
Scandinavian guidelines for management of head injuries. Evidence-based
management of minimal, mild and moderate head injuries.
Läkartidningen 97: 3186-3192.

Ruchholtz S, Nast-Kolb D (2003):
Schädel-Hirn-Trauma.
Nervenarzt 74: 179-194.

Sargent LA (2007):
Nasoethmoid orbital fractures: diagnosis and treatment.
Plastic and Reconstructive Surgery 120: 16-31.

Schebitz H, Köstlin R, Matis U, Brunnberg L (1983):

Zur Kieferfraktur beim Hund- Frakturen im Bereich der Pars incisiva mandibulae und des Proc. Alveolaris ossis incisivi.

Kleintierpraxis 28: 285-292.

Schubknecht B, Graetz K (2005):

Radiologic assessment of maxillofacial, mandibular, and skull base trauma.

European Radiology 15: 560-568.

Schürer L, Wolf S, Lumenta CB (2006):

Die intrakranielle Hypertension beim Schädel-Hirn-Trauma:

Monitoring und therapeutische Strategien.

In: Kuhlen R, Putensen C, Quintel M, Jahrbuch der Intensivmedizin.

Medizinisch Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Berlin: 123-139.

Schwenzer N, Ehrenfeld M (2002):

Spezielle Chirurgie. Zahn-Mund-Kiefer-Heilkunde. Lehrbuch zur Aus- und Weiterbildung.

5. Auflage, Georg Thieme Verlag Stuttgart, New York: 275- 289 und 322-353.

Servadei F, Teasdale G, Merry G, Neurotraumatology Committee of the World Federation of Neurosurgical Societies (2001):

Defining acute mild head injury in adults: a proposal based on prognostic factors, diagnosis, and management.

Journal of Neurotrauma 18: 657-664.

Shores A (1989):

Craniocerebral trauma.

In: Kirk RW, Current Veterinary Therapy X.

Saunders, Philadelphia: 847-853.

Shores A (1990):

Treatment and prognosis of head trauma.

Proceedings of the 13th Annual Kal Kan Symposium for the treatment of small animal diseases, Vernon, 29-36.

Smith MM (1999):

Interdental wire an acrylic for oral fracture repair.

Proceedings of the 13th Annual Veterinary Dental Forum, Nashville, 187-190.

Smith WP Jr., Batnitzky S, Rengachary SS (1981):

Acute isodense subdural hematomas: a problem in anemic patients.

American Journal of Roentgenology 136: 543-546.

Smits M, Dippel DW, Steyerberg EW, de Haan GG, Dekker HM, Vos PE, Kool DR, Nederkoorn PJ, Hofman PA, Twijnstra A, Tanghe HL, Hunink MG (2007):

Predicting intracranial traumatic findings on computed tomography in patients with minor head injury: the CHIP prediction rule.

Annals of Internal Medicine 146: 397-405.

Sollmann WP (1997):

Das Schädelhirntrauma.

Diagnostik, operative und konservative Therapie.

Unfallchirurgie 100: 895-907.

Stein SC, Ross SE (1992):

Mild head injury: a plea for routine early CT scanning.

The Journal of Trauma 33: 11-13.

Stein SC, Young GS, Talucci RC, Greenbaum BH, Ross SE (1992):

Delayed brain injury after head trauma: significance of coagulopathy.

Neurosurgery 30: 160-165.

Stiell IG, Wells GA, Vandemheen K, Clement C, Lesiuk H, Laupacis A, McKnight RD, Verbeek R, Brison R, Cass D, Eisenhauer ME, Greenberg G, Worthington J (2001a):
The Canadian CT Head Rule for patients with minor head injury.
The Lancet 357: 1391-1396.

Stiell IG, Lesiuk H, Wells GA, McKnight RD, Brison R, Clement C, Eisenhauer MA, Greenberg GH, MacPhail I, Reardon M, Worthington J, Verbeek R, Rowe B, Cass D, Dreyer J, Holroyd B, Morrison L, Schull M, Laupacis A, Canadian CT Head Rule Study Group (2001b):
The Canadian CT Head Rule Study for patients with minor head injury: rationale, objectives, and methodology for phase I (derivation).
Annals of Emergency Medicine 38: 160-169.

Struffert T, Axmann C, Reith W (2003):
Schädel- und Hirntrauma.
Teil 2: Intraaxiale Verletzungen, sekundäre Verletzungen.
Der Radiologe 43: 1001-1016.

Sumner-Smith G, Dingwall JG (1971)
The plating of mandibular fractures in the dog.
The Veterinary Record 88: 595-598.

Teasdale G, Jennett B (1974):
Assessment of coma and impaired consciousness. A practical scale.
The Lancet 2: 81-84.

Teske U (1989):
Kieferfrakturen und -luxationen bei der Katze. Behandlung und Ergebnisse in den Jahren 1980-1987.
Dissertation, Tierärztliche Fakultät- Ludwig-Maximilians-Universität München.

Thomas WB (1999):
Nonneoplastic disorders of the brain.
Clinical Techniques in Small Animal Practice 14: 125-147.

Ticer JW, Spencer CP (1978):

Injury of the feline temporomandibular joint: radiographic signs.

Veterinary Radiology & Ultrasound 19: 146-156.

Tidwell AS, Johnson KL (1994a):

Computed tomography-guided percutaneous biopsy: criteria for accurate needle tip identification.

Veterinary Radiology & Ultrasound 35: 440-444.

Tidwell AS, Johnson KL (1994b):

Computed tomography-guided percutaneous biopsy in the dog and cat: description of technique and preliminary evaluation in 14 patients.

Veterinary Radiology & Ultrasound 35: 445-456.

Tipold A, Tipold E (1991):

Computed tomographic studies of the central nervous system in small animals.

Tierärztliche Praxis 19: 183-191.

Tucker RL, Gavin PR (1996):

Brain imaging.

Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice 26: 735-758.

Turetschek K, Wunderbaldinger P, Zontsich T (1998):

Trauma des Gesichtsschädels und der Schädelkalotte.

Der Radiologe 38: 659-666.

Umphlet RC, Johnson AL (1988):

Mandibular fractures in the cat. A retrospective study.

Veterinary Surgery 17: 333-337.

Umphlet RC, Johnson AL (1990):

Mandibular fractures in the dog. A retrospective study of 157 cases.

Veterinary Surgery 19: 272-275.

Unger JM, Gentry LR, Grossman JE (1990):

Sphenoid fractures: prevalence, sites, and significance.

