

**Entwicklung eines Standardverfahrens  
zum intraoralen Dentalröntgen bei Großkatzen und  
Untersuchung dentaler und oraler Pathologien  
bei Löwen (*Panthera leo*) und Tigern (*Panthera tigris*)  
in Gefangenschaft**

von Eva Ruth Kopp, geb. Brendle

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde  
der Tierärztlichen Fakultät  
der Ludwig-Maximilians-Universität München

**Entwicklung eines Standardverfahrens  
zum intraoralen Dentalröntgen bei Großkatzen und  
Untersuchung dentaler und oraler Pathologien  
bei Löwen (*Panthera leo*) und Tigern (*Panthera tigris*)  
in Gefangenschaft**

von Eva Ruth Kopp, geb. Brendle  
aus Karlsruhe

München 2023



Aus dem Zentrum für Klinische Tiermedizin  
der Tierärztlichen Fakultät  
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Lehrstuhl für Chirurgie der Kleintiere

Arbeit angefertigt unter der Leitung von:  
Univ.- Prof. Dr. Andrea Meyer-Lindenberg

Angefertigt in der Tierarztpraxis  
Dr. Peter Stelzer, Berg am Starnberger See

Mentor: Dr. Peter Stelzer



Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät  
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Reinhard K. Straubinger, Ph. D.  
Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. Andrea Meyer-Lindenberg  
Korreferent: Univ.-Prof. Dr. Johann Maierl

Tag der Promotion: 22.07.2023



Für meine Familie und Dr. Dr. Peter Fahrenkrug





## **INHALTSVERZEICHNIS**

<b>I. EINLEITUNG .....</b>	<b>1</b>
<b>II. LITERATURÜBERSICHT .....</b>	<b>3</b>
<b>1.    Zoologische Systematik der Katzen .....</b>	<b>3</b>
<b>2.    Zahnformel der Katzen .....</b>	<b>3</b>
<b>3.    Zahn- und Maulhöhlenerkrankungen bei Großkatzen .....</b>	<b>3</b>
3.1.    Prävalenz von Zahnerkrankungen .....	3
3.2.    Pathogenese von Zahnerkrankungen .....	5
3.3.    Zahnstein, Gingivitis, Parodontitis .....	6
3.4.    Attrition, Abrasion, Zahnfrakturen .....	8
3.5.    Zahnresorption .....	11
3.6.    Störungen des Zahnwechsels .....	12
3.7.    Tumore der Maulhöhle .....	13
3.8.    Sonstige Maulhöhlenerkrankungen .....	14
<b>4.    Diagnostisches Vorgehen bei Zahnerkrankungen .....</b>	<b>15</b>
4.1.    Stomatologischer Untersuchungsgang .....	15
4.2.    Dentalröntgen .....	17
4.2.1.    Grundlagen der Speicherfolientechnik .....	19
4.2.2.    Dentalröntgentechnik .....	21
<b>5.    Herausforderungen bei der Behandlung von Großkatzen ....</b>	<b>22</b>
<b>III. PUBLIKATION I .....</b>	<b>25</b>
<b>IV. PUBLIKATION II .....</b>	<b>53</b>
<b>V. ÜBERGREIFENDE DISKUSSION .....</b>	<b>95</b>
<b>VI. ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>113</b>
<b>VII. SUMMARY .....</b>	<b>115</b>

<b>VIII. LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>117</b>
<b>IX. DANKSAGUNG .....</b>	<b>141</b>

## I. EINLEITUNG

Der Stellenwert der Zahnheilkunde in der Tiermedizin hat in den letzten Jahren stetig zugenommen (Holmstrom et al. 2013). Die Zahnheilkunde rückt auch bei Exoten und Wildtieren mehr in den Fokus, da der Pflege und Gesunderhaltung von Wildtieren in Gefangenschaft nicht zuletzt auch aus Tier- und Artenschutzgründen eine größere Aufmerksamkeit geschenkt wird (Amand und Tinkelman 1985, Hinshaw et al. 1996, Wiggs und Bloom 2003, Glatt et al. 2008, Whitten et al. 2019, Schneider et al. 2021). Die Prävalenz von Zahnerkrankungen bei Hauskatzen liegt bei bis zu 70% (Wiggs und Lobprise 1997 a, Verstraete et al. 1998, DuPont und DeBowes 2002). Studien zu Großkatzen und anderen Wildfeliden deuten darauf hin, dass Wildfeliden ebenfalls häufig von Zahnerkrankungen betroffen sind und unter denselben Erkrankungen leiden wie Hauskatzen (Robinson 1979, Haberstroh et al. 1984, Amand und Tinkelman 1985, Kertesz 1993, Berger et al. 1996, Verstraete et al. 1996 a und b, Wiggs und Bloom 2003, Hope und Deem 2006, Glatt et al. 2008, Roux et al. 2009, Kapoor et al. 2016, Aghashani et al. 2016 und 2017, Norton et al. 2018, Steenkamp et al. 2018, Schneider et al. 2021). Insbesondere bei Großkatzen in Gefangenschaft gehören Zahnerkrankungen zu den am häufigsten diagnostizierten Erkrankungen überhaupt (Hope und Deem 2006, Kapoor et al. 2016, Norton et al. 2018), wobei wiederum Zahnfrakturen die häufigste Zahnpathologie darstellen (Hope und Deem 2006, Norton et al. 2018, Schneider et al. 2021). Auch andere Zahnerkrankungen wie beispielsweise Zahnstein und Parodontalerkrankungen sind beschrieben (Hope und Deem 2006, Kapoor et al. 2016, Norton et al. 2018, Schneider et al. 2021). Für die Pathogenese von Zahnerkrankungen bei Wildfeliden in Gefangenschaft werden unabhängig von der Spezies hauptsächlich Fütterung, Haltungsbedingungen und Stress verantwortlich gemacht (Robinson 1979, Haberstroh et al. 1984, Amand und Tinkelman 1985, Kertesz 1993, Hinshaw et al. 1996, Wiggs und Bloom 2003, Glatt et al. 2008, Kapoor et al. 2016,

Schneider et al. 2021). Sowohl die grundlegende Zahn Anatomie, als auch die Pathologie dentaler Erkrankungen bei Großkatzen ist vergleichbar mit der domestizierter Katzen, der wesentliche Unterschied besteht in der Strukturgröße (Amand und Tinkelman 1985). Im Umgang mit Großkatzen stellen deren Größe, Gewicht und Gefährlichkeit eine Herausforderung für Transport, Handling und medizinisches Equipment dar (Kertesz 2001, Wiggs und Bloom 2003, Fahrenkrug und Mihaljevic 2011). Bei Hunden und Katzen gelten intraorale Dentalröntgenaufnahmen als Goldstandard für die Diagnostik von Zahnerkrankungen (Verstraete et al. 1998, DuPont 2005, Woodward 2009, Mihaljevic 2010, Fahrenkrug 2011, Holmstrom et al. 2013, Niemiec 2014, Gorrel 2015). Wie in der Haustierzahnheilkunde gilt daher das Dentalröntgen auch in der Zahnheilkunde von Wildtieren als unverzichtbares diagnostisches Mittel (Kertesz 2001, Schneider et al. 2021). Es wurde bislang jedoch kein Dentalröntgenverfahren für Großkatzen publiziert. Ziel dieser Studie war 1. ein Dentalröntgenverfahren mit intraoralen Speicherfolien für Großkatzen zu etablieren, welches die schnelle und zuverlässige Beurteilung oraler Strukturen ermöglicht und 2. die systematische Untersuchung der Maulhöhle bei einer Großkatzenpopulation von Löwen und Tigern in Gefangenschaft, um Hinweise auf die Häufigkeit von Zahnerkrankungen und deren Ursachen zu erlangen.

## II. LITERATURÜBERSICHT

### 1. Zoologische Systematik der Katzen

Die **zoologische Familie der Katzen (*Felidae*)** gehört der Klasse der Säugetiere (*Mammalia*) und Ordnung der Raubtiere (*Carnivora*) an. Die Familie Felidae umfasst sowohl die Gattungen der Luchse (*Lynx*), der Pumas (*Puma*), der Geparden (*Acinonyx*), der echten Katzen (*Felis*), zu der auch die Hauskatzen gerechnet werden, als auch die Gattung der Großkatzen (*Panthera*). Zur Gattung der Großkatzen werden fünf Arten gerechnet: Jaguar (*Panthera onca*), Leopard (*Panthera pardus*), Schneeleopard (*Panthera uncia*), Löwe (*Panthera leo*) und Tiger (*Panthera tigris*) (Lamberski 2015).

### 2. Zahnformel der Katzen

Nahezu alle Felidae besitzen dieselbe Zahnformel wie Hauskatzen (I3, C1, P3, M1 / I3, C1, P2, M1) mit 30 Zähnen im adulten und 26 Zähnen im Milchgebiss (Schneider 1959, Miles und Grigson 2003, Wiggs und Bloom 2003, Gracis 2018). Lediglich Luchse weisen im Oberkiefer nur zwei Prämolare auf und haben daher nur 28 Zähne im adulten Gebiss (Russell et al. 1995, Wiggs und Bloom 2003). Die Zahnanatomie der Wildkatzenarten ähnelt der der Hauskatzen, es bestehen jedoch erhebliche Größenunterschiede (Wiggs und Bloom 2003).

### 3. Zahn- und Maulhöhlenerkrankungen bei Großkatzen

#### 3.1 Prävalenz von Zahnerkrankungen

Großkatzen und andere Wildfeliden sind häufig von Zahn- und Maulhöhlenerkrankungen betroffen und leiden unter denselben Erkrankungen

wie Hauskatzen (Robinson 1979, Haberstroh et al. 1984, Amand und Tinkelman 1985, Van Valkenburgh 1988, Kertesz 1993, Berger et al. 1995 und 1996, Levin 1996, Gioso 2001, Patterson et al. 2003, Wiggs und Bloom 2003, Hope und Deem 2006, Glatt et al. 2008, Roux et al. 2009, Ciobotaru et al. 2010, Fahrenkrug und Mihaljevic 2011, Kapoor et al. 2016, Aghashani et al. 2016 und 2017, Norton et al. 2018, Steenkamp et al. 2018, Schneider et al. 2021). Bei Großkatzen in Gefangenschaft gehören Zahnerkrankungen mit zu den häufigsten Erkrankungen überhaupt (Hope und Deem 2006, Kapoor et al. 2016, Norton et al. 2018). Bei Hauskatzen ist, abhängig vom Alter der untersuchten Population, eine Prävalenz von bis zu 70% beschrieben (Wiggs und Lobprise 1997 b, Verstraete et al. 1998, DuPont und DeBowes 2002, Gorrel 2015). Zu Zahn- und Maulhöhlenerkrankungen bei in Gefangenschaft lebenden Großkatzen liegen überwiegend Fallberichte vor (Berger et al. 1996, Levin 1996, Kortegaard et al. 2003, Ulbricht et al. 2003, Ciobotaru et al. 2010, De Castro et al. 2011, Dziallas et al. 2012, Fecchio et al. 2015). Es existieren nur wenige größere Studien (Hope und Deem 2006, Kapoor et al. 2016, Norton et al. 2018, Whitten et al. 2019). In zwei größeren retrospektiven Studien zur Morbidität von in zoologischen Einrichtungen gehaltenen Großkatzen wurden die Krankenberichte von 172 Jaguaren (Hope und Deem 2006) bzw. 111 Löwen ausgewertet (Norton et al. 2018). Mit einer Prävalenz von 35% bei den Jaguaren bzw. 23% bei den Löwen gehörten Zahnerkrankungen in diesen Studien zu den am häufigsten dokumentierten Erkrankungen. Eine Studie untersuchte die Krankenberichte von 269 exotischen Katzen, darunter Großkatzen (16 Löwen, Tiger, Leoparden, Schneeleoparden und Jaguare), sowie Kleinkatzen (Geparde und Pumas). In 64% der Krankenberichte waren Zahnerkrankungen dokumentiert (Whitten et al. 2019). Jedoch fehlen in den zuletzt genannten Studien Angaben zu Anamnese, Untersuchungsgang und Ursachen der Zahnerkrankungen. Für Großkatzen existiert eine Studie über Zahnerkrankungen bei 15 Jaguaren in Gefangenschaft, in der der stomatologische Untersuchungsgang näher

beschrieben ist und bei einem Teil der Tiere auch intraorale Dentalröntgenbilder angefertigt wurden (Schneider et al. 2021). In der untersuchten Population waren 54% der Jaguare von Parodontitis betroffen, endodontische Erkrankungen infolge eines dentoalveolären Traumas wurden bei etwas über 73% der Tiere diagnostiziert. Von Zahnresorption waren etwas über 13% der untersuchten Jaguare betroffen, ein Tier hatte eine Zahnfehlstellung.

### **3.2 Pathogenese von Zahnerkrankungen**

Bei wildlebenden Großkatzen werden vor allem Kämpfe unter Artgenossen, das Kauen von Knochen und Unfälle bei der Jagd auf große Beutetiere als Ursachen für Verletzungen im Bereich der Maulhöhle und der Zähne erachtet (Van Valkenburgh 1988, Van Foreest und Roeters 1997, Van Valkenburgh 2009, Goodrich et al. 2011). Für die Pathogenese von Zahnerkrankungen bei Wildfeliden in Gefangenschaft werden unabhängig von der Spezies hauptsächlich Fütterung, Haltungsbedingungen und Stress verantwortlich gemacht (Robinson 1979, Haberstroh et al. 1984, Amand und Tinkelman 1985, Kertesz 1993, Hinshaw et al. 1996, Wiggs und Bloom 2003, Glatt et al. 2008, Kapoor et al. 2016, Schneider et al. 2021). Zahnstein und Parodontitis treten bei wildlebenden Großkatzen seltener auf als bei ihren Artgenossen in Gefangenschaft, da Großkatzen in freier Wildbahn ganze Beutetiere fressen, deren Zerlegung beim Kauvorgang einen mechanischen Abrieb von Zahnbelag verursacht (Wiggs und Bloom 2003, Kapoor et al. 2016, Schneider et al. 2021). Eine Fütterung von überwiegend weichem Futter führt bei Großkatzen in Gefangenschaft zu vermehrter Zahnsteinbildung und leistet somit Parodontalerkrankungen Vorschub (Haberstroh et al. 1984, Amand und Tinkelman 1985, Hinshaw et al. 1996, Kapoor et al. 2016, Schneider et al. 2021). Auch bei Hauskatzen wird angenommen, dass weiches Futter Parodontalerkrankungen begünstigt (Wiggs und Lobprise 1997 b).



Zahlreiche Studien zeigen, dass Wildtiere in Gefangenschaft einem höheren Stressniveau ausgesetzt sind als ihre wilden Artgenossen (Terio et al. 2004, Morgan und Tromborg 2007, Bayazit 2009). Ein häufiges Anzeichen für Stress, Frustration oder Langeweile sind Stereotypien und andere Verhaltensstörungen wie beispielsweise Käfigbeißen (Robinson 1979, Amand und Tinkelman 1985, Kertesz 1993, Van Foreest und Roeters 1997, Wenker et al. 1998, Kortegaard et al. 2003, Pitsko 2003, Wiggs und Bloom 2003, Krawczel et al. 2005, Hope und Deem 2006, Glatt et al. 2008, Breton und Barrot 2014, Norton et al. 2018). Käfigbeißen ist bei vielen Tieren wie Hunden, Bären und anderen exotischen Fleischfressern beschrieben, die in Zwingern oder Käfigen gehalten werden (Robinson 1979, Van Foreest und Roeters 1997, Wenker et al. 1998, Kortegaard et al. 2003, Wiggs und Bloom 2003, Hope und Deem 2006, Norton et al. 2018). Auch bei Großkatzen in Gefangenschaft ist bekannt, dass sie sich durch Kontakt mit Gitterstäben und Einrichtungsgegenständen aus Metall Traumata im Bereich der Maulhöhle und insbesondere Zahntraumata zufügen können (Robinson 1979, Amand und Tinkelman 1985, Kertesz 1993, Wiggs und Bloom 2003, Hope und Deem 2006, Glatt et al. 2008, Norton et al. 2018, Whitten et al. 2019, Schneider et al. 2021). Es gibt Hinweise darauf, dass eine Verbesserung der Haltungsbedingungen Verhaltensprobleme wie das Käfigbeißen verringern kann (Wiggs und Bloom 2003). Bislang existieren keine Studien, die den spezifischen Zusammenhang zwischen Stress und Zahngesundheit untersucht haben.

### **3.3 Zahnstein, Gingivitis, Parodontitis**

Plaque ist ein bakterienreicher Biofilm auf der Zahnoberfläche, dessen Bakterien für die Entstehung von Gingivitis und Parodontitis mitverantwortlich gemacht werden (Wiggs und Lobprise 1997 b). Durch das Einlagern von im Speichel enthaltenen Mineralien in die Plaque kommt es zur

Zahnsteinbildung (Hinrichs 2006). Parodontalerkrankungen, also Erkrankungen des Zahnhalteapparates, werden in verschiedene Stadien eingeteilt. Das initiale Stadium stellt die Gingivitis dar, bei der sich die Entzündung auf das Zahnfleisch beschränkt, welche durch Plaquebakterien verursacht wird und per se reversibel ist. Greift die Entzündung auch auf den Zahnhalteapparat (Desmodont, Alveolarknochen) über, wird dies als Parodontitis bezeichnet. Die Entzündung führt zu einer zunehmenden und irreversiblen Schädigung des Zahnhalteapparates mit Gingiva- und Knochenrezession (Wiggs und Lobprise 1997 b, Niemiec 2008 b). Parodontalerkrankungen zählen zu den häufigsten Erkrankungen bei Hauskatzen und -hunden überhaupt (Niemiec 2008 b). Im Alter von zwei Jahren haben bereits 70% der Katzen und 80% der Hunde eine Form von Parodontalerkrankung entwickelt (Wiggs und Lobprise 1997 b). Bei Großkatzen in Gefangenschaft und freier Wildbahn sind Zahnstein, Gingivitis und Parodontalerkrankungen ebenfalls beschrieben (Robinson 1979, Haberstroh et al. 1984, Amand und Tinkelman 1985, Cook und Stoller 1986, Wiggs und Bloom 2003, Hope und Deem 2006, Kapoor et al. 2016, Norton et al. 2018, Whitten et al. 2019, Schneider et al. 2021) und nehmen mit steigendem Alter zu (Hope und Deem 2006, Schneider et al. 2021). In den USA wird in zoologischen Einrichtungen überwiegend zerkleinertes Fleisch an Großkatzen verfüttert (Haberstroh et al. 1984, Glatt et al. 2008, Kapoor et al. 2016). Die Prävalenz von Zahnstein und Parodontitis ist bei Großkatzen in europäischen und australischen Einrichtungen geringer (Kapoor et al. 2016, Whitten et al. 2019), da sie in der Regel auch Knochen erhalten, was der natürlichen Ernährungsweise der Tiere näher kommt und beim Kauen zu einem Reinigungseffekt an den Zähnen führt (Haberstroh et al. 1984, Pearson et al. 2005, Whitten et al. 2019, Schneider et al. 2021). Therapeutisch kann bei betroffenen Großkatzen eine professionelle Zahnreinigung durchgeführt werden (Haberstroh et al. 1984, Amand und Tinkelman 1985, Wiggs und Bloom 2003, Whitten et al. 2019). Je nach Stadium der Parodontitis kann eine

subgingivale Kürettage, Wurzelglättung, gesteuerte Geweberegeneration, der Einsatz von Knochenersatzmaterial und letztlich auch die Extraktion der von fortgeschrittener Parodontitis betroffenen Zähne notwendig sein (Wiggs und Bloom 2003). Alle Eingriffe sollten stets unter Röntgenkontrolle erfolgen (Wiggs und Bloom 2003).