Radiology 175: 175-180.

Van Zomeren AH, van den Burg W (1985):

Residual complaints of patients two years after severe head injury.

Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry 48: 21-28.

Vogel B (1983):

Die parapulpärstiftverankerte Composite-Brücke zur Behandlung von Kieferfrakturen beim Kleintier.

Dissertation, Veterinärmedizinische Universität Wien.

Weigel JP (1985):

Trauma to oral structures.

In: Harvey CE, Veterinary dentistry.

Saunders, Philadelphia, London: 140-155.

Wardlaw JM, Statham PF (2000):

How often is haemosiderin not visible on routine MRI following traumatic intracerebral haemorrhage?

Neuroradiology 42: 81-84.

Waibl, H, Köstlin R (2004):

Kopf.

In: Schebitz H, Wilkens H, Atlas der Röntgenanatomie der Katze begründet von Horst Schebitz und Helmut Wilkens.

Parey Verlag, Stuttgart, 16 und 20.

Whitney WO, Mehlhaff CJ (1987):

High-rise syndrome in cats.

Journal of the American Veterinary Medical Association 191: 1399-1403.

Wiesmann M, Brückmann H (1998):

Bildgebende Diagnostik akuter Schädel-Hirn-Verletzungen.

Der Radiologe 38: 645-658.

Wong WT (1984):

A survey of fractures in the dog and cat in Malaysia.

The Veterinary Record 115: 273-274.

Wruck A (1996):

Kopfverletzungen bei Hund und Katze.

Dissertation, Freie Universität Berlin.

Wulkan M, Parreira JG Jr., Botter DA (2005):

Epidemiology of facial trauma.

Revista da Associação Médica Brasileira 51: 290-295.

Yamada K, Miyahara K, Sato M, Miyabayashi T, Hirose T (1998):

The contrecoup injury in a cat case of traffic accident: MRI findings.

The Journal of Veterinary Medical Science 60: 647-649.

Zetner K (1987):

Die Behandlung von Kieferfrakturen der Katze mit der Parapulpärstift-Composite-Brücke.

Kleintierpraxis 32: 5-12.

Zwahlen RA, Labler L, Trentz O, Grätz KW, Bachmann LM (2007):

Lateral impact in closed head injury: a substantially increased risk of diffuse axonal injury- a preliminary study.

Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery 35: 142-146.

Zweckberger K, Sakowitz OW, Unterberg AW, Kiening KL (2008):

Einteilung und Therapie des Schädel-Hirn-Traumas (SHT).

Laryngo-Rhino-Otologie 87: 121-136.

9. Anhang

Tab. 1: Veränderungen in der Computertomographie (CT) und deren prozentualer Anteil [%] gemessen an der Gesamtzahl der Patienten (n = 34) und den Patienten mit kraniofazialen Frakturen (n = 28). Zahnfrakturen werden nicht zu den kraniofazialen Frakturen gezählt. Unterstrichen sind die als Frakturlokalisationen eingestuft anatomischen Strukturen.

Frakturen/Veränderungen in der CT	Anzahl der Patienten	Prozentualer Anteil (%) der Veränderungen von allen Patienten (n = 34)	Prozentualer Anteil (%) der Veränderungen von den Patienten mit Frakturen (n = 28)
Oberschädel	28	82	100
Neurokranium	27	79	96
Viszerokranium	26	77	93
Mandibula	24	71	86
<u>Corpus mandibulae</u>	9	27	32
<i>Rechts</i>	4	12	14
<i>Links</i>	5	15	18
<u>Arcus alveolaris</u>	5	15	18
<i>Rechts</i>	2	6	7
<i>Links</i>	3	9	11
<u>Ramus mandibulae</u>	4	12	14
<i>Links</i>	3	9	11
<i>Beiderseits</i>	1	3	4
<u>Caput mandibulae</u>	8	24	29
<i>Rechts</i>	5	15	18
<i>Links</i>	2	6	7
<i>Beiderseits</i>	1	3	4

Anhang

<u>Processus condylaris</u>	12	35	43
<i>Rechts</i>	5	15	18
<i>Links</i>	5	15	18
<i>Beiderseits</i>	2	6	7,1
<u>Processus coronoideus</u>	2	6	7
<i>Rechts</i>	1	3	4
<i>Links</i>	1	3	4
Maxilla	24	71	86
<u>Corpus maxillae</u>	14	41	50
<i>Rechts</i>	6	18	21
<i>Links</i>	3	9	11
<i>Beiderseits</i>	5	15	18
<u>Processus alveolaris</u>	4	12	14
<i>Rechts</i>	4	12	14
<u>Tuber maxillae</u>	14	41	50
<i>Rechts</i>	9	27	32
<i>Links</i>	2	6	7
<i>Beiderseits</i>	3	9	11
<u>Sutura palatina mediana</u>	20	59	71
<u>Processus frontalis</u>	1	3	4
<i>Rechts</i>	1	3	4
Orbita	24	71	86
Dorsal	1	3	4
<i>Links</i>	1	3	4
Ventral	14	41	50
<i>Rechts</i>	9	27	32
<i>Links</i>	2	6	7
<i>Beiderseits</i>	3	9	11
Medial	22	65	79
<i>Links</i>	1	3	4
<i>Beiderseits</i>	21	62	75

Lateral	2	6	7
<i>Links</i>	2	6	7
<u>Os ethmoidale</u>	23	68	82
<u>Lamina orbitalis</u>	23	68	82
<i>Links</i>	2	6	7
<i>Beiderseits</i>	21	62	75
<u>Os palatinum</u>	22	65	79
<u>Sutura palatina mediana</u>	17	50	61
<u>Processus sphenoidalis</u>	17	50	61
<i>Rechts</i>	3	9	11
<i>Links</i>	3	9	11
<i>Beiderseits</i>	11	32	39
<u>Lamina horizontalis (ex- klusive Zusammenhangs- trennung der Sutura palatina mediana)</u>	3	9	11
<i>Rechts</i>	2	6	7
<i>Beiderseits</i>	1	3	4
<u>Lamina perpendicularis</u>	13	38	46
<i>Rechts</i>	2	6	7
<i>Links</i>	2	6	7
<i>Beiderseits</i>	9	26	32
Oberkiefersymphysiolyse	20	59	71
Os incisivum	20	59	71
<u>Corpus ossis incisivi</u>	2	6	7
<i>Links</i>	2	6	7
<u>Sutura interincisiva</u>	20	59	71
<u>Processus alveolaris</u>	1	3	4
<i>Links</i>	1	3	4
Os sphenoidale	20	59	71

Anhang

<u>Os präsphenoitale</u>	18	53	64
<i>Rechts</i>	1	3	4
<i>Beiderseits</i>	17	50	61
<u>Os basisphenoidale</u>	5	15	18
<i>Links</i>	2	6	7
<i>Beiderseits</i>	3	9	11
<u>Os frontale</u>	20	59	71
<u>Processus zygomaticus</u>	2	6	7
<i>Rechts</i>	1	3	4
<i>Links</i>	1	3	4
<u>Pars orbitalis</u>	20	59	71
<i>Links</i>	4	12	14
<i>Beiderseits</i>	16	47	57
Eröffnung Sinus frontalis	2	6	7
<u>Vomer</u>	20	59	71
Unterkiefer- symphysiolyse	19	56	68
<u>Septum nasi</u>	19	56	68
<u>Ossa conchae</u>	18	53	64
Arcus zygomaticus	15	44	54
<i>Rechts</i>	8	24	29
<i>Links</i>	5	15	18
<i>Beiderseits</i>	2	6	7
Kiefergelenk	15	44	54
<i>Rechts</i>	6	18	21
<i>Links</i>	6	18	21
<i>Beiderseits</i>	3	9	11
Os zygomaticum	11	32	39

<u>Processus temporalis</u>	5	15	18
<i>Rechts</i>	2	6	7
<i>Links</i>	2	6	7
<i>Beiderseits</i>	1	3	4
<u>Corpus zygomaticum</u>	7	21	25
<i>Rechts</i>	2	6	7
<i>Links</i>	3	9	11
<i>Beiderseits</i>	2	6	7
<u>Processus frontalis</u>	1	3	4
<i>Links</i>	1	3	4
<u>Sutura nasomaxillaris</u>	10	29	36
<i>Rechts</i>	3	9	11
<i>Links</i>	5	15	18
<i>Beiderseits</i>	2	6	7
<u>Os pterygoideum</u>	9	27	32
<i>Rechts</i>	5	15	18
<i>Links</i>	2	6	7
<i>Beiderseits</i>	2	6	7
<u>Hamulus pterygoideus</u>	9	27	32
<i>Rechts</i>	3	9	11
<i>Links</i>	3	9	11
<i>Beiderseits</i>	3	9	11
<u>Os temporale</u>	9	27	32
<u>Processus zygomaticus</u>	6	18	21
<i>Rechts</i>	4	12	14
<i>Links</i>	2	6	7
<u>Fossa mandibularis</u>	2	6	7
<i>Rechts</i>	2	6	7
<u>Processus retroarticularis</u>	3	9	11
<i>Rechts</i>	1	3	4
<i>Links</i>	2	6	7
<u>Os lacrimale</u>	9	27	32
<i>Links</i>	1	3	4
<i>Beiderseits</i>	8	24	29

Eröffnete Schädelhöhle	6	18	21
<u>Os nasale</u>	6	18	21
<i>Rechts</i>	1	3	4
<i>Links</i>	4	12	14
<i>Beiderseits</i>	1	3	4
Kiefergelenksluxation	4	12	14
<i>Rechts</i>	2	6	7
<i>Links</i>	2	6	7
<u>Sutur des Arcus zygomaticus</u>	4	12	14
<i>Rechts</i>	2	6	7
<i>Links</i>	1	3	4
<i>Beiderseits</i>	1	3	4
<u>Sutura nasoincisiva</u>	4	12	14
<i>Rechts</i>	1	3	4
<i>Links</i>	1	3	4
<i>Beiderseit</i>	2	6	7
<u>Sutura nasofrontalis</u>	3	9	11
<i>Rechts</i>	2	6	7
<i>Links</i>	1	3	4
<u>Os parietale</u>	1	3	4
Nasale Blutung	26	77	93
Periokuläre Blutung	23	68	82
<i>Links</i>	1	3	4
<i>Beiderseits</i>	22	65	79

Tab. 2: Darstellung der signifikant häufiger in der Computertomographie (CT) diagnostizierten Frakturen ($p \leq 0,05$) der insgesamt 28 ($n = 28$) röntgenologisch und computertomographisch untersuchten Katzen. Eine Diagnosestellung der aufgeführten Frakturen gelingt röntgenologisch nicht. Unterstrichen sind die als Frakturlokalisationen eingestuft anatomischen Strukturen.

Fraktur	Anzahl der Katzen mit computertomographisch diagnostizierten Frakturen ($n = 23$)	Prozentualer Anteil [%] Katzen mit computertomographisch diagnostizierten Frakturen ($n = 28$)	Test auf Symmetrie der abweichenden Resultate (McNemar-Test)	Accuracy: Anteil der übereinstimmenden Resultate (%)
Orbita	20	71	$p < 0,0001$	29
<u>Os ethmoidale</u>	19	68	$p < 0,0001$	32
<u>Os frontale</u>	16	57	$p < 0,0001$	43
Os sphenoidale	16	57	$p < 0,0001$	43
<u>Septum nasi</u>	15	54	$p < 0,0001$	46
<u>Ossa conchae</u>	14	50	$p = 0,0001$	50
<u>Os prä-sphenoidale</u>	14	50	$p = 0,0001$	50
<u>Processus sphenoidalis</u>	13	46	$p = 0,0002$	54
<u>Lamina perpendicularis des Os palatinum</u>	11	39	$p = 0,001$	61
<u>Sutura nasomaxillaris</u>	7	25	$p = 0,016$	75

<u>Os lacrimale</u>	7	25	p = 0,016	75
<u>Hamulus pterygoideus</u>	6	21	p = 0,031	79
<u>Os pterygoideum</u>	6	21	p = 0,031	79
<u>Caput mandibulae</u>	5	18	p = 0,062	82
<u>Os basisphenoidale</u>	5	18	p = 0,062	82
<u>Corpus zygomaticum</u>	4	14	p = 0,125	86
<u>Sutura nasoincisiva</u>	4	14	p = 0,125	86
<u>Lamina horizontalis des Os palatinum</u>	3	11	p = 0,25	89
<u>Processus retroarticularis</u>	3	11	p = 0,25	89
<u>Corpus ossis incisivi</u>	2	7	p = 0,5	93
<u>Fossa mandibularis des Os temporale</u>	2	7	p = 0,5	93
<u>Processus zygomaticus des Os frontale</u>	2	7	p = 0,5	93
<u>Sutur Arcus zygomaticus</u>	2	7	p = 0,5	93