### **3.4 Attrition, Abrasion, Zahnfrakturen**

Attrition, Abrasion und Zahnfrakturen stellen traumatische Schäden an der Zahnschubstanz dar. Als Attrition wird der mechanische Abrieb von Zahnschubstanz an dentalen Strukturen bezeichnet, Abrasion ist der mechanische Abrieb von Zahnschubstanz an nicht dentalen Gegenständen (AVDC Nomenklatur 2022). Zahnfrakturen lassen sich allgemein in Kronen- und Wurzelfrakturen oder einer Kombination aus beidem, beziehungsweise in unkomplizierte Frakturen ohne Eröffnung des Pulpenkanals und komplizierte Frakturen mit Eröffnung des Pulpenkanals einteilen (AVDC Nomenklatur 2022). Liegen Abrasionen quer zur Zahnachse und mittig an der Krone der Canini, erhöht dies die Gefahr einer Fraktur (Kertesz 1993, Van Foreest und Roeters 1997). Zahnfrakturen mit Eröffnung des Pulpenkanals können sowohl bei Hauskatzen als auch bei Wildfeliden eine bakterielle Pulpitis, Pulpanekrose, Osteomyelitis und Abszesse verursachen (Robinson 1979, Amand und Tinkelman 1985, Holmstrom 1992, Kertesz 1993, Wiggs und Lobprise 1997 c, Ulbricht et al. 2003, Niemiec 2009). Eine Pulpaerkrankung ist schmerzhaft für die betroffenen Tiere und kann unbemerkt bleiben (Strøm et al. 2018, Whitten et al. 2019). Bei Hauskatzen ist eine Zahnfraktur die häufigste Ursache für eine Pulpitis (Holmstrom 1992, Niemiec 2005). Der Grund hierfür ist vermutlich die anatomische Struktur der Eckzähne, deren Pulpahöhle sehr nahe an die Kronenspitze heranreicht, weshalb die meisten Kronenfrakturen die Pulpa eröffnen (Holmstrom et al. 1998). Abrasionen und unkomplizierte Kronenfrakturen können über die Freilegung von

Dentinkanälchen ebenfalls zu einer bakteriellen Pulpitis führen (Niemiec 2009). Jeder beschädigte Zahn sollte daher stets geröntgt werden, um eine Aussage über die Vitalität des Zahnes treffen zu können und beispielsweise apikale Prozesse als Folge einer Pulpitis aufzudecken (Niemiec 2009). Bei vermeintlich fehlenden Zähnen sollte grundsätzlich ein Dentalröntgen angefertigt werden (Lobprise et al. 1999, Niemiec 2008 a und 2009, Schneider et al. 2021), um auszuschließen, dass impaktierte Zähne oder Wurzelreste im Kieferknochen vorhanden sind (Niemiec 2008 a, Schneider et al. 2021). Studien zur Prävalenz von Zahnfrakturen bei Hauskatzen existieren derzeit nicht. Bei in Gefangenschaft lebenden Großkatzen stellen Zahnfrakturen die häufigste Zahnerkrankung überhaupt dar (Kertesz 2001, Hope und Deem 2006, Fahrenkrug und Mihaljevic 2011, Norton et al. 2018, Whitten et al. 2019, Schneider et al. 2021). Auch bei Löwen, Tigern und anderen Feliden in freier Wildbahn kommen Zahnfrakturen oft vor (Van Valkenburgh 1988, Roux et al. 2009, Van Valkenburgh 2009, Goodrich et al. 2011, Aghashani et al. 2016 und 2017, Collados et al. 2018 a) und treten mit zunehmendem Alter häufiger auf (Smuts et al. 1978, Patterson et al. 2003, Goodrich et al. 2011). Die Prävalenz von Zahnfrakturen wurde in einer Studie an Schädeln von wildlebenden Tigern und Löwen mit 36% (Tiger) bzw. 24% (Löwen) angegeben (Van Valkenburgh 2009). In einer Studie von 15 in Gefangenschaft lebenden Jaguaren betrug die Prävalenz von endodontischen Erkrankungen nach dentoalveolärem Trauma knapp über 73%. Caninusfrakturen sind sowohl bei Großkatzen als auch bei Hauskatzen als die am häufigsten vorkommenden Zahnfrakturen beschrieben (Amand und Tinkelman 1985, Niemiec 2005, Whitten et al. 2019). Eine Studie gibt die Incisivi als die am häufigsten von Zahnfrakturen betroffenen Zähne bei Jaguaren an (Schneider et al. 2021). Einzäunung und Einrichtung der Gehege aus Metall erhöhen das Risiko für Abrasionen und Zahnfrakturen (Robinson 1979, Amand und Tinkelman 1985, Kertesz 1993, Wiggs und Bloom 2003, Glatt et al. 2008, Whitten et al. 2019, Schneider et al. 2021). Durch bauliche

Veränderungen und Verhaltensmodifikation könnten traumatische Zahnschäden vermieden werden (Wiggs und Bloom 2003). Die Behandlungsmöglichkeiten für endodontisch erkrankte Zähne umfassen sowohl bei domestizierten Katzen und Hunden, als auch bei Wildfeliden die Extraktion, Pulpenüberkappung oder Wurzelkanalbehandlung (Amand und Tinkelman 1985, Wiggs und Bloom 2003, Reiter und Gracis 2018, Schneider et al. 2021). Die Pulpenüberkappung kommt bei Großkatzen kaum zum Einsatz, da meist eine lange Zeitspanne zwischen dem erfolgten dentoalveolären Trauma und der Behandlung liegt, was eine Wurzelkanalbehandlung oder Extraktion nötig macht (Amand und Tinkelman 1985, Wiggs und Bloom 2003, Schneider et al. 2021). Die endodontische Behandlung ermöglicht den Erhalt von Zähnen mit Pulpaerkrankungen als Alternative zur Zahnextraktion (Strøm et al. 2018). Eine Wurzelkanalbehandlung ist eine Behandlungsoption für Zähne mit irreversibler Pulpitis oder Pulpanekrose (Berman und Hartwell 2011). Das Ziel der Wurzelkanalbehandlung ist die Erhaltung des Zahns und die Beseitigung von Infektionen und Entzündungen. Die Wurzelkanalbehandlung umfasst die Entfernung des Pulpagewebes, gefolgt von Reinigung, Desinfektion, Formgebung, Präparation und Obturation des Wurzelkanals (Gutmann und Witherspoon 1998, Peters und Peters 2011). Die Erfolgsaussichten einer Wurzelkanalbehandlung liegt bei Hauskatzen bei 81% (Strøm et al. 2018). Für Großkatzen existiert eine Studie mit 15 Jaguaren, welche die Erfolgsrate für Wurzelkanalbehandlungen mit 50% angibt. Die vergleichsweise niedrige Erfolgsrate wird mit der teils mangelnden Qualität der endodontischen Therapien, wie beispielsweise unvollständiger Instrumentierung und Obturation des Wurzelkanals, begründet (Schneider et al. 2021). Milchzahnfrakturen mit Pulpenexposition führen häufig zu einer Schädigung der darunterliegenden Zahnanlage des permanenten Zahnes durch Infektionen und Entzündungsprozesse, daher gilt die Extraktion von frakturierten Milchzähnen sowohl bei Hauskatzen als auch bei Wildfeliden als

Therapie der Wahl (Amand und Tinkelman 1985, Wiggs und Lobprise 1997 a, Lobprise et al. 1999, Ulbricht et al. 2003, Hale 2005, Niemiec 2008 a).

### **3.5 Zahnresorption**

Zahnresorption ist definiert als Resorption von Zahnhartsubstanz (AVDC Nomenklatur 2022). Sie wird in drei Typen, basierend auf der Lokalisation der Resorption, und fünf Schweregrade eingeteilt. Die Klassifizierung der Zahnresorption beruht auf der Annahme, dass Zahnresorption ein progressiver Prozess ist (AVDC Nomenklatur 2022). Typ 1 Resorptionen zeigen sich röntgenologisch als fokale oder multifokale radioluzente Bereiche bei einem Zahn mit ansonsten normaler Röntgendichte und normalem parodontalen Ligament (AVDC Nomenklatur 2022). Bei einem Zahn mit Typ 2 Resorption ist das parodontale Ligament in einigen Bereichen verengt oder verschwunden und Teile des Zahns erscheinen weniger röntgendicht (AVDC Nomenklatur 2022). Ein Zahn mit Typ 3 Resorption weist röntgenologisch sowohl Merkmale von Typs 1 als auch Typs 2 Resorption auf (AVDC Nomenklatur 2022). Zahnresorptionen sind sowohl bei Hauskatzen (Van Wessum et al. 1992, Ingham et al. 2001, Reiter und Mendoza 2002, Lemmons 2013, Gorrel 2015), als auch bei Großkatzen und anderen Wildfeliden beschrieben (Kertesz 1993, Berger et al. 1995 und 1996, Levin 1996, Wiggs und Bloom 2003, Roux et al. 2009, Aghashani et al. 2016 und 2017, Collados et al. 2018 b, Steenkamp et al. 2018, Schneider et al. 2021). Eine Studie an 228 klinisch zahngesunden Hauskatzen, deren Zähne auch einer röntgenologischen Untersuchung unterzogen wurden, gab die Prävalenz von Zahnresorption mit 29% an (Ingham et al. 2001). Andere Studien kommen auf eine Prävalenz von bis zu 67% (Van Wessum et al. 1992, Lommer und Verstraete 2000). In Studien an wildlebenden Groß- und Kleinkatzen lag die Prävalenz zwischen 6,8 und 16% und somit niedriger als bei Hauskatzen (Roux et al. 2009, Aghashani et al. 2016 und 2017, Collados et al. 2018 b, Schneider et al. 2021).

Bei Hauskatzen gilt es als erwiesen, dass die Häufigkeit von Zahnresorptionen mit zunehmendem Alter steigt (Van Wessum et al. 1992, Reiter und Mendoza 2002, Lemmons 2013, Gorrel 2015). Für Wildfeliden wie Luchsen und Pumas scheint diese Aussage ebenfalls zutreffend (Aghashani et al. 2016 und 2017). Ohne Dentalröntgen können Zahnresorptionen nicht sicher diagnostiziert bzw. ausgeschlossen werden (Verstraete et al. 1998, Gorrel 2015, Schneider et al. 2021). Therapeutisch kommt abhängig von Typ und Grad der Resorption die konservative Therapie mit Monitoring, die Extraktion des betroffenen Zahns oder unter bestimmten Kriterien eine Kronenamputation in Frage (Gorrel 2015).

### **3.6 Störungen des Zahnwechsels**

Der Zahnwechsel bei Hauskatzen findet im Alter von drei bis sechs Monaten statt (Gracis 2018), bei Löwen und Tigern beginnt er mit ungefähr acht bis neun Monaten und ist mit etwa 18 bis 24 Monaten abgeschlossen, während es zum Zahnwechsel bei Tigern keine genauen Angaben in der verfügbaren Literatur gibt (Schneider 1959, Smuts et al. 1978). Als Ursache für Störungen des Zahnwechsels werden Traumata, genetische und multifaktorielle Ursachen diskutiert (Lobprise et al. 1999, Fulton et al. 2014). Läuft der Zahnwechsel physiologisch ab, wird die Milchzahnwurzel resorbiert, so dass der Milchzahn ausfällt und für den permanenten Zahn Platz macht. Ist dieser Prozess gestört, blockiert der Milchzahn die korrekte Positionierung des durchbrechenden permanenten Zahns (Oehme und Schreyer 2016). Milchzahn und bleibender Zahn sollten nie gleichzeitig in der Maulhöhle sichtbar sein. Eine sofortige Extraktion des persistierenden Milchzahns ist die Therapie der Wahl, um Crowding, die Impaktierung von Futterpartikeln, Parodontalerkrankungen sowie die Fehlstellungen der bleibenden Zähne zu verhindern (Lobprise et al. 1999, Hale 2005, Fulton et al. 2014). In der Kleintierzahnheilkunde kommen persistierende Milchzähne häufig vor, insbesondere bei kleinen Hunderassen,

aber auch bei Katzen (Hale 2005, Niemiec 2008 a). Zahnwechselstörungen und Milchzahnerkrankungen bei Wildfeliden bleiben häufig unentdeckt, da meist keine Routineuntersuchungen durchgeführt werden (Wiggs und Bloom 2003). Über persistierende Milchzähne bei Großkatzen existieren keine Studien, bei anderen Wildfeliden scheint die Prävalenz niedrig zu sein (Aghashani et al. 2016 und 2017, Collados et al. 2018 a, Steenkamp et al. 2018).

### **3.7 Tumore der Maulhöhle**

Bei Hauskatzen machen Tumore der Maulhöhle etwa 10% aller Tumore aus (Liptak und Withrow 2007). Etwa 90% der oralen Tumore bei Katzen sind maligne (Stebbins et al. 1989), und 60-70% dieser malignen Tumore sind Plattenepithelkarzinome (Stebbins et al. 1989, Harvey und Emily 1993). Auch periphere odontogene Fibrome (POF) kommen bei Hauskatzen vor (Stebbins et al. 1989, Colgin et al. 2001, De Bruijn et al. 2007, Velázquez-Urgel et al. 2018) und machen knapp 8% aller oralen Neoplasien aus (Stebbins et al. 1989). Bei Wildtieren im Allgemeinen und Wildfeliden im Besonderen scheinen orale Tumoren selten vorzukommen (Amand und Tinkelman 1985, Dorso et al. 2008, Collados et al. 2018 b). Bei den in der Literatur beschriebenen oralen Zubildungen bei Wildfeliden handelt es sich meist um Fallberichte. Erwähnt wird je ein Fall eines Spindelzellsarkoms bei einem Panther (Sprinz 1953), ein Hämangiom der Zunge bei einem Gepard, ein Adamantinom im Unterkiefer bei einem Löwen und ein Fibrosarkom im Oberkiefer eines Tigers (Amand und Tinkelman 1985). Bei Luchsen wurden zwei Fälle von Plattenepithelkarzinomen beschrieben (Gunson et al. 1978, Sladakovic et al. 2016). Weiterhin wurde je ein Fall eines nasopharyngealen Myxosarkomas bei einem Tiger (Shilton et al. 2002), ein Speicheldrüsenkarzinom bei einem Löwen (Dorso et al. 2008), ein fibromatöses Epulis (POF) bei einem Tiger (Fecchio et al. 2009) und bei



einem Löwen (De Castro et al. 2011) beschrieben. In einer Studie an wildlebenden Luchsen, bei denen mazerierte Schädel ohne Weichteilgewebe untersucht wurden, waren Neoplasien sehr selten. An einem von 88 untersuchten Schädeln ergaben sich Hinweise auf eine nicht weiter differenzierte Neoplasie der rostralen Mandibula (Collados et al. 2018 b). Eine retrospektive Studie wertete Befunde von 109 Wildfeliden aus (Scott et al. 2020). Dokumentiert waren 14 Plattenepithelkarzinome bei Schneeleoparden, Tigern, Löwen, einem Puma, einem Leoparden, einem Luchs und einem Ozelot und neun fibromatöse Epuliden ausgehend vom periodontalen Ligament (POF) bei Löwen, Jaguaren, einem Luchs, einem Geparden und einem Serval (Scott et al. 2020). Außerdem wurde ein Löwen mit einem oralen Hämangiom, ein Ozelot mit einem oralen Fibrosarkom und ein Tiger mit einem oralen Melanom dokumentiert (Scott et al. 2020).

### **3.8 Sonstige Maulhöhleenerkrankungen**

In der Literatur werden auch Verletzungen im Bereich der Maulhöhle bei Großkatzen und anderen exotischen Fleischfressern beschrieben (Wiggs und Bloom 2003, Whitten et al. 2019). Ursachen sind beispielsweise Fremdkörper (Whitten et al. 2019), Unfälle beim Spielen oder bei aggressiven Auseinandersetzungen zwischen Artgenossen und selbst zugefügte Verletzungen bei Angstzuständen und Stress, wenn die Tiere panisch reagieren oder versuchen, aus ihrem Gehege zu entkommen (Wiggs und Bloom 2003, Whitten et al. 2019). Neben Zahnfrakturen kommt es nicht selten zu Verletzungen des Weichteilgewebes, wie Risswunden im Bereich der Maulschleimhaut, der Gingiva oder der Zunge, zu Zahnluxationen und -avulsionen (Wiggs und Bloom 2003) und zu Kieferfrakturen (Amand und Tinkelman 1985). Größere Risswunden des Weichteilgewebes werden in der Regel mit resorbierbarem Nahtmaterial genäht. Luxierte bzw. avulierte Zähne können geschient oder extrahiert werden. Oft wird auch eine

endodontische Behandlung der Zähne nötig, wenn es durch das Trauma zu einer irreversiblen Schädigung und zum Absterben der Pulpa kommt (Wiggs und Bloom 2003). Außerdem sind auch Gingivostomatitis, Variationen der Zahnanatomie und Anzahl der Zähne, sowie Malokklusion bei Großkatzen und anderen Wildfeliden beschrieben (Amand und Tinkelman 1985, Miles und Grigson 2003, Wiggs und Bloom 2003, Aghashani et al. 2016 und 2017, Collados et al. 2018 a). Variationen der Zahnanatomie, Zahn- und Wurzelanzahl sind bei Großkatzen selten (Miles und Grigson 2003, Wiggs und Bloom 2003, Roux et al. 2009). Therapeutisch ist kein Eingreifen notwendig, solange sich keine pathologischen Veränderungen aus der Variation ergeben (Legendre und Reiter 2018). Bei Extraktionen oder endodontischen Maßnahmen müssen überzählige Wurzeln hingegen unbedingt identifiziert werden (Legendre und Reiter 2018). Zahn- und Kieferfehlstellungen sind bei Hunden häufig und kommen auch bei Katzen vor, sie sind bei Katzen in der Literatur jedoch kaum beschrieben (Milella 2015). Bei Großkatzen scheinen Zahn- und Kieferfehlstellungen nur sporadisch vorzukommen (Wiggs und Bloom 2003, Schneider et al. 2021). Ein Fallbericht beschreibt eine Prognathia superior bei einem Leoparden, bei dem es durch Steilstellung der Unterkiefercanini auch zu einem Einbiss mit Traumatisierung des Palatinums kam (De Simoi 2006).

#### **4. Diagnostisches Vorgehen bei Zahnerkrankungen**

##### **4.1 Stomatologischer Untersuchungsgang**

Der stomatologische Untersuchungsgang umfasst die Anamnese, Untersuchung am wachen Tier, Untersuchung unter Anästhesie inklusive Dentalröntgen, sowie die Dokumentation der Befunde und ist für Hauskatzen- und Hunde eingehend beschrieben (Fahrenkrug 1993, Eickhoff 2005). Die stomatologische Untersuchung bei Wildfeliden ist am wachen Patienten nur

sehr eingeschränkt durchführbar. Bis auf die Adspektion von außen muss die gesamte Untersuchung unter Allgemeinanästhesie erfolgen (Amand und Tinkelman 1985, Wiggs und Bloom 2003, Schneider et al. 2021) und sollte unter Zuhilfenahme einer Parodontalsonde, eines Spiegels und einer Lichtquelle durchgeführt werden (Amand und Tinkelman 1985). Beurteilt werden die Okklusion, Zahnbeläge, Abrasion, Attrition, Zahnfrakturen, das Vorliegen von Zahnresorptionen und Zahnlockerung (Amand und Tinkelman 1985). Zudem sollte eine vollständige parodontale Sondierung stattfinden (Schneider et al. 2021). Eine Sondierungstiefe von bis zu drei Millimetern wird bei Großkatzen als physiologisch angesehen (Amand und Tinkelman 1985, Schneider et al. 2021). Die Weichteile der Maulhöhle und des Rachenraumes werden auf Schwellung, Blutung, Ulzeration und Farbveränderungen untersucht (Amand und Tinkelman 1985). Dentalröntgenbilder sollten ebenfalls angefertigt werden (Robinson 1979, Wiggs und Bloom 2003, Schneider et al. 2021). Auch bei Großkatzen sollte die stomatologische Untersuchung immer auch eine detaillierte Aufzeichnung aller Befunde umfassen (Wiggs und Bloom 2003, Schneider et al. 2021). Zur Behandlung von Zahn- und Maulhöhlenerkrankungen bei Wildfeliden werden eine mobile Dentaleinheit, ein Ultraschallscaler, ein Röntgengerät mit Entwicklungsmöglichkeit vor Ort, chirurgisches Besteck, sowie spezielle zahnmedizinische Instrumente und Materialien benötigt (Amand und Tinkelman 1985). Die Behandlung von Zahnerkrankungen bei Großkatzen orientiert sich an den Behandlungsmöglichkeiten von Hauskatzen, wesentliche Unterschiede ergeben sich jedoch trotz ähnlicher Zahnanatomie auf Grund des erheblichen Größenunterschiedes zwischen Haus- und Großkatzen (Wiggs und Bloom 2003).

## 4.2 Dentalröntgen

Als Röntgengeräte stehen für intraorale Dentalröntgenaufnahmen bei Kleintieren fest installierte oder fahrbare Dentalröntgeneinheiten und auch Handgeräte für die Belichtung von Dentalröntgenfilmen, Speicherfolien oder Sensoren zur Verfügung (Eickhoff 2005, Mihaljevic 2010, Niemiec 2014, Kuntsi et al. 2018). Intraorale Dentalröntgenaufnahmen beim Kleintier können konventionell mit Dentalröntgenfilmen und Nassentwicklung, beziehungsweise digital mit der Speicherfolientechnik (Computed Radiography) und einem Scanner oder der Sensortechnik (Digital Radiography) angefertigt werden (Mihaljevic 2010, Niemiec 2014). Für das intraorale Dentalröntgen bei Pferden stehen Speicherfolien zur Verfügung, die mit veterinärmedizinischen Standardröntgengeräten belichtet werden (Stoll et al. 2011). Röntgenkassetten ermöglichen nur Übersichtsaufnahmen des Kopfes, welche zur Diagnostik von dentalen und parodontalen Erkrankungen ungeeignet sind (Tsugawa und Verstraete 2000, Holmstrom et al. 2013). Überlagerungsfreie sowie intraorale Aufnahmen sind mit Kassetten kaum durchführbar und ermöglichen keine genaue Beurteilung einzelner Zähne und feiner Strukturen (Tsugawa und Verstraete 2000, Wiggs und Bloom 2003). Die Vorteile digitaler Dentalröntgenverfahren liegen in der Ersparnis von Zeit und Verbrauchsmaterialien und in der Verfügbarkeit tragbarer Geräte (Mihaljevic 2010, Niemiec 2014). Da die digitalen Dentalröntgenbilder umgehend vor Ort bearbeitet und beurteilt werden können, erleichtert und beschleunigt dies die Diagnosestellung, Therapieplanung und Therapiekontrolle (Niemiec 2009). Auch lassen sich digitale Dentalröntgenbilder leicht archivieren und mit anderen Nutzern teilen (Mihaljevic 2010, Rowlands 2002, Niemiec 2014).

Dentalröntgen spielt eine zentrale Rolle bei der Diagnose und Behandlung dentaler und oraler Erkrankungen (Verstraete et al. 1998, Tsugawa und Verstraete 2000). In der Zahnheilkunde bei Hunden und Katzen gelten

intraorale Dentalröntgenaufnahmen als Goldstandard, da sie bei vielen Erkrankungen des stomatognathen Systems wertvolle Informationen liefern, beziehungsweise eine Diagnose sogar erst ermöglichen (Verstraete et al. 1998, DuPont 2005, Woodward 2009, Mihaljevic 2010, Fahrenkrug 2011, Holmstrom et al. 2013, Niemiec 2014, Gorrel 2015). Ohne Dentalröntgen bleibt eine Vielzahl dentaler und parodontaler Probleme unentdeckt (Gengler et al. 1995, Verstraete et al. 1998, Kertesz 2001, DuPont 2005, Mihaljevic et al. 2012, Lemmons 2013, Gorrel 2015), weshalb eine Zahnbehandlung ohne die begleitende röntgenologische Untersuchung der Zähne von vielen Autoren gänzlich abgelehnt wird (Bellows und Fahrenkrug 2001, DuPont 2005, Holmstrom et al. 2013, Niemiec 2014). Intraorale Aufnahmen stellen die Strukturen im Vergleich zu Übersichtsaufnahmen des Kopfes deutlich detaillierter dar (Tsugawa und Verstraete 2000). Indikationen für intraorale Dentalröntgenaufnahmen sind Parodontitis, Pulpenerkrankungen wie Kronenfrakturen und Verfärbungen von Zähnen und jede Art von Defekten wie Attrition, Abrasion, Karies und Zahnresorption, sowie fehlende Zähne (Tsugawa und Verstraete 2000). Auch bei Zahnextraktionen sollten stets vor und nach der Extraktion Dentalröntgenaufnahmen angefertigt werden (Tsugawa und Verstraete 2000). Wie bei Hunden und Katzen gilt das Dentalröntgen auch bei Großkatzen und anderen Wildtieren als unverzichtbares diagnostisches Mittel (Robinson 1979, Amand und Tinkelman 1985, Hinshaw et al. 1996, Kertesz 2001, Wiggs und Bloom 2003, Schneider et al. 2021). Auf Grund der hohen Prävalenz von Zahnerkrankungen sollten bei Großkatzen stets Dentalröntgenaufnahmen angefertigt werden, wann immer die Tiere in Narkose untersucht werden (Schneider et al. 2021). Empfohlen werden Dentalröntgenaufnahmen bei Großkatzen beispielsweise bei fehlenden oder retinierten Zähnen, Zahnwechselstörungen, Parodontalerkrankungen, Zahnresorptionen und bei chirurgischen Eingriffen wie Zahnextraktionen (Wiggs und Bloom 2003, Schneider et al. 2021). Intraorale Aufnahmen sind auch bei Großkatzen

extraoralen Aufnahmen vorzuziehen, da überlagerungsfreie und intraorale Aufnahmen mit Röntgenkassetten kaum durchführbar sind (Wiggs und Bloom 2003). Jedoch sind für Großkatzen keine ausreichend großen Sensoren oder Speicherfolien verfügbar. Selbst die momentan in der Kleintierzahnheilkunde größte verfügbare Speicherfolie (S5,  $5.7 \times 9.4$  cm) eignet sich auf Grund der Dimensionen vieler Großkatzen kaum dazu, die größeren Zähne wie Canini, Oberkiefer-P4 und Unterkiefer-M1 ohne weiteres vollständig auf einer Folie abzubilden (Wiggs und Bloom 2003). Ausstattung, Patientenlagerung und Röntgentechnik sowie Befundauswertung sind für Hauskatzen detailliert beschrieben (Eickhoff 2005, Mihaljevic 2010, Niemiec 2014, Kuntsi et al. 2018). Für Großkatzen gibt es in der zugänglichen Literatur hierzu bislang keine Berichte.

#### **4.2.1 Grundlagen der Speicherfolientechnik**

Speicherfolien für Dentalröntgenaufnahmen bestehen aus einem Trägermaterial, auf dem die photoaktive Schicht aufgebracht ist. Die photoaktive Schicht besteht in der Regel aus dotiertem Bariumfluorid, welches eine kristalline Struktur besitzt. Die Dotieratome sind meist Europium Ionen ( $\text{Eu}^{2+}$ ), die einzelne Bariumatome in dem Kristallgitter ersetzen. Ein häufig verwendeter Speicherleuchtstoff ist  $\text{BaFBr:Eu}^{2+}$ , welcher gute Speichereigenschaften besitzt. Mit ihm bleiben acht Stunden nach Strahlenexposition noch immer 75% des latenten Bildes gespeichert. Die Familie der Bariumfluoride ( $\text{BaFX:Eu}^{2+}$ , während X eines des Halogene Cl, Br oder I oder eine beliebige Mischung aus diesen sein kann) eignet sich im Allgemeinen gut als Speicherleuchtstoffe (Rowlands 2002). Die Speicherfolie wird durch Röntgenstrahlung belichtet, wobei die in die photoaktive Schicht der Folie eingebundenen Speicherleuchtstoffe die Röntgenenergie aufnehmen. Durch den Beschuss mit Röntgenstrahlen werden einige Elektronen der Dotierungsatome aus einem stabilen Energieband auf ein energetisch höheres,

aber metastabiles Energieband in den Zwischengitterplätzen im Bariumfluorid-Kristall gehoben, in dem sie vorübergehend gefangen bleiben. Die Anzahl der im metastabilen Zustand gefangenen Elektronen ist proportional zur Intensität der aufgenommenen Röntgenstrahlung (Mihaljevic 2010, Rowlands 2002). Beim Auslesevorgang im Scanner wird die Speicherfolie durch einen Laserstrahl abgetastet. Dadurch fallen die gefangenen Elektronen aus ihrem metastabilen Zustand wieder in ihr ursprüngliches stabiles Energieband zurück, wobei die Energiedifferenz zwischen dem höheren und niedrigeren Energieband als blaues Licht emittiert wird. Dieser Vorgang wird als photostimulierte Lumineszenz bezeichnet (Mihaljevic 2010, Rowlands 2002). Ist der Ausleseprozess abgeschlossen, wird die noch in der strahlungsempfindlichen Schicht der Speicherfolie verbliebene Bildinformation mit Licht vollständig gelöscht. Das heißt, die Elektronen aus dem metastabilen Energieband werden nahezu vollständig wieder in ihr ursprüngliches Energieband zurück geholt. Danach ist die Speicherfolie für die nächste Aufnahme bereit. Da der Vorgang der Belichtung reversibel ist, können die Speicherfolien viele Male wiederverwendet werden (Mihaljevic 2010). Für die computerunterstützte Verarbeitung der digitalen Bilder, das so genannte „post processing“, werden verschiedene Techniken zur Bildverbesserung und -analyse in den Softwareprogrammen der Gerätehersteller angeboten, welche sich der Instrumente der allgemeinen digitalen Bildbearbeitung bedienen. Die Bilder lassen sich beispielsweise drehen, spiegeln und zoomen. Die Vergrößerung von Teilbereichen in Originalauflösung liefert bereits mehr Detailinformation (Mihaljevic 2010, Schmitt und Lehmann 2003). Zur Anpassung und Verbesserung von Helligkeit, Schärfe, und Kontrast können die Bilder anhand von Histogrammen und Filtern nachbearbeitet werden. Die Beurteilung bestimmter Strukturen und die Befundung des Röntgenbilds werden somit erleichtert oder gar erst ermöglicht. Dadurch lässt sich auch die Anzahl an

Wiederholungsaufnahmen reduzieren, was letztlich die Strahlenbelastung des Patienten niedrig hält (Mihaljevic 2010).

#### **4.2.2 Dentalröntgentechnik**

Für Hunde und Katzen sind zwei Röntgentechniken beschrieben, nämlich die Parallel- und die Halbwinkeltechnik, mit denen alle Zähne des Gebisses überlagerungsfrei und proportionsgetreu abgebildet werden können (Emily 1986, Shipp und Fahrenkrug 1992, Fahrenkrug 2011, Niemiec 2014, Kuntsi et al. 2018). Bei der Paralleltechnik wird die Speicherfolie parallel zur Längsachse des Zahns eingelegt und der Zentralstrahl senkrecht zur Filmebene ausgerichtet. Diese Technik kann lediglich im Bereich der Unterkieferbackenzähne angewendet werden. In allen anderen Bereichen des Gebisses ist dies aus anatomischen Gründen nicht möglich. Daher wird ansonsten die Halbwinkeltechnik verwendet. Hierbei wird der Film schräg an den Zahn angelegt, jedoch so parallel wie möglich zur Zahnlängsachse. Filmebene und Zahnlängsachse bilden so einen Winkel, auf dessen Winkelhalbierende der Zentralstrahl senkrecht ausgerichtet wird (Emily 1986, Shipp und Fahrenkrug 1992, Fahrenkrug 2011, Niemiec 2014, Kuntsi et al. 2018). Alle intraoralen Dentalröntgenbilder können am Patienten in Seitenlage angefertigt werden, was die Notwendigkeit des Umlagens während des Eingriffs auf ein Minimum reduziert (Niemiec 2014).

Zum dentalen Röntgen bei Wildfeliden liegt eine Arbeit an mazerierten Schädeln vor (Roux et al. 2009). In der Studie wurden 73 Schädel wildlebender Groß- (Leoparden, Löwen) und Kleinkatzen (Geparden, Caracals, Afrikanische Wildkatzen) systematisch röntgenologisch unter Verwendung eines digitalen Röntgensensors untersucht. Die Röntgentechnik wird in dieser Studie nicht beschrieben. Eine weitere Studie über 15 Jaguare in Gefangenschaft erwähnt die Anfertigung von zehn



Standarddentalröntgenaufnahmen, wie sie für Katzen beschrieben sind. Verwendet wurden hierzu Speicherfolien für Kleintiere und ein tragbares Dentalröntgengerät, auf die genaue Technik des Dentalröntgens wird in dieser Studie jedoch nicht eingegangen (Schneider et al. 2021). Eine intraorale Röntgentechnik wurde in der zugänglichen Literatur für Großkatzen bislang nicht beschrieben.

## **5. Herausforderungen bei der Behandlung von Großkatzen**

Da routinemäßige, jährliche Untersuchungen der Maulhöhle bei Großkatzen oft nicht durchgeführt werden, bleiben Zahnerkrankungen und Erkrankungen der Maulhöhle bei Großkatzen meist lange Zeit unentdeckt und führen oft erst im fortgeschrittenen Stadium zu sichtbaren Symptomen (Wiggs und Bloom 2003, Fahrenkrug und Mihaljevic 2011, Schneider et al. 2021). Dennoch bereiten diese Erkrankungen den Tieren erhebliche Schmerzen, beeinflussen den Gesamtorganismus und das Verhalten der betroffenen Tiere negativ (Robinson 1979, Haberstroh et al. 1984, Kertesz 2001, Ciobotaru et al. 2010, Schneider et al. 2021) und führen im schlimmsten Falle zum Tod des Tieres (Kertesz 2001, Ciobotaru et al. 2010). Während sich sowohl die Zahnanatomie, als auch die Erkrankungen der Maulhöhle und deren Therapie bei Großkatzen und Hauskatzen weitestgehend gleichen (Amand und Tinkelman 1985), ergeben sich durch die Größe, das Gewicht, die Gefährlichkeit und die Haltungsbedingungen von Großkatzen spezielle Herausforderungen bei deren Behandlung (Kertesz 2001, Wiggs und Bloom 2003, Fahrenkrug und Mihaljevic 2011). Die Untersuchung der Maulhöhle von Großkatzen muss stets unter Allgemeinanästhesie erfolgen (Amand und Tinkelman 1985, Wiggs und Bloom 2003, Whitten et al. 2019, Schneider et al. 2021), so dass sich Therapiemaßnahmen schlecht planen lassen, da das Ausmaß der pathologischen Veränderungen sich im Vorfeld meist nur schwer einschätzen lässt (Kertesz 2001, Wiggs und Bloom 2003, Fahrenkrug und

Mihaljevic 2011). Da das Handling der Tiere gefährlich ist und der Transport durch Körpergröße und Gewicht der Tiere schwierig sein kann, werden Großkatzen oft in ihrem Käfig narkotisiert und aus Gründen der Zeitersparnis und Praktikabilität auch direkt vor Ort behandelt, was oft suboptimale Arbeitsbedingungen für den behandelnden Tierarzt mit sich bringt (Kertesz 2001, Kortegaard et al. 2003, Fahrenkrug und Mihaljevic 2011, Schneider et al. 2021). Die verwendete Narkose und der Narkoseverlauf geben den zeitlichen Rahmen des Eingriffs vor (Wiggs und Bloom 2003, Kortegaard et al. 2003, Fahrenkrug und Mihaljevic 2011, Schneider et al. 2021), weshalb diese bestenfalls so geplant werden sollte, dass der Zeitrahmen, die Arbeitsbedingungen, sowie die Qualifikation und Ausstattung des behandelnden Tierarztes bei Bedarf auch eine sofortige Therapie ermöglichen (Amand und Tinkelman 1985, Hinshaw et al. 1996, Kortegaard et al. 2003). Medizinische Geräte und Instrumente müssen an die besonderen Arbeitsbedingungen angepasst sein (Kertesz 2001, Wiggs und Bloom 2003, Fahrenkrug und Mihaljevic 2011). Um am Einsatzort eine Behandlung durchführen zu können, ist mobiles und tragbares Equipment nötig (Amand und Tinkelman 1985). Viele Instrumente zur Zahnbehandlung bei Großkatzen sind nicht in der erforderlichen Größe erhältlich (Amand und Tinkelman 1985, Wiggs und Bloom 2003, Schneider et al. 2021), was manchmal Improvisation nötig macht (Wiggs und Bloom 2003). Eine weitere Problematik kann sich aus dem postoperativen Management ergeben. Nachuntersuchungen sind nur sehr eingeschränkt möglich und erfordern wiederholte Narkosen, weshalb sich die Behandlung nach Eingriffen oft auf die Gabe von Medikamenten über das Futter und Beobachtung der Tiere auf Distanz beschränkt (Wiggs und Bloom 2003).



**III. PUBLIKATION I**

Eingereicht am 10. Oktober 2021 beim Journal of Veterinary Dentistry,  
akzeptiert zur Veröffentlichung am 7. April 2022.

**A standard method for intraoral dental radiography with dental photo-stimulative phosphor (PSP) plates in big cats.**

**Eva Kopp<sup>1</sup>, Peter Stelzer<sup>2</sup>, Christine Lendl<sup>2</sup>, Andrea Meyer-Lindenberg<sup>3</sup>,  
Peter Fahrenkrug<sup>†</sup>**

<sup>1</sup>Korbinianstr. 27, 82515 Wolfratshausen, Bavaria, Germany

<sup>2</sup>Private practice, Berg, Bavaria, Germany

<sup>3</sup>Clinic for Small Animal Surgery and Reproduction, Centre of Clinical  
Veterinary Medicine, Faculty of Veterinary Medicine, Ludwig-Maximilians-  
Universität München, Munich, Germany


<sup>†</sup>Deceased

## A Standard Method for Intraoral Dental Radiography With Dental Photo-Stimulative Phosphor (PSP) Plates in Big Cats

Journal of Veterinary Dentistry  
1-9

© The Author(s) 2022  
Article reuse guidelines:  
sagepub.com/journals-permissions  
DOI: 10.1177/08987564221126373  
journals.sagepub.com/home/jov



Eva Kopp, DVM<sup>1</sup> , Peter Stelzer, DVM<sup>2</sup>, Christine Lendl, DVM<sup>2</sup>,  
Andrea Meyer-Lindenberg, DVM<sup>3</sup>, and Peter Fahrenkrug, DVM<sup>†</sup>

### Abstract

In recent years, dentistry has steadily gained more prominence in veterinary medicine, including exotic and wild animal medicine. It is known that dental diseases are among the most common diseases in captured big cats. However, so far, there is no standardized method for dental radiography in these animals. Therefore, this study aimed to develop a standardized procedure for the systematic radiographic examination of the teeth in big cats. In total, 34 big cats, including 21 lions and 13 tigers, of different ages were examined. Animals that needed treatment for known dental diseases and those that had to be anesthetized for other medically necessary procedures and dental health status examinations were included. Intraoral dental radiographs were captured with digital imaging plates designed for intraoral dental radiography in horses. Based on the intraoral dental radiography procedures used in domestic cats, both the bisecting angle technique and parallel technique were used. A hemisphere model originally developed for horses was used to describe the path and position of the x-ray beam as accurately as possible. The results demonstrated that it was possible to completely image all the teeth of big cat dentition on seven radiographs using the described method. This method can be used to acquire high-quality intraoral dental radiographs in big cats, aiding in the quick and reliable diagnosis of dental diseases.

### Keywords

intraoral dental radiography, computed radiography, big cats, *panthera leo*, *panthera tigris*, teeth

### Introduction

In recent years, the field of dentistry has steadily become more important in veterinary medicine.<sup>1</sup> The training for veterinarians working in dentistry and the equipment used are continuously being improved, and the work is being performed to increasingly high medical standards.<sup>1-4</sup> The importance of dentistry is also growing in exotic and wild animal medicine, as more and more attention is being paid to the care and health of captured wild animals, with animal welfare and species conservation being important reasons.<sup>5-10</sup> As a result, the number of medical and dental interventions performed in wild animals is also increasing.<sup>10-13</sup> In dog and cat dentistry, intraoral dental radiographs are now considered to be the gold standard, as they enable diagnosis and provide valuable information for several diseases of the stomatognathic system.<sup>1-3,14-18</sup>

Studies in domestic cats have revealed that up to 70% of the domestic cat population suffer from dental diseases.<sup>14,19,20</sup> Big cats and other wild felids are also frequently affected by diseases of the oral cavity,<sup>5-10,12,13,21-37</sup> and dental diseases are among the most frequently diagnosed diseases, especially in captured big cats.<sup>21,30</sup> Because dental radiographs are strongly recommended in domestic cat dentistry,<sup>1,3,16,38</sup> they are also

considered indispensable diagnostic tools in wild animal dentistry.<sup>5,7-9,12</sup>

The present study involved the dental examination of tigers (*Panthera tigris*) and lions (*Panthera leo*). Zoologically, these species belong to the genus of the actual big cats (*Panthera*). The two species are similar in cranial and dental anatomy; further, similar to domestic cats and almost all the genera of the Felidae zoological family, their adult dentition comprises 30 teeth (Table 1).<sup>5,32</sup> However, so far, no standardized radiography procedure has been proposed for the evaluation of oral structures in big cats.

Therefore, this study aimed to establish a dental radiography procedure for big cats using intraoral photo-stimulative

<sup>1</sup>Korbisianstr. 27, 82515 Wolfratshausen, Bavaria, Germany

<sup>2</sup>Private practice, Berg, Bavaria, Germany

<sup>3</sup>Clinic for Small Animal Surgery and Reproduction, Centre of Clinical Veterinary Medicine, Faculty of Veterinary Medicine, Ludwig-Maximilians-Universität München, Munich, Germany

<sup>†</sup>Deceased

### Corresponding Author:

Eva Kopp, DVM, Korbisianstr. 27, 82515 Wolfratshausen, Bavaria, Germany.  
Email: eva.kopp@deintierzahnarzt.de

Heruntergeladen von: Eva Kopp. Urheberrechtlich geschützt.

**Abstract**

In recent years, dentistry has steadily gained more prominence in veterinary medicine, including exotic and wild animal medicine. It is known that dental diseases are among the most common diseases in captured big cats. However, so far, there is no standardized method for dental radiography in these animals. Therefore, this study aimed to develop a standardized procedure for the systematic radiographic examination of the teeth in big cats. In total, 34 big cats, including 21 lions and 13 tigers, of different ages were examined. Animals that needed treatment for known dental diseases and those that had to be anesthetized for other medically necessary procedures and dental health status examinations were included. Intraoral dental radiographs were captured with digital imaging plates designed for intraoral dental radiography in horses. Based on the intraoral dental radiography procedures used in domestic cats, both the bisecting angle technique and parallel technique were used. A hemisphere model originally developed for horses was used to describe the path and position of the x-ray beam as accurately as possible. The results demonstrated that it was possible to completely image all the teeth of big cat dentition on seven radiographs using the described method. This method can be used to acquire high-quality intraoral dental radiographs in big cats, aiding in the quick and reliable diagnosis of dental diseases.