Eröffnung Sinus frontalis	2	7	p = 0,5	93
--------------------------------------	---	---	---------	----

Tabelle 3: Auflistung der allgemeinen Daten und der Ergebnisse der computer-tomographisch untersuchten Pathologien von allen Katzen mit einem geringgradigen Schädel-Hirn-Trauma (n = 34). Unterstrichen sind die als Frakturlokalisationen ausgewerteten anatomischen Strukturen (n = 47) (aut = Autounfall, bds = beiderseits, ekh = Europäische Kurzhaarkatzen, Erstunters = Erstuntersuchung, Eth = Os ethmoidale, exkl = exklusive, Fr = Os frontale, Fx = Fraktur, MGCS = Modifizierter Glasgow Coma Score, In = Os incisivum, Lamina horiz = Lamina horizontalis, m = männlich, Md = Mandibula, mk = männlich-kastriert, Mx = Maxilla, Pl = Os palatinum, stat = stationärer, stu = Sturz, Te = Os temporale, unb = unbekannt, w = weiblich, wk = weiblich-kastriert, Zg = Os zygomaticum).

Patienten-nummer	Rasse	Alter in Monaten	Geschlecht	Unfallursache	MGCS bei Erstunters	MGCS zum Zeitpunkt CT	Röntgen	Euthanasie	Stat Aufenthalt in Tagen	Periokuläre Blutung	Nasale Blutung	Zahnfx
1	ekh	80	mk	unb	18	18	ja	nein	12	bds	bds	ja
2	ekh	17	w	aut	17	18	ja	nein	15	nein	bds	nein
3	ekh	3	m	stu	16	16	ja	nein	4	nein	nein	nein
4	ekh	94	wk	aut	17	18	nein	ja	2	bds	bds	ja
5	ekh	24	w	unb	18	18	nein	nein	16	bds	bds	nein
6	ekh	24	mk	aut	18	18	ja	nein	7	bds	bds	nein
7	ekh	133	mk	unb	18	18	ja	nein	12	bds	bds	ja
8	ekh	unb	m	unb	18	18	nein	nein	19	bds	bds	nein
9	ekh	24	mk	unb	18	18	nein	nein	12	bds	bds	ja
10	ekh	99	mk	unb	16	16	ja	nein	14	bds	bds	nein
11	main	29	mk	stu	18	18	ja	nein	12	nein	nein	ja
12	ekh	25	m	unb	16	17	nein	nein	7	nein	nein	ja
13	ekh	58	wk	unb	17	18	ja	nein	12	nein	re	ja
14	ekh	58	wk	unb	18	18	ja	ja	1	bds	bds	nein
15	ekh	140	wk	unb	18	18	ja	nein	4	bds	bds	ja
16	ekh	45	w	unb	17	17	ja	nein	8	nein	nein	nein
17	ekh	27	mk	aut	17	18	ja	nein	13	bds	bds	nein
18	ekh	unb		unb	16	18	ja	nein	8	nein	bds	nein
19	ekh	18	wk	unb	18	18	nein	ja	2	bds	bds	ja
20	ekh	12	m	aut	18	18	ja	nein	9	bds	bds	nein
21	ekh	55	mk	unb	18	18	ja	nein	3	nein	nein	nein
22	ekh	62	mk	unb	18	18	ja	nein	11	bds	bds	nein
23	ekh	11	wk	unb	18	18	ja	nein	4	nein	nein	nein
24	ekh	58	m	unb	18	18	ja	nein	11	bds	bds	nein
25	ekh	14	mk	unb	18	18	ja	nein	5	nein	nein	ja
26	ekh	23	mk	unb	18	18	ja	nein	11	bds	bds	ja
27	ekh	63	wk	aut	18	18	ja	nein	8	bds	bds	ja

Anhang

28	ekh	11	w	unb	18	18	ja	nein	7	li	bds	nein
29	som	73	wk	stu	18	18	ja	nein	10	nein	nein	ja
30	ekh	41	m	unb	18	18	ja	nein	10	bds	bds	nein
31	ekh	14	wk	unb	18	18	ja	nein	5	bds	bds	nein
32	ekh	18	mk	unb	17	18	ja	ja	4	bds	bds	nein
33	ekh	47	mk	aut	17	18	ja	nein	12	bds	bds	ja
34	ekh	23	mk	unb	18	18	ja	nein	2	bds	bds	nein

Patienten- nummer	Stabilisierungs- phase in Tagen	Intrakranielle Blutung	Fx Oberschädel	Fx Viszerokranium	Fx Neurokranium	Eröffnung Schädelhöhle	Fx Kiefergelenk	Kiefergelenks- luxation	Unterkiefer- symphysiolyse	Oberkiefer- symphysiolyse	Fx Mandibula	Fx <u>Corpus</u> <u>mandibulae</u>
1	3	nein	ja	ja	ja	ja	re	nein	ja	ja	ja	nein
2	2	nein	ja	ja	ja	nein	nein	re	ja	nein	ja	nein
3	2	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
4	2	nein	ja	ja	ja	nein	li	nein	ja	ja	ja	re
5	5	nein	ja	ja	ja	nein	nein	nein	ja	nein	ja	nein
6	3	nein	ja	ja	ja	nein	nein	nein	ja	ja	ja	nein
7	1	nein	ja	ja	ja	ja	nein	nein	ja	ja	ja	nein
8	2	nein	ja	ja	ja	ja	bds	nein	ja	ja	ja	nein
9	2	nein	ja	ja	ja	nein	re	nein	ja	ja	ja	nein
10	1	nein	ja	ja	ja	ja	nein	nein	ja	ja	ja	re
11	3	nein	ja	nein	ja	nein	bds	nein	nein	nein	nein	nein
12	3	nein	ja	ja	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
13	1	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
14	2	nein	ja	ja	ja	nein	nein	nein	ja	ja	ja	nein
15	1	nein	ja	ja	ja	nein	re	nein	ja	ja	ja	nein
16	2	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
17	1	nein	ja	ja	ja	nein	nein	nein	ja	ja	ja	nein
18	1	nein	ja	ja	ja	ja	re	nein	ja	ja	ja	li
19	1	nein	ja	ja	ja	nein	li	li	ja	ja	ja	li
20	1	nein	ja	ja	ja	nein	re	nein	ja	ja	ja	nein
21	0,5	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
22	2	nein	ja	ja	ja	nein	li	nein	nein	ja	ja	li
23	1	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
24	2	nein	ja	ja	ja	nein	nein	nein	ja	ja	ja	nein
25	3	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
26	3	nein	ja	ja	ja	nein	li	li	ja	nein	ja	nein
27	1	nein	ja	ja	ja	nein	li	nein	ja	ja	ja	re
28	2	nein	ja	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
29	2	nein	ja	ja	ja	nein	re	re	nein	nein	ja	li
30	2	nein	ja	ja	ja	nein	nein	nein	ja	ja	ja	nein
31	1	nein	ja	ja	ja	nein	nein	nein	nein	ja	nein	nein
32	3	nein	ja	ja	ja	nein	bds	nein	nein	nein	ja	li
33	2	nein	ja	ja	ja	ja	li	nein	nein	ja	ja	nein
34	2	nein	ja	ja	ja	nein	nein	nein	nein	ja	ja	re