**Keywords:** intraoral dental radiography, computed radiography, big cats, *Panthera leo*, *Panthera tigris*, teeth

## Introduction

In recent years, the field of dentistry has steadily become more important in veterinary medicine.<sup>1</sup> The training for veterinarians working in dentistry and the equipment used are continuously being improved, and the work is being performed to increasingly high medical standards.<sup>1-4</sup> The importance of dentistry is also growing in exotic and wild animal medicine, as more and more attention is being paid to the care and health of captured wild animals, with animal welfare and species conservation being important reasons.<sup>5-10</sup> As a result, the number of medical and dental interventions performed in wild animals is also increasing.<sup>10-13</sup> In dog and cat dentistry, intraoral dental radiographs are now considered to be the gold standard, as they enable diagnosis and provide valuable information for several diseases of the stomatognathic system.<sup>1-3,14-18</sup>

Studies in domestic cats have revealed that up to 70% of the domestic cat population suffer from dental diseases.<sup>14,19,20</sup> Big cats and other wild felids are also frequently affected by diseases of the oral cavity,<sup>5-10,12,13,21-37</sup> and dental diseases are among the most frequently diagnosed diseases, especially in captured big cats.<sup>21,30</sup> Because dental radiographs are strongly recommended in domestic cat dentistry,<sup>1,3,16,38</sup> they are also considered indispensable diagnostic tools in wild animal dentistry.<sup>5,7-9,12</sup>

The present study involved the dental examination of tigers (*Panthera tigris*) and lions (*Panthera leo*). Zoologically, these species belong to the genus of the actual big cats (*Panthera*). The two species are similar in cranial and dental anatomy; further, similar to domestic cats and almost all the genera of the Felidae zoological family, their adult dentition comprises 30 teeth (Table 1).<sup>5,32</sup> However, so far, no standardized radiography procedure has been proposed for the evaluation of oral structures in big cats.

Therefore, this study aimed to establish a dental radiography procedure for big cats using intraoral photo-stimulative phosphor (PSP) plates, allowing for a fast and reliable evaluation of oral structures.

**Table I.** Tooth Formula for the Adult Dentition in Big Cats.

	Right				Left			
<b>Maxilla</b>	1 M	3 P	1 C	3 I	3 I	1 C	3 P	1 M
<b>Mandibula</b>	1 M	2 P	1 C	3 I	3 I	1 C	2 P	1 M

Abbreviations: M - Molar; P - Premolar; C - Canine; I - Incisor

## Materials and Methods

### *Patient Population*

A total of 34 big cats, including 21 lions and 13 tigers, of both sexes aged 9 months to 18 years were examined. Except for two tigers living in a zoo, all the big cats were circus animals that were trained regularly. Further, apart from one individually kept tiger, all the big cats were kept in groups of two to four animals. The feed for all the big cats predominantly consisted of raw meat with bones and a vitamin-mineral mixture. In this study, only lions and tigers scheduled to undergo examinations for a known dental disease (n = 8) or other medically necessary procedures (n = 26), which required the induction of anesthesia, were examined. None of the animals were exclusively anesthetized for this study.

### *Examination Procedure*

Anamnesis and adsppection were performed while the animal was awake, and oral cavity examination was carried out under anesthesia. Anesthesia was induced and monitored by an exotic animal anesthesiologist. The mode of anesthesia depended on the planned procedure. For minor medical



interventions, such as blood sampling, the animals received an injection of a short-acting anesthetic agent, and for major interventions or planned dental treatments, such as endodontic procedures, inhalation anesthesia was used.

The stomatological examination was based on a previously described standardized procedure.<sup>39</sup> Subsequently, intraoral dental radiographs were obtained. The aim was to obtain detailed radiographs of high diagnostic value while keeping the radiation exposure as low as possible for the animals. If the duration of anesthesia and working conditions permitted, all the teeth were radiographed. If the animals awoke from anesthesia early, the radiographic examination had to be stopped, and not all the teeth could be radiographed. The findings in every patient were recorded on dental charting sheets.

#### *Technical Equipment*

For dental radiography, the computed radiography (CR) technique involving the use of PSP plates<sup>a</sup>, developed for intraoral dental radiography in horses was used. The PSP plates were covered with black disposable plastic sleeves<sup>b</sup> to protect them from unwanted exposure and contamination. In addition, film holders were used to protect them from damage and facilitate their positioning in the oral cavity<sup>c</sup>. The dental plates were exposed using a veterinary mobile standard x-ray unit<sup>d</sup>. The distance between the dental plate and radiation source was 60 cm. Depending on the size and weight of the patient, the dental plate was exposed using 50 to 60 KV and 2.5 to 3.2 mAs (Table 2) and was read on-site with a mobile scanning device<sup>e</sup>. Two readout modes are available in this scanner: a dental mode with a laser dot measuring 12.5  $\mu\text{m}$  and a normal mode with a laser dot measuring 50  $\mu\text{m}$ . In the normal mode, imaging plates can be read four times faster but with four times lower resolution. The time from scanning the plate to displaying the finished image on the screen is approximately 20 (normal mode) to 85 (dental mode) seconds. In the present study, the dental mode was used to obtain the most detailed resolution and

optimal reporting quality possible. The radiographs were processed with the VetExam plus software<sup>f</sup>.

**Table 2.** Radiographic Exposure Factors (KV and mAs) Based on Age and Estimated Weight.

Age and estimated weight	KV	mAs
< 1 year and < 80 kg	50	2.5–3.2
1–2 years and 100–120 kg	52–56	3.2
> 2 years and > 120 kg	56–60	3.2

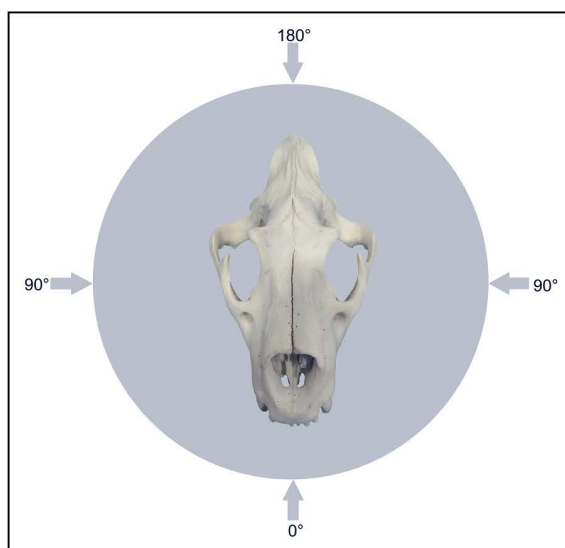
Abbreviations: KV - kilovoltage; mAs - milliampere-seconds

### *Fundamentals of the Radiography Procedure*

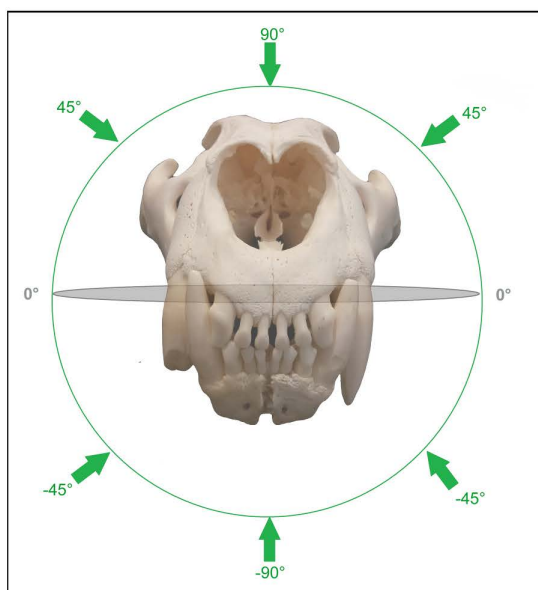
According to the technique described for intraoral dental radiography in domestic cats,<sup>3,17</sup> radiographs of big cat dentition were captured using both the parallel technique and bisecting angle technique with a distance of 60 cm between the radiation source and tooth. In the parallel technique, the dental imaging plate was inserted parallel to the longitudinal axis of the tooth, and the central beam was directed perpendicular to the plate. This technique is used in domestic cats for imaging the mandibular third and fourth premolars and first molar.<sup>17</sup> In the bisecting angle technique, the dental imaging plate was placed as parallel as possible to the tooth. The angle between the tooth and plate was measured and bisected, and the central beam was directed perpendicular to this angle to acquire an accurate representation of the tooth.<sup>3,17,18,40,41</sup>

A model developed for intraoral dental radiography in horses<sup>42</sup> was used to precisely describe the direction of the central beam. For this purpose, the skull was pictured within an imaginary sphere with the equatorial plane lying between the upper and lower jaws parallel to the plane of the hard palate. Thus, the maxilla lies in the upper hemisphere (northern hemisphere) and the

mandible lies in the lower one (southern hemisphere). The tooth to be radiographed is always at the center of the imaginary sphere. The first coordinate describes the orientation on the equatorial plane, with  $0^\circ$  corresponding to the orientation directly from the rostral position and  $180^\circ$  corresponding to the orientation directly from caudal position. A laterolateral orientation corresponds to  $90^\circ$  toward the right or left (Figure 1).



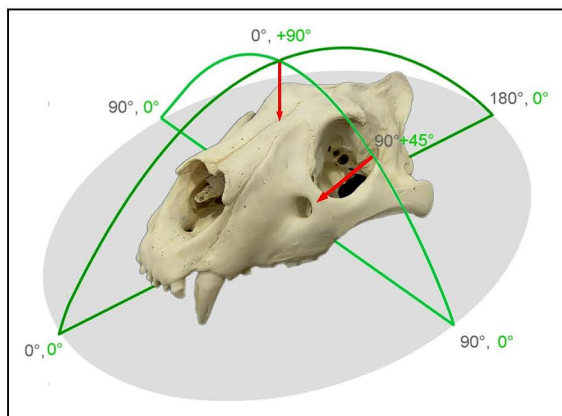
**Figure 1.** Tiger skull. The angles (grey arrows) on the equator depict the first direction of the central beam at the equatorial level (grey circular plane) according to Stoll's hemisphere model.<sup>42</sup>



**Figure 2.** Tiger skull. The angles of the second coordinate (green arrows) in relation to the equatorial plane (grey plane) according to Stoll's hemisphere model.<sup>42</sup>

The second coordinate describes the movement of the x-ray PID (position indicating device, also known as the cone) along the longitude of the imaginary globe. It indicates the angle of the beam toward the equatorial level. If the movement along the longitude is  $90^\circ$  upwards, the projection is straight dorsoventrally, as indicated by the  $+90^\circ$  coordinate (North Pole). A straight ventrodorsal projection with a downward movement along the  $90^\circ$  longitude is indicated by  $-90^\circ$  (South Pole). Thus, if the central beam comes from the dorsal position, the numbers are positive and range between  $+1^\circ$  and  $+90^\circ$ . If the central beam comes from the ventral position, the numbers are negative and range between  $-1^\circ$  and  $-90^\circ$  (Figure 2).<sup>42</sup> The coordinates of the hemisphere model were used to precisely align the central beam with the dental segment to be radiographed (Figure 3). The dental mode was used for

scanning the images. After scanning, the images were post-processed with a preset filter in the software to adjust and improve brightness, sharpness, and contrast. A filter with bone accentuation for the evaluation of the joints in horses is preset in the software.



**Figure 3.** Tiger skull and maxilla. Schematic diagram for finding both coordinates. The first coordinate (grey), second coordinate (green), and exemplary depiction with both coordinates for the alignment of the central beam (red arrows), according to Stoll's hemisphere model.<sup>42</sup>

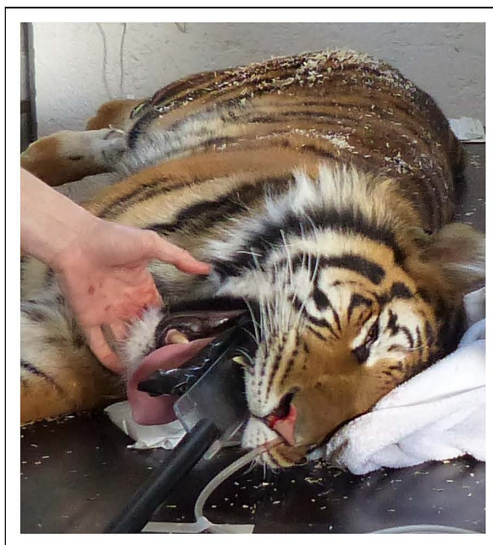
## Results

Radiographs of the maxillary incisors and canines were obtained in ventral recumbency. To visualize the maxillary canine roots completely without superimposition, two radiographs had to be captured, one for the right and one for the left maxillary canine. The imaging plate was inserted intraorally lengthwise in the horizontal plane. It touched the crown tips of the maxillary canine and premolars and was inserted into the oral cavity approximately up to the level of the maxillary fourth premolar (Figure 4). The radiographs were captured using the half-angle technique from a slightly oblique rostral

direction (according to the hemisphere model,  $20^{\circ}/45^{\circ}$ ). If the animal was required to be positioned in lateral recumbency for further examinations or interventions, radiographs of the maxillary canines could also be captured in lateral recumbency with the affected side up (Figure 5). The crowns and the roots of the maxillary canines, which are located dorsal to the maxillary second and third premolars, were completely visualized in these exposures (Figure 6). Radiographs of the maxillary premolars and molar were also obtained in ventral recumbency. The dental imaging plate was placed into the oral cavity as deeply and horizontally as possible such that it touched the palate, crown tips of the maxillary premolars, and mucosa of the angle of the jaw on the affected side. In big cats, an image of the premolar and molar teeth on one side can be captured on one dental imaging plate using the bisecting angle technique if the central beam is aligned with the mesial root of the maxillary fourth premolar (according to the hemisphere model,  $45^{\circ}/45^{\circ}$ ) (Figure 7).



**Figure 4.** Radiography of the right maxillary canine (104) in a tiger skull using the bisecting angle technique. The dental imaging plate is positioned inside the oral cavity. The red bar represents the central beam.



**Figure 5.** Tiger under general anesthesia in lateral recumbency. Preparation for radiography of the right maxillary canine (104). The dental imaging plate is covered by a black disposable plastic sleeve and placed into the oral cavity with a film holder.

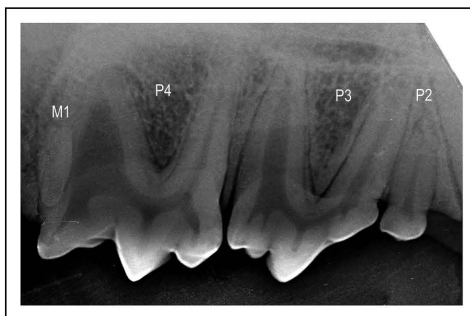
Radiographs of the mandibular incisors and canines were obtained in dorsal or lateral recumbency, depending on which patient position was required for possible further examinations, using the bisecting angle technique. The dental imaging plate was placed horizontally in the oral cavity and touched the crown tips of the mandibular canines and premolars. To obtain a complete image of the canine tooth, the apex of which is located approximately at the level of the mandibular third premolar (Figure 8), the dental imaging plate had to be positioned lengthwise inside the oral cavity. The central beam was directed at a  $45^\circ$  angle from the rostral position ( $0^\circ$ /- $45^\circ$ , according to the hemisphere model).

Radiographs of the mandibular premolars and molar were captured using the parallel technique, and both the dorsal and lateral recumbency positions were appropriate. The dental imaging plate was placed as ventrally as possible between the tongue and mandible on the affected side, parallel to the tooth axis of the premolars and molar, and was inclined ventrally towards the angulus mandibulae. The central beam was directed at the mandibular bifurcation of the fourth premolar from the lateral aspect ( $90^{\circ}/-10^{\circ}$ , according to the hemisphere model). With this technique, the mandibular premolars and molar on one side could be visualized on one single dental imaging plate (Figure 9). The coordinates of the seven standard intraoral dental radiographs are shown in Table 3.



**Figure 6.** Dental radiograph of the maxillary canine (104) and incisors in a female lion aged 1.5 years. Canine tooth shows an open apex (white arrow).

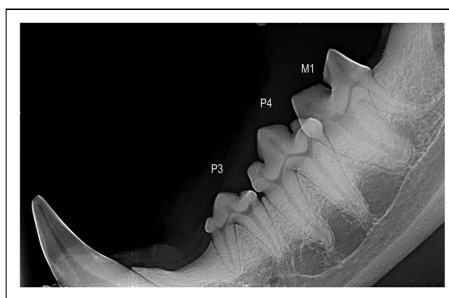




**Figure 7.** Dental radiograph of the maxillary premolars (P2/106, P3/107, P4/108) and molar (M1/109) in a female lion aged 2.5 years.



**Figure 8.** Dental radiograph of the mandibular canines (304/404) and incisors in a female lion aged 2 years. Canine teeth show an open apex (arrows).



**Figure 9.** Dental radiograph of the left mandibular premolars (P3/307, P4/308) and molar (M1/309) in a female lion aged 3 years.

In 15 big cats, full-mouth radiographs were obtained. In 19 big cats, radiographs of particular sections of the dentition, in which abnormalities were found during the examination of the oral cavity under anesthesia, were acquired. The present study demonstrates that all the teeth in the dentition of big cats can be completely visualized through the described intraoral dental radiography technique involving the use of equine dental plates for intraoral dental imaging and a modified version of the hemisphere model published previously.<sup>42</sup> The positions of the patient and of the dental imaging plates chosen in this study produced appropriate results. The 60 cm distance between the radiation source and imaging plate was well chosen and it was possible to describe the beam path precisely using two coordinates (Table 3). Scanning in the dental mode produced detailed, high-resolution images, which ensured the optimal visualization of all tooth parts and surrounding bony structures. Using a preset filter in the software, which is otherwise used for the evaluation of the joints in horses, the brightness, sharpness, and contrast of the images was improved, which enabled a better evaluation of the images.

**Table 3.** Coordinates Used for Standard Intraoral Dental Radiographs in Big Cats According to Stoll's Hemisphere Model.<sup>42</sup>

Teeth to be radiographed	Coordinates
Right/left maxillary incisors and canine	20°/45° right/left
Right/left maxillary premolars and molar	45°/45° right/left
Mandibular incisors and canines	0°/-45°
Right/left mandibular premolars and molar	90°/-10° right/left

## Discussion

In recent years, dentistry has become increasingly important in the healthcare of captured exotic animals. Animal welfare and species conservation are important reasons for dental care.<sup>5-7,10,12,13</sup> Available literature provides clear evidence that big cats and other wild animals often develop dental diseases and suffer from similar dental disease patterns to domestic cats.<sup>5-10,12,13,21-37</sup>

The prevalence of dental diseases in domestic cats is up to 70%, depending on the age of the population studied.<sup>14,15,19,20</sup> One study had already recognized the relevance of dental diseases in exotic animals in the 1970s and that these diseases could not be diagnosed without an adequate examination and radiography.<sup>33</sup> The present study aimed to develop a standardized procedure for intraoral dental radiography using dental imaging plates for dental evaluation in big cats. In domestic cat dentistry, full-mouth radiographs are considered to be the gold standard.<sup>3,17</sup> Such a standard does not yet exist for big cats. The complete visualization of the dentition in big cats was achieved in the present study with seven intraoral radiographs obtained using larger dental imaging plates normally used for intraoral radiography in horses and which can be exposed with a mobile standard x-ray unit. Patient positioning and intraoral positioning of the imaging plates were similar to that used in the standard technique for domestic cats.<sup>3,17</sup> A modification of previously published model<sup>42</sup> allowed for the correct alignment of the central beam through two coordinates and was an important tool for the rapid generation of high-quality dental radiographs. Although horses and big cats differ

significantly in skull and tooth anatomy, the principle of the hemisphere model could be applied effectively in big cats. However, it was necessary to develop appropriate coordinates for the big cat dentition based on the standard intraoral dental radiography techniques used in domestic cats.<sup>3,17</sup>

There are two types of techniques for capturing intraoral radiographs in small animals: the CR technique with dental imaging plates of different sizes (S0, 2 × 3 cm; S1, 2 × 4 cm; S2, 3 × 4 cm; S3, 2.7 × 5.4 cm; S4, 5.7 × 7.5 cm; S5, 5.7 × 9.4 cm) and digital radiography with sensors reaching up to S2 (3 × 4 cm) at the maximum, in which radiographs are exposed using a dental x-ray unit.<sup>3,17</sup> In big cats, sensors of sufficient size are not yet available. Even the largest dental imaging plate that is currently available in small animal dentistry (S5, 5.7 × 9.4 cm) is too small to capture images of all the larger teeth, such as the canines, maxillary fourth premolars, and mandibular first molars of big cats on one single plate.<sup>5</sup> In addition, when using small animal imaging plates, a larger number of dental radiographs would be required for visualizing all the teeth of big cats, which would not only take longer but would also significantly increase the radiation dose for the animal. Although radiograph cassettes are available in larger formats, their use only allows for the capture of overview images,<sup>5</sup> which are unsuitable for diagnosing dental and periodontal diseases.<sup>1</sup> Intraoral positioning and avoiding superimposition are barely feasible with cassettes; thus, they do not allow for an exact assessment of individual teeth and fine structures.<sup>5</sup>

Advantages of CR technology, apart from the availability of portable devices, are short development time and saving of consumables.<sup>3,17</sup> Digital radiography enables an immediate evaluation of the images on site, guarantees a fast and efficient diagnosis, and aids in therapy planning and control.<sup>43</sup> In addition, digital images can be enlarged, post-processed, and archived, as well as easily shared with other users.<sup>3,17,44</sup> As demonstrated in the present study, dental imaging plates for horses, which can be exposed using a standard veterinary mobile x-ray unit, are also suitable for use in big cats. Therefore, a special

dental x-ray unit is not necessary. This has several advantages, not the least of which is that it reduces the high acquisition cost of digital dental x-ray equipment.<sup>3</sup> Further, thanks to the slim shape of the dental imaging plates for horses, proper positioning in the oral cavity was also possible when the big cats were intubated.

To our knowledge, there are currently only two scientific publications on dental radiography in big cats.<sup>7,24</sup> In one study, radiographs of 73 macerated skulls of wild cats from Namibia were systematically obtained using sensor technology.<sup>24</sup> The radiography technique used was not described further in this study. The study subjects were Pantherinae (big cats, such as leopards and lions) and Felinae (cheetahs, caracals, and African wild cats) of different ages. The teeth exhibited various pathological changes, such as tooth fractures in 21.9% and tooth resorption in 16% of the skulls that were examined,<sup>24</sup> which confirms the frequency of dental diseases and relevance of dental radiographs in wild felids. The other study examined the dental health of 15 captured jaguars both clinically and radiographically.<sup>7</sup> Either full-mouth radiographs or single intraoral dental radiographs were obtained. The radiographic technique was not described in this study; nevertheless, the dental radiographs proved to be a valuable diagnostic tool in this case as well. There are currently no studies in which the technique for intraoral dental radiography in Pantherinae or big cats has been described. In three studies on lynxes and pumas, which belong to the Felinae family, macerated skulls were examined, and radiographs were captured.<sup>25-28</sup> Ten dental radiographs were obtained per skull using a portable dental x-ray unit and intraoral dental imaging plates (sizes S2, 3 × 4 cm and S4, 5.7 × 7.5 cm)<sup>25,26</sup> or a sensor<sup>27,28</sup> in the parallel and bisecting angle techniques. In all of these studies, a variety of pathological changes were found in the teeth.<sup>25-28</sup> The most frequent pathological findings were abrasion, periodontitis, tooth fractures, and tooth resorption.<sup>25-28</sup> The radiographic procedure used by previous authors<sup>25-28</sup> where ten standard images are acquired on imaging plates or sensors used in small animal

medicine is not applicable in big cats because of the significantly larger dentoalveolar structures compared to those of lynxes and pumas.<sup>5</sup> For reasons such as limited radiation exposure and, above all, saving time, the radiography technique developed in the present study, which enabled the visualization of the entire dentition of big cats on seven diagnostically significant dental radiographs, is preferable to techniques requiring the acquisition of ten standard radiographs.

It is considered proven that many dental and periodontal problems remain undetected or that their extent cannot be adequately assessed without dental radiography.<sup>7,12,14,16,45-47</sup> Similar to small animal dentistry, intraoral dental radiographs are indispensable for diagnosis and therapy planning and control in dental diseases in big cats. This is because several diseases, such as those of the endodontium and periodontium, and several conditions, such as tooth resorption, root remnants, and jaw fractures, can often only be diagnosed radiologically or important additional information can only be obtained through acquisition of radiographs.<sup>2,5,8,14,16,24-28,38,41,43,46</sup> Dental treatment without dental radiology, an essential diagnostic tool in modern veterinary dentistry, is now considered to be malpractice by some authors.<sup>1,3,15,38</sup> Full-mouth radiographs are of great clinical relevance in domestic cats.<sup>14</sup> One study found unexpected pathological changes, such as tooth resorption, by performing full-mouth radiography in 4.8% of cats with no suspicious findings on clinical examination.<sup>14</sup> Dental radiographs of teeth with clinical lesions yielded clinically important findings in 41.7% of cats.<sup>14</sup> In the present study, full-mouth radiographs were obtained in 15 of 34 animals. In 19 of 34 animals, not all the teeth could be radiographed due to unfavorable working conditions. In these animals, radiographs of only areas with clinical changes, such as tooth fractures, missing teeth, or changes in the oral soft tissues, which were identified during an oral examination conducted under general anesthesia, were captured. However, dental diseases may be missed if only parts of the dentition are radiographically examined.<sup>14</sup> Therefore, no statement

regarding pathological changes can be made for teeth that were not radiographed. This issue remains to be addressed and needs further investigation since the present study was focused on the standard technique of intraoral dental radiography.

For smaller procedures and general routine checks in big cats, which should always include an examination of the oral cavity,<sup>5,7,10,12</sup> an injection of a short-acting anesthetic agent is common.<sup>5</sup> The short duration of action limits the time available for the oral examination;<sup>5,12,13,48</sup> therefore, full-mouth radiographs are not often feasible. In addition, big cats usually have to be anesthetized and examined at the place where they are kept, which often leads to suboptimal working conditions.<sup>7,12,13,48</sup> If a big cat is anesthetized because of a known oral or dental disease, a location where the patient can be positioned appropriately and equipment that can be set up in a protected site with a power supply and within reach of the patient should be chosen.<sup>8,12,13</sup> Anesthetic induction should be planned in such a way that it can be controlled, prolonged, and monitored in accordance with the necessary diagnostic and therapeutic measures,<sup>5</sup> which would then also allow for the complete radiographic examination of all the teeth to properly assess the periodontium, roots, and jawbones.

In this study, unfavorable working conditions, especially a short duration of anesthesia, were limiting factors that prevented the capture of full-mouth radiographs. An injection of a short-acting anesthetic agent does not often allow complete dental radiography examination before the animal awakens from anesthesia, whereas inhalation anesthesia allows the capture of full-mouth radiographs even while other medical interventions are being performed, due to the controllability of anesthesia depth and duration.

The quality of veterinary dental work in big cats should be based on the high standards of domestic cat dentistry and should always include a radiographic examination of the dentition.<sup>7,12</sup> Therefore, the performance of full-mouth

radiography should always be prioritized.<sup>7,14</sup> If short-term anesthesia does not allow for the acquisition of full-mouth radiographs, at least the areas that are found to be conspicuous during the oral examination should be radiographed to assess the extent of change and, if necessary, to allow planning of any further necessary treatments more effectively.<sup>7,12,46</sup> The least number of times that anesthesia is induced and interventions are performed is desirable for the welfare of the animals.<sup>12</sup> Ideally, examination, diagnosis, and therapy should be performed in one single session.<sup>12</sup> The duration of anesthesia can be shortened if, thanks to modern equipment and standard examination and imaging diagnostic procedures, a diagnosis can be made quickly, and treatment can be initiated immediately.<sup>12</sup>

Since dental diseases are among the most common diseases in captured big cats,<sup>21,30</sup> this condition should be prioritized. With the help of the technique developed in this study, high- quality intraoral dental radiographs can be captured in big cats, and dental diseases can be diagnosed quickly and reliably.



**Materials**

- (a) Equine dental plates for intraoral dental imaging, VET DENT E1 6 × 18 cm, VET DENT E2 6 × 21 cm, VET DENT E3 6 × 22 cm, Dürr NDT, Bietigheim-Bissingen, Germany
- (b) Light protection sleeves LIPS 1024210, Dürr NDT, Bietigheim-Bissingen, Germany
- (c) VetDent E1, E2, and E3, Dürr NDT, Bietigheim-Bissingen, Germany
- (d) EXR 1040 VET, Dürr NDT, Bietigheim-Bissingen, Germany
- (e) CR35 VETwin, Dürr NDT, Bietigheim-Bissingen, Germany
- (f) VetExam Plus software, Dürr NDT, Bietigheim-Bissingen, Germany

**Acknowledgements**

This paper is dedicated to Peter Fahrenkrug who was a co-author of the study but unfortunately passed away on August 30, 2019. We have lost an esteemed colleague and a good friend whom we sorely miss.

**Declaration of Conflicting Interests**

The author(s) declared no potential conflicts of interest with respect to the research, authorship, and/or publication of this article.

**Funding**

The author(s) received no financial support for the research, authorship, and/or publication of this article.

### Author Contributions

EK, PS, PF: Study conception and design; EK, PS, CL: Data collection; EK: Analysis and interpretation of results; EK, AM-L: Draft manuscript preparation. All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

### ORCID iD

Eva Kopp  <https://orcid.org/0000-0003-0385-6982>

### References

1. Holmstrom SE, Bellows J, Juriga S, et al. 2013 AAHA dental care guidelines for dogs and cats. *J Am Anim Hosp Assoc.* 2013;49(2):75-82.
2. Woodward TM. Dental radiology. *Top Companion Anim Med.* 2009;24(1):20-36.
3. Niemiec BA. Feline dental radiography and radiology: a primer. *J Feline Med Surg.* 2014;16(11):887-899.
4. Eickhoff M. Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde bei Klein- und Heimtieren. Enke; 2005.
5. Wiggs RB, Bloom BC. Exotic placental carnivore dentistry. *Vet Clin North Am Exot Anim Pract.* 2003;6(3):571-599.
6. Whitten C, Vogelnest L, D'Arcy R, Thomson P, Phalen D. A retrospective study of reported disorders of the oral cavity in large felids in Australian zoos. *J Zoo Wildl Med.* Mar 1 2019;50(1):16-22. doi:10.1638/2016-0170
7. Schneider LA, Jimenez IA, Crouch EEV, et al. Dental diseases and other oral pathologies of captive jaguars (*Panthera onca*) from Belize,

- Central America. *J Zoo Wildl Med.* Jan 2021;51(4):856-867.  
doi:10.1638/2019-0222
8. Amand WB, Tinkelman CL. Oral disease in captive wild animals. In: Harvey CE, ed. *Veterinary dentistry.* WB Saunders; 1985:289-311.
  9. Hinshaw KC, Amand WB, Tinkelman CL. Preventive medicine. In: Kleiman DG, Allen ME, Thompson KV, Lumpkin S, eds. *Wild mammals in captivity: principles and techniques.* University of Chicago Press; 1996:14-24.
  10. Glatt SE, Francl KE, Scheels JL. A survey of current dental problems and treatments of zoo animals. *Int Zoo Yearb.* 2008;42(1):206-213.
  11. Fagan DA, Oosterhuis JE, Kirkman JE. A review of the expanding field of exotic animal oral health care - veterinary dentistry. *J Vet Dent.* 1998;15(3):117-128.
  12. Kertesz P. Dentistry. In: Bell CE, ed. *Encyclopedia of the world's zoos.* Fitzroy Dearborn Publishers; 2001:341-344.
  13. Fahrenkrug P, Mihaljevic SY. Zahnprobleme bei Großkatzen. In: *Proceedings of the 7th Annual Congress of the Deutsche Gesellschaft für Tierzahnheilkunde.* 2011.
  14. Verstraete FJ, Kass PH, Terpak CH. Diagnostic value of full-mouth radiography in cats. *Am J Vet Res.* 1998;59(6):692-695.
  15. Gorrel C. Tooth resorption in cats: pathophysiology and treatment options. *J Feline Med Surg.* 2015;17(1):37-43.
  16. DuPont GA. Radiographic evaluation and treatment of feline dental resorptive lesions. *Vet Clin North Am Small Anim Pract.* 2005;35(4):943-962.
  17. Mihaljevic SY. Zahnradiologie bei Hund und Katze. Schluetersche; 2010.
  18. Fahrenkrug P. Dentales Röntgen. In: *Proceedings of the 7th Annual Congress of the Deutsche Gesellschaft für Tierzahnheilkunde.* 2011.
  19. DuPont GA, DeBowes LJ. Comparison of periodontitis and root replacement in cat teeth with resorptive lesions. *J Vet Dent.*

- 2002;19(2):71-75.
20. Wiggs RB, Lobprise HB. Periodontology. In: Wiggs RB, Lobprise HB, eds. *Veterinary dentistry: principles and practice*. Lippincott-Raven; 1997:186-231.
  21. Norton BB, Tunseth D, Holder K, Briggs M LACH, Murray S. Causes of morbidity in captive African lions (*Panthera leo*) in North America, 2001-2016. *Zoo Biol*. Sep 2018;37(5):354-359. doi:10.1002/zoo.21435
  22. Verstraete FJ, van Aarde RJ, Nieuwoudt BA, Mauer E, Kass PH. The dental pathology of feral cats on Marion Island, part II: periodontitis, external odontoclastic resorption lesions and mandibular thickening. *J Comp Pathol*. 1996;115(3):283-297.
  23. Verstraete FJ, van Aarde RJ, Nieuwoudt BA, Mauer E, Kass PH. The dental pathology of feral cats on Marion Island, part I: congenital, developmental and traumatic abnormalities. *J Comp Pathol*. 1996;115(3):265-282.
  24. Roux P, Berger M, Stich H, Schawalder P. Oral examination and radiographic evaluation of the dentition in wild cats from Namibia. *J Vet Dent*. Spring 2009;26(1):16-22. doi:10.1177/089875640902600106
  25. Aghashani A, Kim AS, Kass PH, Verstraete FJ. Dental Pathology of the California Bobcat (*Lynx rufus californicus*). *J Comp Pathol*. 2016;154(4):329-340.
  26. Aghashani A, Kim AS, Kass PH, Verstraete FJM. Dental and Temporomandibular Joint Pathology of the California Mountain Lion (*Puma concolor cougar*). *J Comp Pathol*. Feb - Apr 2017;156(2-3):251-263. doi:10.1016/j.jcpa.2016.11.269
  27. Collados J, Garcia C, Rice CA. Dental Pathology of the Iberian Lynx (*Lynx pardinus*), Part I: congenital, Developmental, and Traumatic Abnormalities. *J Vet Dent*. Sep 2018;35(3):195-208. doi:10.1177/0898756418793578
  28. Collados J, Garcia C, Soltero-Rivera M, Rice CA. Dental Pathology of the Iberian Lynx (*Lynx pardinus*), Part II: periodontal Disease,

- Tooth Resorption, and Oral Neoplasia. *J Vet Dent*. Sep 2018;35(3):209-216. doi:10.1177/0898756418794022
29. Kertesz P. Dental diseases and their treatment in captive wild animals. In: *A colour atlas of veterinary dentistry and oral surgery*. Wolfe Publishing; 1993:215-281.
  30. Hope K, Deem SL. Retrospective study of morbidity and mortality of captive jaguars (*Panthera onca*) in North America: 1982-2002. *Zoo Biology*: Published in Affiliation with the American Zoo and Aquarium Association. 2006;25(6):501-512.
  31. Haberstroh LI, Ullrey DE, Sikarski JG, Richter NA, Colmery BH, Myers TD. Diet and oral health in captive Amur tigers (*Panthera tigris altaica*). *J Zoo Anim Med*. 1984;15(4):142-146.
  32. Colyer F. Variations and diseases of the teeth of animals. John Bale, Sons & Danielsson; 1936.
  33. Robinson PT. A literature review of dental pathology and aging by dental means in nondomestic animals: part II. *J Zoo Anim Med*. 1979;10(3):81-91.
  34. Ciobotaru E, Soare T, Dinescu G, Constantinescu C, Militaru M. Valvular and parietal endocarditis in a Bengal tiger. *J Comp Pathol*. 2010;143(4):345.
  35. Levin J. Tooth resorption in a Siberian tiger. *Proceedings of the 10th Annual Veterinary Dental Forum*. 1996:212-214.
  36. Gioso MA. Prevalence of oral lesions in *Puma concolor* and *Panthera onca* in the state of Sao Paulo. *Proceedings of the 15th Annual Veterinary Dental Forum*. 2001:200.
  37. Berger M, Schawalder P, Stich H, Lussi A. Feline dental resorptive lesions in captive and wild leopards and lions. *J Vet Dent*. 1996;13(1):13-21.
  38. Bellows J, Fahrenkrug P. *Dentale Röntgentechnik*. Pharmacia & Upjohn; 2001.
  39. Fahrenkrug P. *Der stomatologische Untersuchungsgang bei Hund und*

- Katze. Upjohn; 1993.
40. Emily P. Intraoral radiology. *Vet Clin North Am Small Anim Pract.* 1986;16(5):801-816.
  41. Shipp AD, Fahrenkrug P. Practitioner's guide to veterinary dentistry. Dr. Shipp's Laboratories; 1992.
  42. Stoll M, Ros K, Vogt C, et al. The hemisphere model - A new description of directions for head radiographs in the horse. *Pferdeheilkunde.* 2011;27(2):115-118.
  43. Niemiec BA. Case based dental radiology. *Top Companion Anim Med.* Feb 2009;24(1):4-19. doi:10.1053/j.tcam.2008.12.001
  44. Rowlands JA. The physics of computed radiography. *Phys Med Biol.* 2002;47(23):R123-R166.
  45. Gengler W , Dubielzig R, Ramer J. Physical examination and radiographic analysis to detect dental and mandibular bone resorption in cats: a study of 81 cases from necropsy. *J Vet Dent.* 1995;12(3):97-100.
  46. Lemmons M. Clinical feline dental radiography. *Vet Clin North Am Small Anim Pract.* May 2013;43(3):533-554. doi:10.1016/j.cvsm.2013.02.003
  47. Mihaljevic SY, Kernmaier A, Mertens-Jentsch S. Radiographic changes associated with tooth resorption type 2 in cats. *J Vet Dent.* 2012;29(1):20-26.
  48. Kortegaard HE, Qvist J, Nielsen CG, Eriksen T. Endodontic treatment of a tiger. *J Vet Dent.* 2003;20(3):149-153.



**IV. PUBLIKATION II**

Eingereicht am 10. Oktober 2021 beim Journal of Veterinary Dentistry,  
akzeptiert zur Veröffentlichung am 22. Januar 2022.

**Evaluation of dental and oral pathologies of 36 captive lions (*Panthera leo*) and tigers (*Panthera tigris*)**

**Eva Kopp<sup>1</sup>, Peter Stelzer<sup>2</sup>, Christine Lendl<sup>2</sup>, Andrea Meyer-Lindenberg<sup>3</sup>,  
Peter Fahrenkrug<sup>†</sup>**

<sup>1</sup>Korbinianstr. 27, 82515 Wolfratshausen, Bavaria, Germany

<sup>2</sup>Private practice, Berg, Bavaria, Germany

<sup>3</sup>Clinic for Small Animal Surgery and Reproduction, Centre of Clinical  
Veterinary Medicine, Faculty of Veterinary Medicine, Ludwig-Maximilians-  
Universität München, Munich, Germany


<sup>†</sup>Deceased



Original Study

Journal of Veterinary Dentistry  
1-15  
© The Author(s) 2023  
Article reuse guidelines:  
sagepub.com/journals-permissions  
DOI: 10.1177/08987564231159805  
journals.sagepub.com/home/jov  


## Evaluation of Dental and Oral Pathologies of 36 Captive Lions (*Panthera leo*) and Tigers (*Panthera tigris*)

Eva Kopp, DVM<sup>1</sup> , Peter Stelzer, DVM<sup>2</sup>, Christine Lendl, DVM<sup>2</sup>, Andrea Meyer-Lindenberg, DVM<sup>3</sup>, and Peter Fahrenkrug, DVM<sup>3,†</sup>

### Abstract

The documented increase in the occurrence of dental diseases in captive big cats over the past decades has necessitated the need to target dental medical research accordingly. The aim of this study was the systematic evaluation of dental and oral pathologies of lions and tigers which included intraoral dental radiography. Thirty-six animals of both sexes, ranging in age from nine months to 18 years, predominantly in circus husbandry, served as the basis of the present study, and their dental health status was investigated. The preliminary report and history, adsection of the awake animal, and examination under anesthesia provided important information. Eight animals were specifically presented for oral examination because of known dental disease. The remaining 28 animals were anesthetized for other medically necessary procedures, and each animal's oral and dental health status was also evaluated while under anesthesia. In the 28 animals that underwent routine oral cavity examination, pathological changes that had not previously been noticed were found in two-thirds of the animals (19/28). One-quarter of all the animals (9/36) had no abnormal oral cavity findings. Dentoalveolar trauma such as tooth fractures and abrasion (24/36) were diagnosed most frequently. The results highlight the importance of regular oral examinations in big cats. Furthermore, the results suggest that there is a relationship between husbandry conditions and the incidence of dentoalveolar trauma in captive big cats.