Anhang

Patienten- nummer	<u>Fx Arcus alveolaris (Md)</u>	<u>Fx Ramus mandibulae</u>	<u>Fx Caput mandibulae</u>	<u>Fx Processus condylaris</u>	<u>Fx Processus coronoideus</u>	<u>Fx Os nasale</u>	<u>Fx Sutura nasoincisiva</u>	<u>Fx Sutura nasomaxillaris</u>	<u>Fx Sutura nasofrontalis</u>	<u>Fx Septum nasi</u>	<u>Fx Ossa conchae</u>	<u>Fx Os incisivum</u>
1	nein	nein	re	re	nein	li	nein	nein	nein	ja	ja	ja
2	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
3	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
4	nein	nein	li	li	nein	li	nein	bds	li	ja	ja	ja
5	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	li	nein	ja	ja	nein
6	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	ja	ja	ja
7	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	re	nein	ja	ja	ja
8	nein	li	bds	bds	nein	nein	nein	nein	nein	ja	ja	ja
9	li	nein	re	re	nein	li	nein	li	nein	ja	ja	ja
10	nein	nein	nein	nein	nein	nein	bds	bds	re	ja	ja	ja
11	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
12	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
13	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
14	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	ja	ja	ja
15	nein	nein	re	re	nein	nein	li	nein	nein	nein	nein	ja
16	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
17	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	ja	ja	ja
18	nein	nein	re	re	nein	nein	nein	nein	nein	ja	ja	ja
19	li	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	ja
20	nein	nein	re	re	nein	nein	nein	li	nein	ja	nein	ja
21	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
22	nein	li	nein	li	li	nein	nein	re	re	ja	ja	ja
23	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
24	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	re	nein	nein	nein	ja
25	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
26	nein	li	nein	li	nein	re	nein	nein	nein	ja	ja	nein
27	re	nein	li	li	nein	li	nein	nein	nein	ja	ja	ja
28	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
29	li	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
30	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	ja	nein	ja
31	nein	nein	nein	nein	nein	bds	nein	li	nein	ja	ja	ja
32	re	bds	nein	bds	re	nein	bds	li	nein	nein	ja	nein
33	nein	nein	nein	li	nein	nein	re	nein	nein	ja	ja	ja
34	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	ja	ja	ja

Anhang

Patienten- nummer	<u>Fx Corpus ossis incisivi</u>	<u>Fx Sutura interincisiva</u>	<u>Fx Processus alveolaris (In)</u>	<u>Fx Maxilla</u>	<u>Fx Corpus maxillae</u>	<u>Fx Processus alveolaris (Mx)</u>	<u>Fx Tuber maxillae</u>	<u>Fx Sutura pala- tina mediana (Mx)</u>	<u>Fx Processus frontalis (Mx)</u>	<u>Fx Os palatinum</u>	<u>Fx Sutura pala- tina mediana (Pl)</u>	<u>Fx Processus sphenoidalis</u>
1	nein	ja	nein	ja	nein	nein	bds	ja	nein	ja	ja	re
2	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
3	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
4	nein	ja	nein	ja	li	nein	re	ja	nein	ja	ja	bds
5	nein	nein	nein	ja	li	nein	nein	nein	nein	ja	nein	bds
6	nein	ja	nein	ja	re	nein	re	ja	nein	ja	ja	bds
7	nein	ja	nein	ja	re	nein	bds	ja	nein	ja	ja	li
8	nein	ja	nein	ja	re	re	re	ja	nein	ja	ja	bds
9	nein	ja	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	ja	ja	bds
10	nein	ja	nein	ja	bds	nein	re	ja	nein	ja	ja	re
11	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
12	nein	nein	nein	ja	re	re	nein	nein	nein	nein	nein	nein
13	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
14	nein	ja	nein	ja	bds	nein	re	ja	nein	ja	ja	nein
15	nein	ja	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein
16	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
17	nein	ja	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	li
18	nein	ja	nein	ja	bds	nein	re	ja	nein	ja	ja	nein
19	nein	ja	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	ja	ja	nein
20	nein	ja	nein	ja	re	re	re	ja	nein	ja	ja	nein
21	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
22	li	ja	nein	ja	bds	nein	re	ja	nein	ja	ja	bds
23	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
24	nein	ja	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	ja	ja	bds
25	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
26	nein	nein	nein	ja	nein	re	nein	nein	re	ja	nein	re
27	li	ja	li	ja	bds	nein	re	ja	nein	ja	ja	bds
28	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
29	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
30	nein	ja	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	ja	ja	nein
31	nein	ja	nein	ja	li	nein	li	ja	nein	ja	nein	bds
32	nein	nein	nein	ja	nein	nein	li	nein	nein	ja	nein	bds
33	nein	ja	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	ja	ja	bds
34	nein	ja	nein	ja	re	nein	bds	ja	nein	ja	ja	li