### Keywords

big cats, *Panthera leo*, *Panthera tigris*, teeth, dental disease, oral cavity

### Introduction

With advancements in veterinary medicine, veterinary dentistry is gaining greater importance. With growing knowledge of the importance of dental health to overall health, quality of life, and longevity, and with the prevalence of dental disease in domestic animals, interest in dental disease in wild animals is increasing.<sup>1-8</sup> As a result, the number of dental procedures in big cats and other exotic animals is growing.<sup>2-5,9,10</sup> Previous studies have shown that the prevalence of dental disease in domestic cats is as high as 70%.<sup>11-13</sup> Case reports and studies on big cats and other wild felids indicate that wild felids are also frequently affected by dental disease and suffer from the same diseases as domestic cats.<sup>1,4-8,10,14-30</sup> To date, dental disease in big cats has been documented primarily through case reports on captive animals.<sup>22,23,31-33</sup> Large studies of dental disease in captive big cats are uncommon.<sup>6-8,21,29</sup> Studies with larger numbers of cases that examine macerated skulls exist for other wild felids, such as lynxes, cougars, cheetahs, and wild cats.<sup>16,27,28,34-37</sup>

In captive big cats, dental disease is one of the most common disorders,<sup>6,21,29</sup> with dental fractures being the most commonly reported.<sup>7,8,21,29</sup> Other dental diseases, such as calculus and periodontal disease, have also been described.<sup>6-8,21,29</sup> Feeding

practices, housing conditions, and stress have been held primarily responsible for the pathogenesis of dental disease in captive wild felids, regardless of species.<sup>1,4-9,17,19,20</sup>

In big cats, oral disease usually remains undetected for a long time and often leads to symptoms such as salivation, food intake difficulties, inappetence, and weight loss only at an advanced stage.<sup>10</sup> The impact of unrecognized dental disease on animal health and behavior is far reaching. Dental disease causes pain in animals, affects their entire being,<sup>1,3,17,22</sup> and can even lead to death.<sup>3,22</sup>

Lions and tigers belong to the zoological genus of big cats (*Panthera*). They have the same dental formula as domestic

<sup>1</sup>Practical Veterinarian, Wolfrahtshausen, Bavaria, Germany

<sup>2</sup>Private Practice, Berg, Bavaria, Germany

<sup>3</sup>Clinic for Small Animal Surgery and Reproduction, Centre of Clinical Veterinary Medicine, Faculty of Veterinary Medicine, Ludwig-Maximilians-Universität München, Munich, Germany

<sup>†</sup>Deceased.

### Corresponding Author:

Eva Kopp, DVM, Korbinianstr. 27, 82515 Wolfrahtshausen, Bavaria, Germany.  
Email: eva.kopp@deinzahnarzt.de

Heruntergeladen von: Eva Kopp. Urheberrechtlich geschützt.

**Abstract**

The documented increase in the occurrence of dental diseases in captive big cats over the past decades has necessitated the need to target dental medical research accordingly. The aim of this study was the systematic evaluation of dental and oral pathologies of lions and tigers which included intraoral dental radiography. Thirty-six animals of both sexes, ranging in age from nine months to 18 years, predominantly in circus husbandry, served as the basis of the present study, and their dental health status was investigated. The preliminary report and history, adspection of the awake animal, and examination under anesthesia provided important information. Eight animals were specifically presented for oral examination because of known dental disease. The remaining 28 animals were anesthetized for other medically necessary procedures, and each animal's oral and dental health status was also evaluated while under anesthesia. In the 28 animals that underwent routine oral cavity examination, pathological changes that had not previously been noticed were found in two-thirds of the animals (19/28). One-quarter of all the animals (9/36) had no abnormal oral cavity findings. Dentoalveolar trauma such as tooth fractures and abrasion (24/36) were diagnosed most frequently. The results highlight the importance of regular oral examinations in big cats. Furthermore, the results suggest that there is a relationship between husbandry conditions and the incidence of dentoalveolar trauma in captive big cats.

**Keywords:** big cats, *Panthera leo*, *Panthera tigris*, teeth, dental disease, oral cavity

## Introduction

With advancements in veterinary medicine, veterinary dentistry is gaining greater importance. With growing knowledge of the importance of dental health to overall health, quality of life, and longevity, and with the prevalence of dental disease in domestic animals, interest in dental disease in wild animals is increasing.<sup>1-8</sup> As a result, the number of dental procedures in big cats and other exotic animals is growing.<sup>2-5,9,10</sup> Previous studies have shown that the prevalence of dental disease in domestic cats is as high as 70%.<sup>11-13</sup> Case reports and studies on big cats and other wild felids indicate that wild felids are also frequently affected by dental disease and suffer from the same diseases as domestic cats.<sup>1,4-8,10,14-30</sup> To date, dental disease in big cats has been documented primarily through case reports on captive animals.<sup>22,23,31-33</sup> Large studies of dental disease in captive big cats are uncommon.<sup>6-8,21,29</sup> Studies with larger numbers of cases that examine macerated skulls exist for other wild felids, such as lynxes, cougars, cheetahs, and wild cats.<sup>16,27,28,34-37</sup> In captive big cats, dental disease is one of the most common disorders,<sup>6,21,29</sup> with dental fractures being the most commonly reported.<sup>7,8,21,29</sup> Other dental diseases, such as calculus and periodontal disease, have also been described.<sup>6-8,21,29</sup> Feeding

practices, housing conditions, and stress have been held primarily responsible for the pathogenesis of dental disease in captive wild felids, regardless of species.<sup>1,4-9,17,19,20</sup>

In big cats, oral disease usually remains undetected for a long time and often leads to symptoms such as salivation, food intake difficulties, inappetence, and weight loss only at an advanced stage.<sup>10</sup> The impact of unrecognized dental disease on animal health and behavior is far reaching. Dental disease causes pain in animals, affects their entire being,<sup>1,3,17,22</sup> and can even lead to death.<sup>3,22</sup>

Lions and tigers belong to the zoological genus of big cats (*Panthera*). They have the same dental formula as domestic cats with 30 teeth in the adult dentition and 26 teeth in the deciduous dentition.<sup>4,18,38,39</sup> Exfoliation of

deciduous teeth in lions begins at about eight to nine months of age and an adult should have all permanent teeth erupted between 18 and 24 months of age;<sup>38,39</sup> however, no precise data exist for tigers.

Both dental anatomy and pathology of dental disease in big cats are comparable to that of domesticated cats,<sup>20</sup> the main difference being the structural size. When dealing with large felids, their size, weight, and safety risks present challenges for transport, handling, and use of medical equipment.<sup>3,4,10</sup> Therefore, two factors have a limiting effect on the examination and treatment of dental disease in large felids, namely, workplace conditions<sup>3,7,10,40</sup> and the need for and time factor of the anesthesia used.<sup>4,10,40</sup>

In most cases, animals are anesthetized and treated at the location where they are kept because their transport would be too dangerous or difficult due to body weight, and it would further prolong the duration of anesthesia. This often results in suboptimal working conditions during examination and treatment.<sup>3,7,10,40</sup> Another complicating factor is that therapeutic measures are difficult to plan in advance since most changes only become apparent when the oral cavity is examined under anesthesia.<sup>3,4,10</sup>

Examination of the oral cavity can be implemented simultaneously with other planned examinations so that the anesthetic phase can be optimally utilized.<sup>4,5,10,20,21</sup> To avoid repeated anesthesia, routine checks of the oral cavity should, at best, be scheduled so that the time frame, working conditions, and qualifications and equipment of the attending veterinarian also allow for immediate therapy when needed.<sup>9,20,40</sup> Since few studies on this topic exist to date, the objective of the present study was to systematically examine the oral cavity in a captive big cat population of lions and tigers in order to obtain information on the incidence of dental disease and on its causes.

## Material and Methods

### *Patient Population*

The oral cavities of 36 captive female and male big cats, *Panthera leo* (23/36) and *Panthera tigris* (13/36), ranging in age from nine months to 18 years were examined. The animals were divided into four age groups (Table 1). Information on signalment and husbandry is presented in Table 2. Eight big cats were anesthetized for diagnosis and treatment of known dental diseases (Group 1). The other 28 animals were anesthetized for other medically necessary procedures, and anesthesia was then also used for systematic examination of the teeth and oral cavity (Group 2). The collected findings were classified according to the criteria established by the American Veterinary Dental College (AVDC).<sup>41</sup>

**Table 1.** Age Classification.

Age group	Number of animals (n = 36)
Juveniles, 0-2 years	17
Adults, 3-7 years	7
Seniors, 8-18 years	6
Adults, age unknown	6

### *Examination Procedure*

The oral examination followed a standardized procedure.<sup>42</sup> Anamnesis, age, vaccination status, husbandry, training, feeding, behavior, weight loss, nasal discharge, salivation, bleeding, halitosis, previous diseases and treatments, as well

as obvious abnormalities, such as swelling in the area of the oral cavity, were recorded on a dental chart. All animals were identified by microchip.

**Table 2.** Signalment and Husbandry.

	Number of Animals
<i>Sex</i>	
Female	29
Male	7
<i>Husbandry</i>	
Circus	34
Animal park	2
Individual keeping	1
Group housing, 2-4 animals	35
<i>Training</i>	
Regular training	33
No training	3
<i>Feeding</i>	
Raw meat and bones	36
<i>Reason for anesthesia</i>	
Known dental disease	8
Other medically necessary procedures, additional examination of the oral cavity	28

During adspection of the awake animal, general condition such as grooming and nutritional status of the animal was assessed, and attention was paid to symmetry of anatomical structures, swellings, integrity of the skin, presence of wounds, fistula openings, nasal discharge, salivation, soiled fur, bleeding, and crown fractures.

Examination under anesthesia included microchip reading, assessment of mandibular lymph nodes, temporomandibular joints, masticatory muscles, occlusion, dental status, oral mucosa, gingiva, visible aspects of teeth, plaque and calculus, tooth discoloration and fractures, missing teeth, swelling, injury and signs of inflammation, measurement of gingival sulcus or pocket depth using a dental probe<sup>a</sup>, and intraoral dental radiography using a standard veterinary mobile radiographic unit<sup>b</sup> and equine dental radiographic plates<sup>c</sup>. Intraoral dental radiographs were obtained in 34 of the 36 big cats examined (Table 3) using a standard technique recently described for big cats.<sup>43</sup>

The findings of the clinical and radiographic examination were classified according to the guidelines of the AVDC<sup>41</sup> and documented on a dental chart. Tooth fractures were classified as enamel fractures, uncomplicated crown fractures without pulp exposure, complicated crown fractures with pulp exposure, and complicated crown-root fractures, as well as root fractures. Abrasion was defined as tooth wear caused by contact between a tooth and a nondental object.

**Table 3.** Radiographic Examination and Findings.

Radiographic examination	Number of animals (n = 36)
Full mouth radiographs	15
Targeted radiographs of areas with visible abnormalities	19
Examination of the oral cavity under anesthesia without radiography	2

## Results

### *Anamnesis*

In Group 1, dental disease had been discovered in five of the eight animals when the animal had previously been anesthetized, and therefore, further examination and treatment were being conducted. In two animals from Group 1, dental fractures had been noticed by the keepers when the animals had opened their mouths, such as during training or when yawning. In one lion that had previously undergone mandibular canine extraction, the keeper had noticed a poorer general condition, increased salivation, and frequent licking of the lip on the side of the extracted canine tooth.

In Group 2, to the best knowledge of the keepers, no symptoms of oral disease were present in any of the 28 animals. They were anesthetized for other medically necessary procedures, and an examination of the oral cavity was additionally performed under anesthesia. The history indicated dental disease

in an 18-year-old tiger that had received a short duration of anesthesia for blood testing to check known renal insufficiency, although the tiger's keepers blamed the known renal insufficiency for its symptoms. According to its owners, the tiger had been eating only chicken for years, had stopped chewing larger bones, and had lost weight, which could be classified as possible symptoms of dental disease. The tiger's oral cavity had not been examined before.

#### *Adspection of Awake Animals*

During adspection of awake animals, two of the 36 animals, one from each of the two groups, showed symptoms that could be related to oral disease. One lion from Group 1 with pre-reported increased salivation and licking of the lips also showed these symptoms at the time of the adspection. One animal from Group 2, an 18-year-old tiger with renal insufficiency, was noted to have poor nutritional status and a dull coat. The remaining 34 animals examined did not show any visible changes during awake adspection that would have indicated disease of the oral cavity or teeth.

#### *Examination Under Anesthesia*

Pathological changes, such as tooth fractures and abrasion, were found in all eight animals anesthetized for previously suspected dental disease. Pathologic changes were also found in 19 of the 28 animals from Group 2 whose oral cavities were routinely checked. Three of the 19 animals had soft tissue changes in the oral cavity area, and the remaining 16 animals had dental disease. Thus, in total, the examination of the oral cavity had no particular findings in only nine of the 36 big cats examined. An overview of the results of the anamnesis and examination is presented in Table 4.



**Table 4.** Proportion of Animals With Abnormal Findings During History Taking and Examination.

	Group 1 (n = 8)	Group 2 (n = 28)	Proportion of total population (n = 36)
No reported evidence of oral cavity disease	0/8	27/28	27/36
Adspection of awake animal unremarkable	7/8	27/28	34/36
No findings on oral examination	0/8	9/28	9/36
Findings on teeth	8/8	16/28	24/36
Findings on soft tissues of the oral cavity	0/8	3/28	3/36

**Table 5.** Frequency of Individual Diseases.

Diagnosis	Frequency		
	Total (n = 36)	Lions (n = 23)	Tigers (n = 13)
No findings	9	8	1
Abrasion and tooth fracture	24	12	12
Calculus	5	3	2
Missing teeth	3	0	3
Soft tissue lesions	2	2	0
Supernumerary roots	2	2	0
Tooth resorption	1	1	0
Peripheral odontogenic fibroma	1	1	0
Periodontal disease	1	0	1
Persistent deciduous tooth	1	1	0
Fistula after tooth extraction	1	1	0

**Table 6.** Age Distribution Related to Pathology.

Age group (Number)	No pathology present	Pathology present
Juveniles: 0-2 years (17)	9/17	8/17
Adults: 3-7 years (7)	0/7	7/7
Seniors: 8-18 years (6)	0/6	6/6
Adults: age unknown (6)	0/6	6/6

Overall, traumatic dental damage such as tooth fractures and abrasions was diagnosed most frequently in the big cat population studied. This was followed by calculus and missing teeth. Soft tissue injuries, supernumerary roots, tooth resorption (TR), tumors, periodontal disease, persistent deciduous teeth, and fistulas occurred only occasionally. The frequency of individual disease is presented in Table 5.

In the juvenile group of big cats aged <2 years (17/36), nine animals were free of abnormal findings during oral examination. In this group, injuries (2) and soft tissue proliferation (1), supernumerary roots (2), persistent deciduous teeth (1), enamel fractures (6), complicated crown fracture of a deciduous tooth (1), TR (1), and calculus (1) were found. All big cats older than two years at the time of examination (19) had pathological findings in the oral cavity (Table 6).

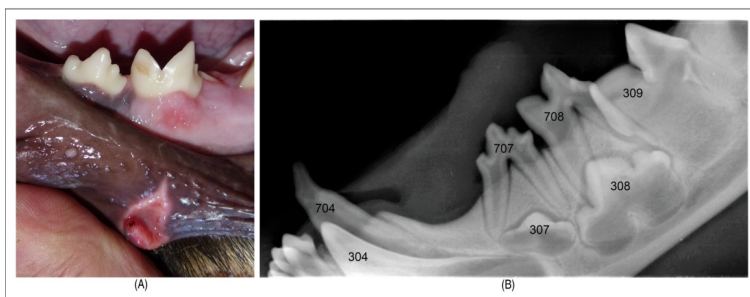
In adults aged 3 to 7 years, missing teeth (1), abrasions (2), enamel fractures (2), and complicated crown fractures/crown-root fractures (4) were found.

In seniors aged from 8 to 18 years, enamel fractures (3), uncomplicated crown fractures (1), complicated crown fractures (3), complicated root fractures (3), a fistula (1), calculus (1), and periodontitis (1) were found.

In the adult big cats whose exact age was not known, missing teeth (2), abrasions (1), enamel fractures (4), uncomplicated crown fractures (1), complicated crown fractures (4), complicated root fractures (1), and calculus (3) were found. Animals often had multiple findings.

#### *Soft Tissue Injuries*

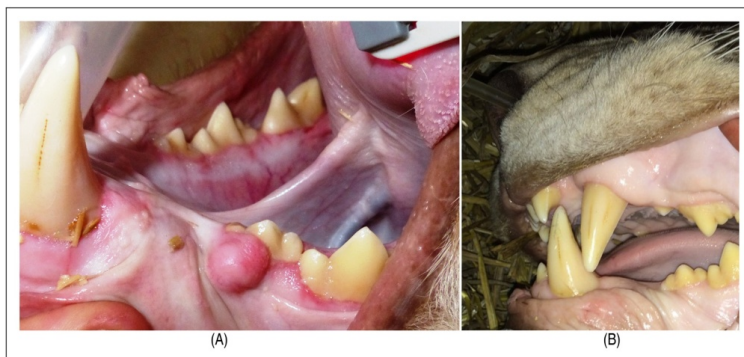
Two juvenile lions were found to have superficial soft tissue injuries with unknown cause on the lower lip and gingiva, respectively, during the examination while anesthetized (Figure 1A). Dental radiography was performed to rule out trauma to the adjacent mandible and teeth (Figure 1B).



**Figure 1.** Female lion, 1-year-old. (A) Gingival trauma adjacent to 708 and left lower lip. (B) Dental radiograph of corresponding area.

### *Peripheral Odontogenic Fibroma (POF)*

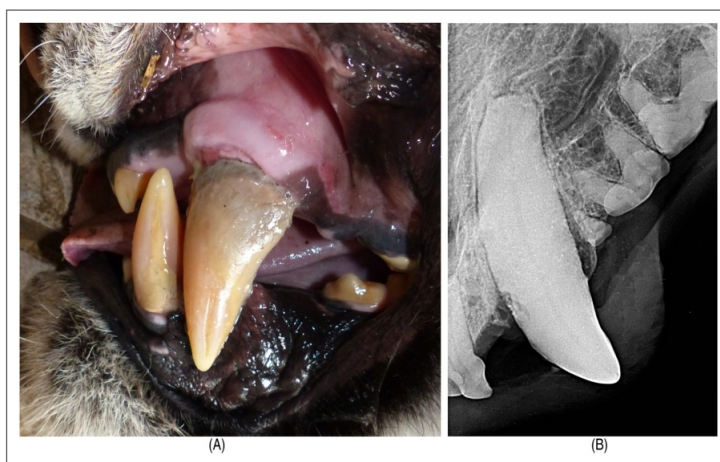
A 1½-year-old male lion from Group 2 was found to have an enlargement of the gingiva approximately 1 cm in diameter. The adjacent bone was normal on intraoral dental radiography. The enlarged tissue was surgically removed and histologically examined. It was a benign POF of periodontal ligament origin (Figure 2A), which does not metastasize. The risk of recurrence was considered to be low. An examination two months after surgery during anesthesia for treatment of an injury revealed a completely healed area without gingivitis (Figure 2B).



**Figure 2.** Male lion, 1.5-year-old. (A) Left mandibular gingival peripheral odontogenic fibroma. (B) Two months postoperatively.

### *Calculus*

Five big cats showed calculus formation, including one 2-year-old lion, three adult lions of unknown age, and an 18-year-old tiger. The 18-year-old tiger had low-grade calculus on the mandibular canines, moderate to high-grade calculus on the maxillary canines, maxillary and mandibular premolars and molars, with deposits several millimeters thick in some cases over the entire buccal crown surface. The maxillary molars were more severely affected than the mandibular molars. The calculus formation in the other four animals was minimal, with thin calculus deposits on the buccal surfaces of the maxillary premolar teeth.



**Figure 3.** Male tiger, 18-year-old. (A) Dental calculus, grade 3 to 4 periodontitis (PD 3 to 4) and grade 1 tooth mobility of left maxillary canine tooth (204). (B) Dental radiograph of 204.

### *Periodontitis*

The 18-year-old male tiger from Group 2 received a short duration anesthesia for blood sampling for the deterioration of his general condition and because of a known renal insufficiency. This anesthetic episode was additionally used to examine the oral cavity. In addition to calculus, grade 3 to 4 periodontitis of the maxillary left canine tooth (204) with grade 1 tooth mobility was found (Figure 3A and B). Since professional tooth cleaning and extraction of the maxillary canine could not be performed during the short anesthesia period, a corresponding procedure was planned for a later time. However, the animal had to be euthanized shortly thereafter due to renal insufficiency.

### *Supernumerary Roots*

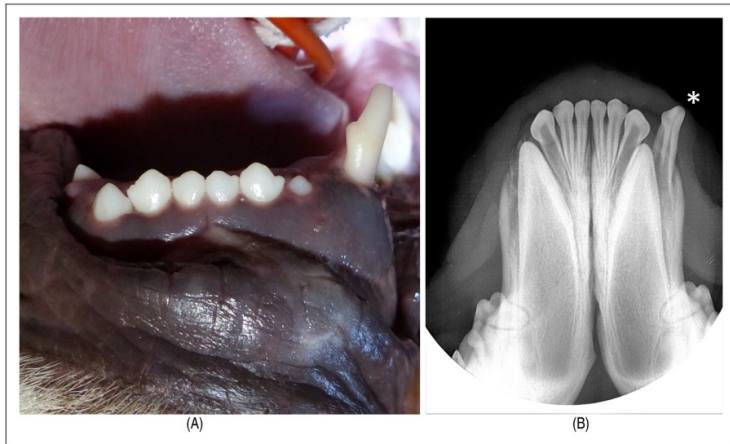
In two female lions, a supernumerary root was found adjacent to the left mandibular third premolar tooth (307) during routine radiographs, and the visible parts of the tooth did not show any abnormalities on adsppection of the oral cavity under anesthesia (Figure 4).



**Figure 4.** Female lion, 2-year-old. Dental radiograph of left mandibular third premolar tooth (307) with supernumerary tooth root (arrow).