Anhang

Patienten- nummer	<u>Fx Lamina horiz</u> <u>(exkl Medianfx)</u>	<u>Fx Lamina</u> <u>perpendicularis</u>	<u>Fx</u> <u>Os lacrimale</u>	<u>Fx</u> <u>Os zygomaticum</u>	<u>Fx Processus</u> <u>temporalis (Zg)</u>	<u>Fx Corpus</u> <u>zygomaticum</u>	<u>Fx Processus</u> <u>frontalis (Zg)</u>	<u>Fx Arcus</u> <u>zygomaticus</u>	<u>Fx Sutura Arcus</u> <u>zygomaticus</u>	<u>Fx</u> <u>Os pterygoideum</u>	<u>Fx Hamulus</u> <u>pterygoideus</u>	<u>Fx Os frontale</u>
1	bds	re	nein	nein	nein	nein	nein	re	nein	nein	nein	ja
2	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	li	li	nein	nein	nein
3	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
4	nein	bds	bds	ja	nein	bds	li	re	re	re	re	ja
5	nein	nein	nein	ja	nein	li	nein	bds	bds	re	re	ja
6	nein	bds	nein	ja	bds	nein	nein	bds	nein	nein	nein	ja
7	nein	nein	nein	ja	nein	li	nein	re	nein	nein	nein	ja
8	nein	nein	li	ja	nein	li	nein	nein	nein	nein	nein	ja
9	nein	li	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	li	li	ja
10	nein	bds	bds	ja	nein	re	nein	li	nein	nein	nein	ja
11	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
12	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
13	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
14	nein	nein	bds	ja	re	nein	nein	re	nein	nein	nein	ja
15	nein	bds	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	bds	bds	nein
16	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
17	nein	li	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	li	li	nein
18	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	re	nein	nein	nein	nein
19	nein	bds	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
20	nein	nein	nein	ja	nein	re	nein	nein	nein	bds	bds	ja
21	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
22	nein	nein	bds	nein	nein	nein	nein	li	nein	re	li	ja
23	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
24	nein	nein	bds	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	ja
25	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
26	re	nein	nein	nein	nein	nein	nein	re	re	re	bds	ja
27	nein	bds	bds	ja	li	bds	nein	li	nein	nein	nein	ja
28	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	ja
29	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
30	nein	bds	nein	ja	re	nein	nein	re	nein	re	re	ja
31	re	bds	bds	ja	li	nein	nein	li	nein	nein	nein	ja
32	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	ja
33	nein	bds	nein	nein	nein	nein	nein	re	nein	nein	nein	ja
34	nein	re	bds	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	ja

Anhang

Patienten- nummer	<u>Fx Processus zygomaticus (Fr)</u>	<u>Fx Pars orbitalis (Fr)</u>	<u>Eröffnung Sinus frontalis</u>	<u>Fx Os ethmoidale</u>	<u>Lamina orbitalis (Eth)</u>	<u>Orbitafx</u>	<u>Orbitafx medial</u>	<u>Orbitafx lateral</u>	<u>Orbitafx dorsal</u>	<u>Orbitafx ventral</u>	<u>Fx Os temporale</u>	<u>Fx Processus zygomaticus (Te)</u>
1	nein	bds	nein	ja	bds	ja	bds	nein	nein	bds	ja	re
2	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
3	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
4	nein	bds	nein	ja	bds	ja	bds	li	nein	re	nein	nein
5	nein	li	nein	ja	bds	ja	bds	nein	nein	re	nein	nein
6	nein	bds	nein	ja	bds	ja	bds	nein	nein	re	nein	nein
7	nein	bds	nein	ja	bds	ja	bds	nein	nein	bds	ja	re
8	nein	bds	nein	ja	bds	ja	bds	li	nein	re	nein	nein
9	nein	bds	nein	ja	bds	ja	bds	nein	nein	nein	nein	nein
10	nein	bds	nein	ja	bds	ja	bds	nein	nein	re	ja	li
11	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	ja	nein
12	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
13	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
14	nein	bds	nein	ja	bds	ja	bds	nein	nein	re	nein	nein
15	nein	nein	nein	ja	bds	ja	bds	nein	nein	nein	nein	nein
16	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
17	nein	nein	nein	ja	bds	ja	bds	nein	nein	nein	nein	nein
18	nein	nein	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	re	ja	re
19	nein	nein	nein	ja	bds	ja	bds	nein	nein	nein	ja	nein
20	nein	bds	ja	ja	bds	ja	bds	nein	nein	re	nein	nein
21	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
22	nein	bds	ja	ja	bds	ja	bds	nein	nein	re	ja	li
23	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
24	nein	li	nein	ja	bds	ja	bds	nein	nein	nein	nein	nein
25	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
26	nein	bds	nein	ja	bds	ja	bds	nein	nein	nein	nein	nein
27	nein	bds	nein	ja	bds	ja	bds	nein	nein	nein	nein	nein
28	li	li	nein	ja	li	ja	nein	nein	li	nein	nein	nein
29	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	ja	nein
30	nein	bds	nein	ja	bds	ja	bds	nein	nein	nein	nein	nein
31	nein	bds	nein	ja	bds	ja	bds	nein	nein	li	nein	nein
32	nein	li	nein	ja	li	ja	li	nein	nein	li	nein	nein
33	re	bds	nein	ja	bds	ja	bds	nein	nein	nein	ja	re
34	nein	bds	nein	ja	bds	ja	bds	nein	nein	bds	nein	nein

Patienten- nummer	Fx Fossa man- dibularis (Te)	Fx Processus retroarticularis	Fx Vomer	Fx Os sphenoidale	Fx Os präspheoidale	Fx Os basisphenoidale	Fx Os parietale	Fx Os interparietale	Fx Os occipitale
1	nein	nein	ja	ja	re	nein	nein	nein	nein
2	nein	nein	nein	ja	nein	bds	nein	nein	nein
3	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
4	nein	nein	ja	ja	bds	nein	nein	nein	nein
5	nein	nein	ja	ja	bds	nein	nein	nein	nein
6	nein	nein	ja	ja	bds	nein	nein	nein	nein
7	nein	nein	ja	ja	bds	nein	nein	nein	nein
8	nein	nein	ja	ja	bds	nein	ja	nein	nein
9	nein	nein	ja	ja	bds	nein	nein	nein	nein
10	nein	nein	ja	ja	bds	nein	nein	nein	nein
11	re	li	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
12	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
13	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
14	nein	nein	ja	ja	bds	nein	nein	nein	nein
15	nein	nein	ja	ja	nein	li	nein	nein	nein
16	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
17	nein	nein	nein	ja	bds	nein	nein	nein	nein
18	re	nein	ja	ja	bds	nein	nein	nein	nein
19	nein	li	ja	ja	bds	bds	nein	nein	nein
20	nein	nein	ja	ja	bds	nein	nein	nein	nein
21	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
22	nein	nein	ja	ja	bds	bds	nein	nein	nein
23	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
24	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
25	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
26	nein	nein	nein	ja	bds	nein	nein	nein	nein
27	nein	nein	ja	ja	bds	nein	nein	nein	nein
28	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
29	nein	re	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
30	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	nein
31	nein	nein	ja	ja	bds	nein	nein	nein	nein
32	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	nein
33	nein	nein	ja	ja	bds	li	nein	nein	nein
34	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	nein