#### *Persistent Deciduous Teeth*

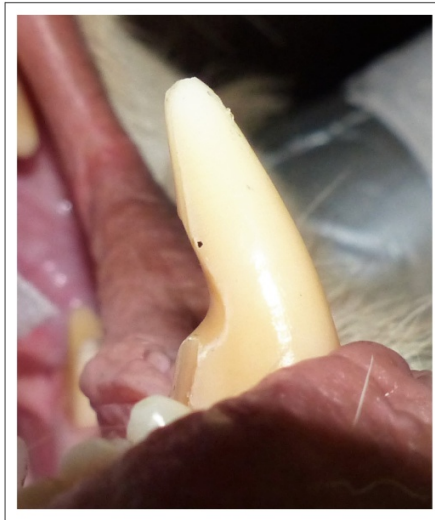
A lioness, approximately one-year-old, had a persistent deciduous canine in the left mandible (Figure 5A). Teeth 304 and 404 erupted a few millimeters, the deciduous right mandibular canine tooth (804) had already exfoliated, while the deciduous left mandibular canine tooth (704) showed no mobility. Radiographically, parts of the 704 root were still present (Figure 5B). Tooth 704 was extracted.



**Figure 5.** Female lion, 1-year-old. (A) Persistent deciduous left mandibular canine tooth (704). (B) Dental radiograph of 704 (asterisk).

#### *Tooth Trauma (Abrasion and Tooth Fractures)*

Twenty-four of the 36 (66.7%) big cats examined exhibited traumatic dental damage such as tooth fractures or abrasion. A total of 106 damaged teeth were found in 24 animals. Many animals had damage to multiple teeth (19/24). Approximately half of the lions (12/23) and almost all tigers (12/13) had traumatic tooth damage. Abrasion (ie, mechanical abrasion of tooth structure from non-dental objects)<sup>41</sup> was found in four individuals and on 27.4% (29/106) damaged teeth. Only incisor teeth (21/106) and canine teeth (8/106) were affected by abrasion (Figure 6). Since none of the animals showed malocclusion, which could have caused loss of tooth structure due to abnormal contact between teeth, it can be assumed that abrasion was due to contact with nondental structures. Enamel fractures occurred most frequently overall, in 15 individuals and on 44.3% (47/106) of the damaged teeth. Enamel fractures mainly affected the incisors. Uncomplicated crown fractures were found in two big cats, only on their



**Figure 6.** Female lion, 3-year-old. Lingual abrasion on the left mandibular canine tooth (304), presumably caused by grinding on cage bars.



**Figure 7.** Female tiger, 9-year-old. Complicated crown fracture of left mandibular canine tooth (304).

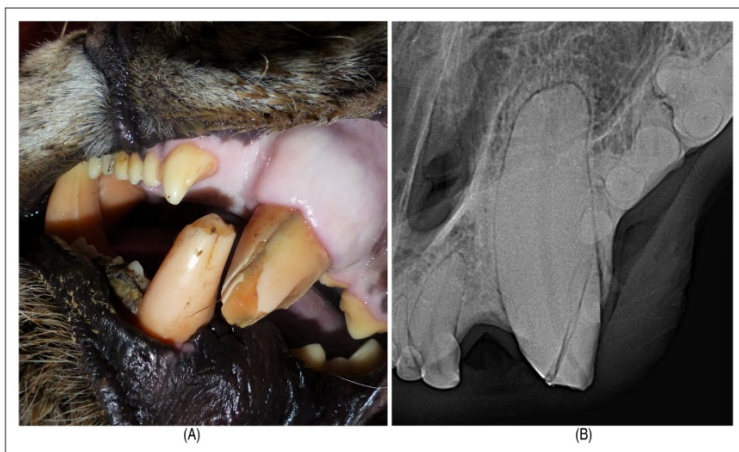


canine teeth and this amounted to two out of the total 106 damaged teeth. Intraoral dental radiography revealed apical osteolysis on one of these canine teeth. Complicated crown fractures and crown-root fractures were found in 12 big cats on 22.6% (24/106) of the damaged teeth (Figures 7, 8, 9A and B, 10A-C). Canines were the teeth most frequently affected by complicated crown fractures.

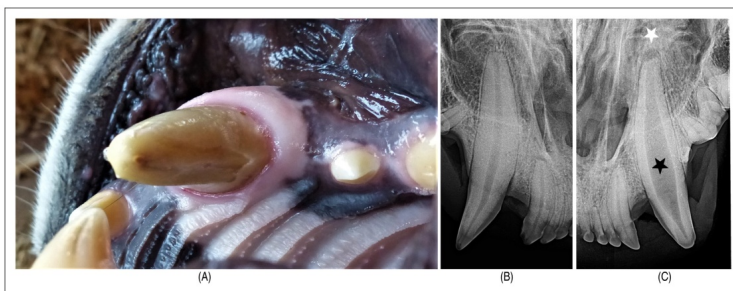
Overall, incisor teeth 57.6% (61/106) and canine teeth 32.1% (34/106) were most frequently fractured. Premolars were comparatively rarely affected 9.4% (10/106), and only one molar tooth 0.9% (1/106) was fractured. Except for one deciduous canine tooth, only permanent teeth were affected. A crown fracture of a deciduous left maxillary canine tooth (604) with pulp exposure and dark discoloration of the tooth was noted in a female lion approximately 1-year-old. The fractured deciduous tooth was extracted. At a follow-up examination with dental radiography approximately one year after extraction, the permanent canine was normal. An overview of the teeth affected by abrasion and fractures is presented in Table 7.



**Figure 8.** Female tiger, age unknown. Extraction of a left maxillary third incisor tooth (203) following complicated crown-root fracture.



**Figure 9.** Female tiger, 6-year-old. (A) Complicated crown-root fracture of left maxillary canine tooth (204) and complicated crown fracture of left mandibular canine tooth (304). (B) Dental radiograph of 204.



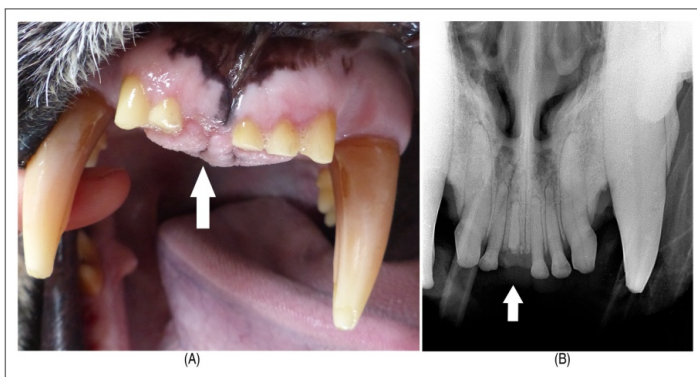
**Figure 10.** Female lion, age unknown. (A) Complicated crown fracture of left maxillary canine tooth (204). (B) Dental radiograph of a healthy right maxillary canine tooth (104) showing narrow pulp canal. (C) Dental radiograph of the fractured 204 showing periapical bone lysis (white asterisk) and wide pulp canal (black asterisk).

**Table 7.** Frequency of Tooth Abrasions and Fractures.

	Incisor teeth (n = 61)	Canine teeth (n = 34)	Premolar teeth (n = 10)	Molar teeth (n = 1)
Abrasion	21	8	0	0
Enamel fracture	31	12	4	0
Uncomplicated crown fracture	0	2	0	0
Complicated crown and crown-root fracture	5	12	6	1
Complicated root fracture	4	0	0	0

### *Missing Teeth*

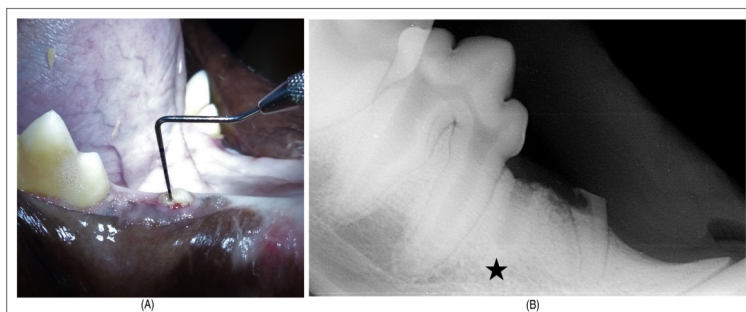
In seven big cats with permanent dentition, missing teeth were noticed during the examination of the oral cavity under anesthesia, and these were also examined radiographically to distinguish them from teeth missing due to fracture and thus leaving root remnants. The gingiva was not inflamed at the site of the missing teeth in all seven animals. Intraoral dental radiography revealed a complicated root fracture of an incisor with a root remnant remaining in the alveolus in four of the seven animals, or four of the 106 damaged teeth (3.8%), over which the gingiva had healed without inflammation (Figure 11A and B). In three animals, there was no radiographic evidence of a tooth. These teeth were, therefore, designated as missing teeth.



**Figure 11.** Female tiger, 12-year-old. (A) Presumed missing maxillary incisor tooth (I01) (white arrow). (B) Dental radiograph showing corresponding area with root remnant of I01 (white arrow).

### *Tooth Resorption*

A 2-year-old lioness had type 3 TR on 307 and 407. During the examination of the oral cavity under anesthesia, 307 was initially noticed to be missing, while a small crown remnant of 407 with an approximately 1 mm deep cavity was visible (Figure 12A). The probable cavity could also be seen on a dental radiograph, and TR of 407 was classified as TR type 3, stage 4 according to the AVDC classification (Figure 12B).<sup>41</sup> Dental radiographs of 307 showed almost completely resorbed root remnants (TR type 3, stage 5).



**Figure 12.** Female lion, 2-year-old. (A) Periodontal probe showing complicated crown-root fracture of right mandibular third premolar tooth (407). (B) Dental radiograph of corresponding area showing tooth resorption type 3 stage 4 of 407, resorbed distal root remnant (asterisk). Note the periodontal ligament space of the mesial root is still visible.

### *Fistula*

A male lion was examined due to chronic salivation following the extraction of canine tooth 304 (Figure 13). Examination under anesthesia revealed fistula formation in the area of the extraction site of 304. Radiographically, there were no abnormalities in the area of the extraction site. A bacterial infection of the gingiva after tooth extraction was suspected, as the fistula healed completely after systemic antibiotic treatment.



**Figure 13.** Male lion, 12-year-old. Adspektion of awake animal showing wet fur on the left side of the lower jaw due to increased salivation.

### **Discussion**

As early as the 1970s, dental disease was suspected to be an under appreciated problem in exotic animals. It had negative effects on the overall constitution and could not be diagnosed without adequate examination and radiographs.<sup>1</sup> With advances in veterinary medicine in general and veterinary dentistry in particular, dentistry in captive wild animals has also become increasingly important for animal welfare and species protection.<sup>2-6,8</sup> As a result, the number of dental procedures in big cats and other exotic animals is also increasing.<sup>2-5,9,10</sup>

The focus of this study was to systematically survey oral diseases within a big cat population, with the goal of determining the incidence and causes of dental and other oral diseases in captive big cats, as this has been described in only a few papers in the accessible literature.

A review of available reference books, case reports, and studies on dental disease in big cats and other wild felids suggests that big cats and other wild felids frequently suffer from dental disease.<sup>3,7-9,16,17,19-23,25,27-29,34-37</sup> Apart from certain differences between cat species in terms of behavior and dietary habits, dental disease in wild felids is thought to be largely similar to that in domestic cats.<sup>28</sup> The prevalence of dental disease in domestic cats has been described to be as high as 70%, depending on the age of the population studied.<sup>11-13,44</sup> Few larger studies have evaluated dental and oral disease in captive big cats. Three retrospective studies of morbidity in big cats kept in zoological facilities evaluated the medical records of 172 jaguars,<sup>21</sup> 111 lions,<sup>29</sup> and 269 wild felids.<sup>8</sup> Those studies found a much lower prevalence of dental disease in big cats than in domestic cats. With a prevalence of 35% in jaguars<sup>21</sup> and 23% in lions,<sup>29</sup> dental disease was nevertheless one of the most commonly documented conditions in these studies. One study found descriptions of oral disease in 64% of medical records from lions, tigers, cheetahs, snow leopards, jaguars, Persian leopards, and cougars.<sup>8</sup> However, the studies lack further information on the history, examination methods, and causes of dental disease. In this study on lions and tigers, the prevalence of pathologic changes in the oral cavity was 75% and was, therefore, higher than in these three studies<sup>8,21,29</sup> and also higher than that described in domestic cats.<sup>11,13,44</sup> Another study assessed the prevalence of oral disease in a population of 15 captive jaguars (*Panthera onca*) by clinical examination, intraoral radiography, and histopathological findings.<sup>7</sup> No animal in this study was free of oral pathology. However, unlike the present study, the vast majority of oral examinations in that study were performed in order to evaluate previously recognized diseases of the oral cavity. Endodontic disease secondary to

dentoalveolar trauma was found in 73.3% (11/15) of animals. As in the big cat population studied here, many of the pathological changes in the oral cavities of

jaguars were suspected to have arisen from captive husbandry conditions or captivity-associated behaviors.<sup>7</sup>

Small soft tissue injuries of the oral cavity usually heal without complication in big cats however larger soft tissue injuries should be sutured.<sup>4</sup> Two juvenile big cats in the present study had superficial wounds on the lip and gingiva. The causes of these injuries were unknown, and they were already healing. The involvement of nonvisible tooth parts or the jawbone was excluded by intraoral dental radiography.

POF has been described in domestic cats<sup>45-48</sup> and also in big cats but it appears to be rare in big cats based on studies to date.<sup>49-51</sup> The prevalence of POF was low in this study population. In contrast, in a domestic cat study, POF accounted for 7.8% of all oral neoplasms.<sup>46</sup> In domestic cats, solitary POF is common.<sup>45,46</sup> One study found nine POF in a population of 109 captive wild felids, four of which were found in lions.<sup>49</sup> Periodontal disease is one of the most common dental conditions in domestic cats, with a prevalence as high as 70% in adult domestic cats.<sup>12</sup> In captive and wild big cats, dental calculus and periodontal disease have also been described.<sup>1,4,6-8,17,20,21</sup>

Dental calculus and periodontal disease increase with age in captive big cats.<sup>21</sup> Calculus and periodontal disease occur less frequently in big cats living in the wild than in their captive conspecifics because big cats in the wild eat entire prey animals, which causes mechanical abrasion of dental plaque during mastication.<sup>4,6</sup> Inappropriate feeding of predominantly soft food leads to increased calculus formation in captive big cats, thus promoting periodontal disease.<sup>6,8,9,17,20</sup> Soft food is also thought to induce periodontal disease in domestic cats.<sup>12</sup> In the United States, zoological facilities predominantly feed ground meat to big cats.<sup>5,6,17</sup> The prevalence of calculus and periodontal disease is lower in big cats in European and Australian facilities,<sup>6,8</sup> as they are usually also fed bones, which is closer to the natural diet of the animals and

has a cleaning effect on the teeth during mastication.<sup>8,17,52</sup> In this study, 13.9% of the big cats were affected by calculus. Only one animal, namely the oldest tiger in the study group at 18 years of age, suffered from periodontal disease, corresponding to a prevalence of 2.8%. The big cats in this study were all fed meat on the bone, which may explain the low prevalence of calculus and periodontal disease in this study. The 18-year-old tiger was not given large bones, but only chicken which is smaller and softer resulting in less cleaning effect on the teeth. This, in addition to the animal's advanced age, may explain the calculus and periodontal disease.

Supernumerary roots are rare in wild felids,<sup>16</sup> whereas in domestic cats their prevalence is about 10%.<sup>53</sup> In two of the big cats examined, aged one-and-a-half and 2-years-old, respectively, dental radiographs revealed a supernumerary root on a permanent mandibular third premolar tooth, whose crown appeared normal. Therapeutic procedures are not necessary for supernumerary roots that do not show any pathological changes.<sup>54</sup> However, information on the position, shape, and number of roots plays a fundamental role in tooth extractions and root canal treatments, which is why dental radiographs are always absolutely necessary.<sup>54</sup>

Persistent deciduous teeth are a commonly observed problem in small animal dentistry that also affects domestic cats.<sup>55,56</sup> No studies exist concerning persistent deciduous teeth in big cats, and the prevalence appears to be low in other wild felids.<sup>27,28,30,36</sup> In this study, the prevalence was also low, with a persistent deciduous tooth found in only one animal. One lion, approximately one-year-old, had a persistent deciduous mandibular canine tooth, which was extracted to prevent possible associated complications of persistent deciduous teeth such as malocclusion.<sup>57</sup> The permanent canine teeth and occlusion showed no abnormalities upon re-examination of the affected animal.

Tooth fracture is one of the most common disorders in captive big cats.<sup>3,7,8,10,21,29</sup> Dental fractures are common in lions, tigers, and other felids in the wild<sup>14,16,27,28,36,58,59</sup> and they occur more frequently with increasing age.<sup>15,39,59</sup> The



prevalence of dental fractures was reported to be 36% (tigers) and 24% (lions) in a study of wild tiger and lion skulls.<sup>58</sup> Within the group of big cats in this study, dentoalveolar trauma such as fractures and abrasion were the most common findings at 66.7%. Most animals with dentoalveolar trauma had lesions affecting multiple teeth. In domestic cats, fracture of the canine tooth is most common.<sup>60</sup> In contrast, in the big cat population of this study, incisor teeth were the most frequently damaged, followed by canine teeth. Enamel fractures and complicated crown/crown-root fractures occurred most frequently regardless of location. While fighting, chewing bones, and accidents during hunting large prey are considered to cause dental trauma in wild big cats,<sup>14,33,58,59</sup> housing conditions, as well as the resulting behavioral problems, are primarily blamed for tooth fractures and abrasion in captive big cats.<sup>1,4,7,20,21,29,33</sup> Fencing and furnishing with metal cages increases the risk of abrasion and tooth fractures.<sup>1,4,5,7,19,20</sup> The shape of abrasion on the teeth of the big cats in this study suggests, based on the round cross-section of the lesions, that they were caused by repeated grinding on bars. Abrasions transverse to the tooth axis and centered on the crown of canine teeth, as found in two animals in the present study, greatly increase the risk of fracture.<sup>19,33</sup> Tooth fracture with pulp exposure can cause bacterial pulpitis, pulp necrosis, and osteomyelitis.<sup>1,19,32,61,62</sup> However, damage to teeth that exposes dentin, such as uncomplicated crown fractures and abrasions, can also result in pulpitis due to infection progressing through the dentin to the pulp.<sup>63</sup> Radiographic examination in this study also demonstrated periapical osteolysis in several teeth with complicated crown fractures and in one canine tooth with an uncomplicated crown fracture. Therefore, every damaged tooth should always be radiographed.<sup>7,63</sup>

Since deciduous tooth fractures with pulp exposure often result in damage to the underlying tooth structure of the permanent tooth owing to infection and inflammatory processes, extraction of the fractured deciduous tooth is considered the treatment of choice.<sup>20,32,54-57,64</sup> One lioness in this study sustained a complicated crown fracture of one maxillary deciduous canine

tooth at approximately one year of age, resulting in a discoloration of the deciduous tooth that was noticed by the keeper. The fractured deciduous tooth was extracted following treatment recommendations for domestic cats<sup>54,56,57,64</sup> as well as the literature available for big cats.<sup>32</sup> At a follow-up examination approximately one year after extraction of the fractured deciduous canine tooth, the permanent tooth and occlusion of the lioness in this study were normal.

Presumed missing teeth should always be radiographed<sup>7,55,57,63</sup> to exclude impacted teeth or root remnants remaining after tooth fractures or incomplete extractions.<sup>55</sup> Seven big cats in this study had supposedly missing teeth during the examination of the oral cavity under anesthesia. Radiographically, only three of the seven animals actually had missing teeth. Intraoral dental radiographs revealed root remnants in four of the seven animals, confirming the importance of dental radiographs. Retained root fragments can cause inflammation, infection, osteomyelitis, and chronic pain and, therefore, should be extracted.<sup>65</sup>

TR has been described in domestic cats<sup>44,66-69</sup> as well as in big cats and other wild felids.<sup>4,7,16,19,23,25-28,30,37</sup> A study of 228 cats that underwent clinical and radiographic examination of the teeth reported the prevalence of TR to be 29%.<sup>68</sup> In studies on wild felids, the prevalence of TR ranged from 6.8 to 16%, which is lower than that of domestic cats.<sup>7,16,27,28,37</sup> One study found TR in only one of 256 animals in a study of cheetahs whose teeth were examined but not radiographed.<sup>30</sup> The strikingly low prevalence in this study may be explained by the lack of radiographic evaluation, as resorptive lesions can be easily missed without dental radiography.<sup>11,44</sup> In this study, only one animal had TR, a significantly lower prevalence compared to other studies on wild felids.<sup>7,16,27,28,37</sup> This can be explained by a large number of juvenile big cats less than two years of age in this study, 47.2%. In domestic cats, the incidence of TR increases with age.<sup>44,66,67,69</sup> No published studies report the association between TR and age in big cats. Dentoalveolar fistulas usually develop after tooth fractures with pulp exposure, which, if left untreated, can lead to

bacterial pulpitis with apical abscess formation.<sup>55,70</sup> These have also been described in large cats and other wild animals.<sup>1,19,20,32</sup>

Fistula formation has also been described as a complication when loose bone or tooth fragments remain in the extraction site during tooth extraction.<sup>70</sup> One lion in this study population showed chronic salivation that occurred after the extraction of a mandibular canine tooth. Excessive salivation has been described in wild animals as a symptom of oral cavity disease or pain in the oral cavity.<sup>20</sup> Examination under anesthesia revealed a fistula at the extraction site of the mandibular canine tooth. Because radiography of the extraction site showed no changes in bone structure or loose bone or tooth fragments, infection or alveolar osteitis was considered. This phenomenon has not been previously described in the literature on big cats. In the lion examined, the fistula healed completely after systemic antibiotic therapy.