Tabelle 4: Auflistung aller Ergebnisse der im Röntgen untersuchten Pathologien von den untersuchten Katzen mit einem geringgradigen SHT (n = 34). Unterstrichen sind die als Frakturlokalisationen ausgewerteten anatomischen Strukturen (n = 47) (aut = Autounfall, bds = beiderseits, ekh = Europäische Kurzhaarkatzen, Erstunters = Erstuntersuchung, Eth = Os ethmoidale, exkl = exklusive, Fr = Os frontale, Fx = Fraktur, In = Os incisivum, Lamina horiz = Lamina horizontalis, m = männlich, Md=Mandibula, mk=männlich-kastriert, Mx=Maxilla, Pl = Os palatinum, stat = stationärer, stu = Sturz, Te = Os temporale, unb = unbekannt, w = weiblich, wk = weiblich-kastriert, Zg = Os zygomaticum, * = keine Röntgenaufnahme).

Patienten- nummer	Fx Oberschädel	Fx Viszerokranium	Fx Neurokranium	Eröffnung Schädelhöhle	Fx Kiefergelenk	Kiefergelenks- luxation	Unterkiefer- symphysiolyse	Oberkiefer- symphysiolyse	Fx Mandibula	Fx Corpus mandibulae	Fx Arcus alveolaris (Md)	Fx Ramus mandibulae
1	ja	ja	nein	nein	re	nein	ja	ja	ja	nein	nein	nein
2	nein	ja	nein	nein	nein	re	ja	nein	ja	nein	nein	nein
3	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
4	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
5	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
6	ja	ja	nein	nein	nein	nein	ja	ja	ja	nein	nein	nein
7	ja	ja	nein	nein	nein	nein	ja	ja	ja	nein	nein	nein
8	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
9	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
10	ja	ja	ja	ja	nein	nein	nein	ja	ja	bds	bds	nein
11	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
12	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
13	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
14	ja	ja	nein	nein	re	nein	ja	ja	ja	nein	nein	nein
15	ja	ja	nein	nein	nein	nein	ja	ja	ja	nein	nein	nein
16	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
17	ja	ja	nein	nein	li	nein	ja	ja	ja	nein	nein	nein
18	ja	ja	ja	nein	re	nein	ja	ja	ja	nein	nein	nein
19	ja	ja	nein	nein	li	nein	nein	ja	ja	li	li	nein
20	nein	ja	nein	nein	re	nein	ja	nein	ja	nein	nein	nein
21	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
22	ja	ja	nein	nein	nein	nein	nein	ja	ja	nein	nein	li
23	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
24	nein	ja	nein	nein	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein	nein
25	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
26	ja	nein	ja	nein	li	bds	ja	nein	ja	nein	nein	li
27	ja	ja	nein	nein	li	nein	ja	nein	ja	nein	nein	re
28	ja	ja	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
29	ja	ja	nein	nein	nein	re	nein	nein	nein	nein	nein	nein
30	nein	ja	nein	nein	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein	nein
31	ja	ja	nein	nein	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein
32	ja	ja	nein	nein	nein	nein	nein	nein	ja	li	nein	li
33	ja	ja	nein	nein	li	nein	ja	ja	ja	nein	nein	nein
34	ja	ja	nein	nein	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein

Anhang

Patienten- nummer	<u>Fx Caput</u> <u>mandibulae</u>	<u>Fx Processus</u> <u>condylaris</u>	<u>Fx Processus</u> <u>coronoideus</u>	<u>Fx</u> <u>Os nasale</u>	<u>Fx Sutura naso-</u> <u>incisiva</u>	<u>Fx Sutura</u> <u>nasomaxillaris</u>	<u>Fx Sutura</u> <u>nasofrontale</u>	<u>Fx</u> <u>Septum nasi</u>	<u>Fx</u> <u>Ossa conchae</u>	<u>Fx</u> <u>Os incisivum</u>	<u>Fx Corpus</u> <u>ossis incisivi</u>	<u>Fx Sutura</u> <u>interincisiva</u>
1	nein	re	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	ja	nein	ja
2	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
3	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
4	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
5	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
6	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	ja	nein	ja
7	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	ja	nein	ja
8	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
9	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
10	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	ja	nein	ja
11	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
12	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
13	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
14	nein	re	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	ja	nein	ja
15	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	ja	nein	ja
16	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
17	nein	li	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	ja	nein	ja
18	nein	re	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	ja	nein	ja
19	nein	li	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	ja	nein	nein
20	nein	re	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
21	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
22	nein	nein	li	nein	nein	nein	nein	nein	nein	ja	nein	ja
23	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
24	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
25	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
26	nein	li	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
27	nein	li	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
28	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
29	nein	nein	nein	bds	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
30	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
31	nein	nein	nein	li	nein	nein	nein	nein	nein	ja	nein	ja
32	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
33	nein	li	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	ja	nein	ja
34	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	ja	nein	ja

Patienten- nummer	<u>Fx Processus alveolaris (In)</u>	<u>Fx Maxilla</u>	<u>Fx Corpus maxillae</u>	<u>Fx Processus alveolaris (Mx)</u>	<u>Fx Tuber maxillae</u>	<u>Fx Sutura palatina mediana (Mx)</u>	<u>Fx Processus frontalis Mx)</u>	<u>Fx Os palatinum</u>	<u>Fx Sutura pala- tina mediana (Pl)</u>	<u>Fx Processus sphenoidalis</u>	<u>Fx Lamina horiz (exkl. Medianfx)</u>	<u>Fx Lamina perpendicularis</u>
1	nein	ja	re	nein	re	ja	nein	nein	nein	nein	nein	nein
2	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
3	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
4	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
5	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
6	nein	ja	bds	nein	bds	ja	nein	nein	nein	nein	nein	nein
7	nein	ja	re	nein	li	ja	nein	ja	ja	nein	nein	nein
8	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
9	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
10	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	ja	ja	nein	nein	nein
11	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
12	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
13	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
14	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	ja	ja	nein	nein	nein
15	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	ja	nein	nein	nein	nein
16	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
17	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	nein
18	nein	ja	bds	nein	re	ja	nein	nein	nein	nein	nein	nein
19	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
20	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
21	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
22	li	ja	nein	nein	nein	ja	nein	ja	ja	nein	nein	nein
23	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
24	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
25	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
26	nein	ja	re	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
27	nein	ja	bds	nein	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein
28	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
29	nein	ja	li	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
30	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
31	li	ja	li	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	nein
32	nein	ja	li	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
33	li	ja	li	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	nein
34	nein	ja	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	nein

Anhang

Patienten- nummer	<u>Fx</u> <u>Os lacrimale</u>	<u>Fx</u> <u>Os zygomaticum</u>	<u>Fx</u> <u>Processus</u> <u>temporalis (Zg)</u>	<u>Fx</u> <u>Corpus</u> <u>zygomaticum</u>	<u>Fx</u> <u>Processus</u> <u>frontalis (Zg)</u>	<u>Fx</u> <u>Arcus</u> <u>zygomaticus</u>	<u>Fx</u> <u>Sutur Arcus</u> <u>zygomaticus</u>	<u>Fx</u> <u>Os pterygoideum</u>	<u>Fx</u> <u>Hamulus</u> <u>pterygoideus</u>	<u>Fx</u> <u>Os frontale</u>	<u>Fx</u> <u>Processus</u> <u>zygomaticus (Fr)</u>	<u>Fx</u> <u>Pars orbitalis</u> <u>(Fr)</u>
1	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
2	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
3	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
4	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
5	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
6	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
7	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
8	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
9	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
10	nein	nein	nein	nein	nein	li	nein	nein	nein	nein	nein	nein
11	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
12	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
13	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
14	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
15	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
16	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
17	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
18	nein	nein	nein	nein	nein	re	nein	nein	nein	nein	nein	nein
19	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
20	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
21	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
22	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
23	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
24	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
25	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
26	nein	ja	re	nein	nein	re	nein	nein	nein	nein	nein	nein
27	nein	ja	li	nein	nein	li	nein	nein	nein	nein	nein	nein
28	nein	ja	li	nein	nein	li	nein	nein	nein	nein	nein	nein
29	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
30	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
31	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
32	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
33	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
34	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein

Anhang

Patienten- nummer	Eröffnung Sinus frontalis	<u>Fx</u> <u>Os ethmoidale</u>	<u>Lamina orbitalis</u> <u>(Eth)</u>	<u>Orbitafx</u>	<u>Orbitafx medial</u>	<u>Orbitafx lateral</u>	<u>Orbitafx dorsal</u>	<u>Orbitafx ventral</u>	<u>Fx</u> <u>Os temporale</u>	<u>Fx Processus</u> <u>zygomaticus (Te)</u>	<u>Fx Fossa mandi-</u> <u>bularis (Te)</u>	<u>Fx Processus</u> <u>retroarticularis</u>
1	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
2	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
3	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
4	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
5	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
6	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
7	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
8	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
9	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
10	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	ja	li	nein	nein
11	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
12	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
13	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
14	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
15	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
16	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
17	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
18	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	ja	re	nein	nein
19	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
20	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
21	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
22	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
23	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
24	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
25	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
26	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
27	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
28	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
29	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
30	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
31	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
32	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
33	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
34	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein

Patienten- nummer	<u>Fx</u> <u>Vomer</u>	<u>Fx</u> <u>Os sphenoidale</u>	<u>Fx Os</u> <u>präspheoidale</u>	<u>Fx Os</u> <u>basisphenoidale</u>	<u>Fx</u> <u>Os parietale</u>	<u>Fx</u> <u>Os interparietale</u>	<u>Fx</u> <u>Os occipitale</u>
1	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
2	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
3	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
4	*	*	*	*	*	*	*
5	*	*	*	*	*	*	*
6	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
7	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
8	*	*	*	*	*	*	*
9	*	*	*	*	*	*	*
10	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
11	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
12	*	*	*	*	*	*	*
13	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
14	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
15	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
16	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
17	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
18	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
19	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
20	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
21	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
22	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
23	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
24	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
25	*	*	*	*	*	*	*
26	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
27	ja	nein	nein	nein	nein	nein	nein
28	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
29	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
30	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
31	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
32	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
33	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
34	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein

Danksagung

Ich möchte mich ganz herzlich bei allen bedanken, die mich bei der Erstellung dieser Arbeit unterstützt und maßgeblich zu ihrem Gelingen beigetragen haben.

Ganz besonders möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. Martin Kramer bedanken, für sein unerschütterliches Vertrauen in meine Leistungsfähigkeit und seine immerwährende Unterstützung.

Herrn Dr. Tellhelm und Herrn Dr. Klumpp danke ich ganz herzlich für die Unterstützung bei der Auswertung der Röntgen- und CT-Bilder. Ihre Mithilfe und Ausdauer waren eine große Hilfe, ohne die diese Arbeit nicht möglich gewesen wäre.

Herrn Dr. Klaus Failing und seinem Team danke ich für die unentbehrliche Unterstützung bei der statistischen Auswertung der Daten.

Danke an alle Kollegen der Klinik für Kleintiere, Chirurgie, die mir bei der Durchführung und dem Gelingen der Studie eine sehr große Hilfe waren und durch die diese Arbeit erst möglich wurde. Hervorheben möchte ich die große Unterstützung von Herrn Förnges und Frau Engert, die während des praktischen Ablaufes eine große Hilfe waren. Frau Dr. Rau möchte ich für die Korrekturen der englischen Zusammenfassung danken.

Mein besonderer Dank geht an Lucas, für seine grafischen Fertigkeiten, seine unermüdliche Unterstützung und Geduld.

Als letztes möchte ich meiner Mutter und meinem Vater danken, die es mir durch ihre Liebe und Unterstützung erst möglich machen, meine Ziele zu verwirklichen.

Erklärung

Ich erkläre: „Ich habe die vorgelegte Dissertation selbstständig und ohne unerlaubte fremde Hilfe und nur mit den Hilfen angefertigt, die ich in der Dissertation angegeben habe. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nicht veröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht. Bei den von mir durchgeführten und in der Dissertation erwähnten Untersuchungen habe ich die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis, wie sie in der „Satzung der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ niedergelegt sind, eingehalten.

Nadja Wunderlin



édition scientifique
VVB LAUFERSWEILER VERLAG

VVB LAUFERSWEILER VERLAG
STAUFENBERGRING 15
D-35396 GIESSEN

Tel: 0641-5599888 Fax: -5599890
redaktion@doktorverlag.de
www.doktorverlag.de

ISBN: 978-3-8359-5528-8



9 783835 11955288