In this study, the prevalence of dental and oral cavity disease relative to the total number of big cats was 75% (27/36). Eight of the 36 big cats had pre-reported dental disease. In the group of 28 big cats with no prior evidence of oral cavity disease that was routinely examined in the course of otherwise necessary anesthesia, the prevalence was 68% (19/28). Thus, in both groups, the prevalence in the big cat population of this study is significantly higher than that in two other studies on big cats.<sup>21,29</sup> The animals in this study were affected by dental disease at a very young age. All animals over two years of age showed pathological changes in the oral cavity. The reason for this could be housing conditions. The big cats in the two other studies lived in zoological institutions, whereas the big cats studied here were all kept in circuses except for two animals, and this could have an influence on dental health.<sup>21,29</sup>

The risk of tooth trauma is well known when big cats bite or grind along metal bars or cage equipment.<sup>1,4,5,7,8,19,20</sup> In other species such as dogs, bears, and other exotic carnivores housed in kennels or cages, this problem has also been described and is referred to as cage biting.<sup>1,4,21,29,33,40,71</sup> Some authors also blamed contact with metal objects such as bars for the high prevalence of tooth fractures in the large felids they studied.<sup>7,8,21,29</sup> One study also

documented a variety of husbandry or behavior-related diseases, for which housing too many animals in too small a space, stress, and boredom, among other factors, were blamed.<sup>21</sup> However, no direct link was established between dental disease and behavioral problems in that study.<sup>21</sup>

A large number of studies show that wild animals in captivity are exposed to higher levels of stress than their wild counterparts.<sup>72-74</sup> A common sign of stress, frustration, or boredom is stereotypies and other behavioral disorders such as cage biting.<sup>1,4,5,19-21,29,33,40,71,75-77</sup> Evidence suggests that stress has negative effects on the health of captive wildlife<sup>74,78</sup> and that improving housing conditions can reduce behavioral problems such as cage biting.<sup>4</sup> To date, no studies have examined the specific relationship between stress and dental health.<sup>6</sup> It is conceivable that the stress level and risk of injury in big cats is higher in circuses than in zoos because of husbandry conditions with smaller enclosures, housing in metal cages, higher stocking density of enclosures, and regular transport, training, and performance, leading to a higher prevalence of dental disease.

The high prevalence of dental disease in this study demonstrates the urgent need for regular examinations of the oral cavity in big cats to detect and treat dental diseases that otherwise stay unnoticed for long periods of time.<sup>3,5,7-10,21,30</sup> Examination of the oral cavity should also include intraoral dental radiographs, which are as significant for the adequate diagnosis of dental disease in large felids as in domestic cats.<sup>1,3,5,7,9,10,43</sup> Obligatory indications for dental radiographs are missing teeth, tooth fractures, discolored teeth, periodontal disease, areas with soft tissue abnormalities, and changes in the jaw bones.<sup>11,43,63</sup> Dental radiographs should also be performed before and after every endodontic and exodontic procedure.<sup>43,63</sup>

Performing targeted intraoral dental radiographs of areas where abnormalities were identified during an inspection of the awake animal and on oral examination under anesthesia must be the minimum standard for systematic examination of the oral cavity of big cats.<sup>7,43</sup> Full-mouth radiographs are standard in domestic cat dentistry<sup>79</sup> and should also be performed in large

felids whenever possible to reliably exclude diseases not visible on oral examination.<sup>7,43</sup>

However, based on this study, full-mouth radiographs should be performed as a standard procedure in big cat dentistry, since six animals had findings detected exclusively by dental radiography that were not detectable by visual inspection. Since only 15 of 36 animals had full-mouth radiographs, radiographic findings may have been missed in the animals that did not undergo full-mouth radiographs. The young study population could also contribute to the fact that relatively few findings were detected radiographically. However, it is undisputed that dental radiographs often provide important additional information about diseases of dental structures.

Future studies with larger numbers of cases with full-mouth radiographs and a higher average age of the study population are needed. Additional studies are also needed to address which factors influence the dental health of captive big cats and what measures need to be taken to improve dental health and, thus, the overall constitution and quality of life of big cats. Dental disease in captive wildlife should also be assessed along with husbandry practices and signs of behavioral problems and stress to obtain robust information on their interrelationship.<sup>6</sup> In addition to the high relevance regarding dental health, future studies should urgently include animal welfare aspects.

**Acknowledgements**

This paper is dedicated to Peter Fahrenkrug who was a co-author of the study but unfortunately passed away on August 30, 2019. We have lost an esteemed colleague and a good friend whom we sorely miss.

**Declaration of Conflicting Interests**

The author(s) declared no potential conflicts of interest with respect to the research, authorship, and/or publication of this article.

**Funding**

The author(s) received no financial support for the research, authorship, and/or publication of this article.

**Materials**

(a) PCPUNC15—PROBE UNC #UNC15 HDL #30 QULIX 1-2-3-.15,

Hu-Friedy, Chicago, USA

(b) EXR 1040 VET, Dürr NDT, Bietigheim-Bissingen, Germany

(c) Equine dental plates for intraoral dental imaging, VET DENT E1 6×18 cm,

VET DENT E2 6×21 cm, VET DENT E3 6×22 cm, Dürr NDT,

Bietigheim-Bissingen, Germany

**ORCID iD**

Eva Kopp  <https://orcid.org/0000-0003-0385-6982>

## References

1. Robinson PT. A literature review of dental pathology and aging by dental means in nondomestic animals: part II. *J Zoo Anim Med.* 1979;10(3):81-91.
2. Fagan DA, Oosterhuis JE, Kirkman JE. A review of the expanding field of exotic animal oral health care—veterinary dentistry. *J Vet Dent.* 1998;15(3):117-128.
3. Kertesz P. Dentistry. In: Bell CE, ed. *Encyclopedia of the World's Zoos.* Fitzroy Dearborn Publishers; 2001:341-344.
4. Wiggs RB, Bloom BC. Exotic placental carnivore dentistry. *Vet Clin North Am Exot Anim Pract.* 2003;6(3):571-599, vi. doi:10.1016/s1094-9194(03)00038-0
5. Glatt SE, Francel KE, Scheels JL. A survey of current dental problems and treatments of zoo animals. *Int Zoo Yearbk.* 2008;42(1):206-213.
6. Kapoor V, Antonelli T, Parkinson JA, Hartstone-Rose A. Oral health correlates of captivity. *Res Vet Sci.* 2016;107:213-219. doi:10.1016/j.rvsc.2016.06.009
7. Schneider LA, Jimenez IA, Crouch EEV, et al. Dental diseases and other oral pathologies of captive jaguars (*Panthera Onca*) from Belize, Central America. *J Zoo Wildl Med.* 2021;51(4): 856-867. doi:10.1638/2019-0222
8. Whitten C, Vogelnest L, D'Arcy R, Thomson P, Phalen D. A retrospective study of reported disorders of the oral cavity in large felids in Australian zoos. *J Zoo Wildl Med.* 2019;50(1):16-22. doi:10.1638/2016-0170

9. Hinshaw KC, Amand WB, Tinkelman CL. Preventive medicine. In: Kleiman DG, Allen ME, Thompson KV, Lumpkin S, eds. *Wild Mammals in Captivity: Principles and Techniques*. University of Chicago Press; 1996:14-24.
10. Fahrenkrug P, Mihaljevic SY. Zahnprobleme bei Großkatzen. In: *Proceedings of the 7th Annual Congress of the Deutsche Gesellschaft für Tierzahnheilkunde*; 2011.
11. Verstraete FJ, Kass PH, Terpak CH. Diagnostic value of fullmouth radiography in cats. *Am J Vet Res*. 1998;59(6):692-695.
12. Wiggs RB, Lobprise HB. Periodontology. In: Wiggs RB, Lobprise HB, eds. *Veterinary Dentistry: Principles and Practice*. Lippincott-Raven; 1997:186-231.
13. DuPont GA, DeBowes LJ. Comparison of periodontitis and root replacement in cat teeth with resorptive lesions. *J Vet Dent*. 2002;19(2):71-75.
14. Van Valkenburgh B. Incidence of tooth breakage among large, predatory mammals. *Am Nat*. 1988;131(2):291-302.
15. Patterson BD, Neiburger EJ, Kasiki SM. Tooth breakage and dental disease as causes of carnivore–human conflicts. *J Mammal*. 2003; 84(1):190-196.
16. Roux P, Berger M, Stich H, Schawalder P. Oral examination and radiographic evaluation of the dentition in wild cats from Namibia. *J Vet Dent*. 2009;26(1):16-22. doi:10.1177/089875640902600106



17. Haberstroh LI, Ullrey DE, Sikarski JG, Richter NA, Colmery BH, Myers TD. Diet and oral health in captive Amur tigers (*Panthera tigris altaica*). J Zoo Anim Med. 1984;15(4):142-146.
18. Colyer F. Variations and Diseases of the Teeth of Animals. John Bale, Sons & Danielsson; 1936.
19. Kertesz P. Dental Diseases and their Treatment in Captive Wild Animals. A Colour Atlas of Veterinary Dentistry and Oral Surgery. Wolfe Publishing; 1993.
20. Amand WB , Tinkelman CL. Oral disease in captive wild animals. In: Harvey CE, ed. Veterinary Dentistry. WB Saunders; 1985: 289-311.
21. Hope K, Deem SL. Retrospective study of morbidity and mortality of captive jaguars (*Panthera Onca*) in North America: 1982-2002. Zoo Biol. 2006;25(6):501-512.
22. Ciobotaru E, Soare T, Dinescu G, Constantinescu C, Militaru M. Valvular and parietal endocarditis in a Bengal tiger. J Comp Pathol. 2010;143(4):345.
23. Levin J. Tooth resorption in a Siberian tiger. In: Proceedings of the 10th Annual Veterinary Dental Forum; 1996:212-214.
24. Gioso MA. Prevalence of oral lesions in *Puma concolor* and *Panthera onca* in the state of Sao Paolo. In: Proceedings of the 15th Annual Veterinary Dental Forum; 2001:200.
25. Berger M, Schawalder P, Stich H, Lussi A. Feline dental resorptive lesions in captive and wild leopards and lions. J Vet Dent. 1996;13(1):13-21.

26. Berger M, Schawalder P, Stich H, Lussi A. Neck lesions bei Grosskatzen: Untersuchungen beim Leoparden (*Panthera Pardus*). Kleintierpraxis. 1995;40:537-549.
27. Aghashani A, Kim AS, Kass PH, Verstraete FJ. Dental pathology of the California Bobcat (*Lynx rufus californicus*). J Comp Pathol. 2016;154(4):329-340. doi:10.1016/j.jcpa.2016.03.001
28. Aghashani A, Kim AS, Kass PH, Verstraete FJM. Dental and temporomandibular joint pathology of the California Mountain Lion (*Puma concolor cougar*). J Comp Pathol. 2017;156(2-3):251-263. doi:10.1016/j.jcpa.2016.11.269
29. Norton BB, Tunseth D, Holder K, Briggs M, CH LA, Murray S. Causes of morbidity in captive African lions (*Panthera leo*) in North America, 2001-2016. Zoo Biol. 2018;37(5):354-359. doi:10.1002/zoo.21435
30. Steenkamp G, Boy SC, van Staden PJ, Bester MN. Oral, maxillofacial and dental diseases in captive cheetahs (*Acinonyx jubatus*). J Comp Pathol. 2018;158:77-89. doi:10.1016/j.jcpa.2017.12.004
31. Fecchio RS, Gomes MS, Xavier JG, Kunze PE, Gioso MA. Maxillary calcifying epithelial odontogenic tumor in a siberian tiger (*Panthera tigris altaica*). J Vet Dent. 2015;32(2):120-121. doi:10.1177/089875641503200206
32. Ulbricht RD, Marretta SM, Klippert LS. Surgical extraction of a fractured, non-vital deciduous tooth in a tiger. J Vet Dent. 2003;20(4):209-212. doi:10.1177/089875640302000402

33. van Foreest A, Roeters J. Restorative dental treatments of abraded canine teeth in a sumatran tiger (*Panthera tigris sumatrae*). J Vet Dent. 1997;14(4):131-136.
34. Verstraete FJ, van Aarde RJ, Nieuwoudt BA, Mauer E, Kass PH. The dental pathology of feral cats on Marion Island, part II: periodontitis, external odontoclastic resorption lesions and mandibular thickening. J Comp Pathol. 1996;115(3):283-297. doi:10.1016/s0021-9975(96)80085-5
35. Verstraete FJ, van Aarde RJ, Nieuwoudt BA, Mauer E, Kass PH. The dental pathology of feral cats on Marion Island, part I: congenital, developmental and traumatic abnormalities. J Comp Pathol. 1996;115(3):265-282. doi:10.1016/s0021-9975(96)80084-3
36. Collados J, Garcia C, Rice CA. Dental pathology of the Iberian Lynx (*Lynx pardinus*), part I: congenital, developmental, and traumatic abnormalities. J Vet Dent. 2018;35(3):195-208. doi:10.1177/0898756418793578
37. Collados J, Garcia C, Soltero-Rivera M, Rice CA. Dental pathology of the Iberian Lynx (*Lynx pardinus*), part II: periodontal disease, tooth resorption, and oral neoplasia. J Vet Dent. 2018;35(3):209-216. doi:10.1177/0898756418794022
38. Schneider KM. Zum Zahndurchbruch des Löwen (*Panthera leo*), nebst Bemerkungen über das Zahnen einiger anderer Grosskatzen und der Hauskatze (*Felis catus*). Zool Garten. 1959;22:240-361.

- 
39. Smuts GL, Anderson JL, Austin JC. Age determination of the African lion (*Panthera leo*). J Zool. 1978;185(1):115-146.
40. Kortegaard HE, Qvist J, Nielsen CG, Eriksen T. Endodontic treatment of a tiger. J Vet Dent. 2003;20(3):149-153. doi:10.1177/089875640302000304
41. AVDC. American Veterinary Dental College nomenclature. Accessed August 8, 2021. <https://avdc.org/avdc-nomenclature/>
42. Fahrenkrug P. Der stomatologische Untersuchungsgang bei Hund und Katze. Upjohn; 1993.
43. Kopp E, Stelzer P, Lendl C, Meyer-Lindenberg A, Fahrenkrug P. A standard method for intraoral dental radiography with dental photo-stimulative phosphor (PSP) plates in big cats. J Vet Dent. 2022;39(4):337-345. doi:10.1177/08987564221126373
44. Gorrel C. Tooth resorption in cats: pathophysiology and treatment options. J Feline Med Surg. 2015;17(1):37-43.
45. de Bruijn ND, Kirpensteijn J, Neyens IJ, Van den Brand JM, van den Ingh TS. A clinicopathological study of 52 feline epulides. Vet Pathol. 2007;44(2):161-169. doi:10.1354/vp.44-2-161
46. Stebbins KE, Morse CC, Goldschmidt MH. Feline oral neoplasia: a ten-year survey. Vet Pathol. 1989;26(2):121-128. doi:10.1177/030098588902600204
47. Colgin LM, Schulman FY, Dubielzig RR. Multiple epulides in 13 cats. Vet Pathol. 2001;38(2):227-229. doi:10.1354/vp.38-2-227

48. Velázquez-Urgel I, Sánchez MD, Buelow ME, Villamizar-Martinez LA, Reiter AM. Maxillary and mandibular peripheral odontogenic fibromas (fibromatous epulides of periodontal ligament origin) in a cat. *J Vet Dent.* 2018;35(4):251-257.
49. Scott KL, Garner MM, Murphy BG, LaDouceur EEB. Oral lesions in captive nondomestic felids with a focus on odontogenic lesions. *Vet Pathol.* 2020;57(6):880-884. doi:10.1177/0300985820943539
50. De Castro MB, Barbeitas MM, Borges TJ, Bonorino RP, Ramos RR, Szabo MP. Fibromatous epulis in a captive lion (*Panthera leo*). *Braz J Vet Pathol.* 2011;4(2):150-152.
51. Fecchio RS, Gomes MS, Lopes FM, et al. Fibromatous epulis oral in tiger (*Panthera tigris*)—case report. *Clin Vet.* 2009; 14(supl.):58.
52. Pearson R, Knight K, Melfi V, Nicklin A. Does the provision of carcasses compromise the health of zoo-housed carnivores? In: *Proceedings of the 7th Annual Symposium on Zoo Research*; 2005:194-199.
53. Verstraete FJ, Terpak CH. Anatomical variations in the dentition of the domestic cat. *J Vet Dent.* 1997;14(4):137-140.
54. Legendre L, Reiter AM. Management of dental, oral and maxillofacial developmental disorders. In: Reiter AM, Gracis M, Association BSAV, eds. *BSAVA Manual of Canine and Feline Dentistry and Oral Surgery.* British Small Animal Veterinary Association; 2018:245-270.
55. Niemiec BA. Oral pathology. *Top Companion Anim Med.* 2008;23(2):59-71. doi:10.1053/j.tcam.2008.02.002

56. Hale FA. Juvenile veterinary dentistry. *Vet Clin North Am Small Anim Pract.* 2005;35(4):789-817, v–vi. doi:10.1016/j.cvsm.2005.02.003
57. Lobprise HB, Wiggs RB, Peak RM. Dental diseases of puppies and kittens. *Vet Clin North Am Small Anim Pract.* 1999;29(4):871-893.
58. Van Valkenburgh B. Costs of carnivory: tooth fracture in pleistocene and recent carnivorans. *Biol J Linn Soc.* 2009;96(1):68-81.
59. Goodrich JM, Seryodkin IV, Miquelle DG, Kerley LL, Quigley HB, Hornocker MG. Effects of canine breakage on tiger survival, reproduction and human–tiger conflict. *J Zool.* 2011;285(2):93-98.
60. Niemiec BA. Fundamentals of endodontics. *Vet Clin North Am Small Anim Pract.* 2005;35(4):837-868, vi. doi:10.1016/j.cvsm.2005.03.001
61. Holmstrom SE. Feline endodontics. *Vet Clin North Am Small Anim Pract.* 1992;22(6):1433-1451. doi:10.1016/s0195-5616(92)50136-x
62. Wiggs RB, Lobprise HB. Basic endodontic therapy. In: Wiggs RB, Lobprise HB, eds. *Veterinary Dentistry: Principles and Practice.* Lippincott-Raven; 1997:280-324.
63. Niemiec BA. Case based dental radiology. *Top Companion Anim Med.* 2009;24(1):4-19. doi:10.1053/j.tcam.2008.12.001
64. Wiggs RB, Lobprise HB. Pedodontics. In: Wiggs RB, Lobprise HB, eds. *Veterinary Dentistry: Principles and Practice.* Lippincott-Raven; 1997:169-185.
65. Ng KK, Fiani N, Tennant M, Peralta S. Frequency of clinical and radiographic evidence of inflammation associated with retained tooth root

- fragments and the effects of tooth root fragmentlength and position on oral inflammation in dogs. *J Am Vet Med Assoc.* 2020;256(6):687-695. doi:10.2460/javma.256.6.687
66. van Wessum R, Harvey CE, Hennet P. Feline dental resorptive lesions. Prevalence patterns. *Vet Clin North Am Small Anim Pract.* 1992;22(6):1405-1416. doi:10.1016/s0195-5616(92)50134-6
67. Reiter AM, Mendoza KA. Feline odontoclastic resorptive lesions an unsolved enigma in veterinary dentistry. *Vet Clin North Am Small Anim Pract.* 2002;32(4):791-837, v. doi:10.1016/s0195-5616(02)00027-x
68. Ingham KE, Gorrel C, Blackburn J, Farnsworth W. Prevalence of odontoclastic resorptive lesions in a population of clinically healthy cats. *J Small Anim Pract.* 2001;42(9):439-443. doi:10.1111/j.1748-5827.2001.tb02497.x
69. Lemmons M. Clinical feline dental radiography. *Vet Clin North Am Small Anim Pract.* 2013;43(3):533-554. doi:10.1016/j.cvsm.2013.02.003
70. Reiter AM, Brady CA, Harvey CE. Local and systemic complications in a cat after poorly performed dental extractions. *J Vet Dent.* 2004;21(4):215-221. doi:10.1177/089875640402100402
71. Wenker CJ, Muller M, Berger M, et al. Dental health status and endodontic treatment of captive brown bears (*Ursus arctos ssp.*) living in the Bernese bear pit. *J Vet Dent.* 1998;15(1):27-34. doi:10.1177/089875649801500104

72. Bayazit V. Evaluation of cortisol and stress in captive animals. *Aust J Basic Appl Sci.* 2009;3(2):1022-1031.
73. Morgan KN, Tromborg CT. Sources of stress in captivity. *Appl Anim Behav Sci.* 2007;102(3-4):262-302.
74. Terio KA, Marker L, Munson L. Evidence for chronic stress in captive but not free-ranging cheetahs (*Acinonyx jubatus*) based on adrenal morphology and function. *J Wildl Dis.* 2004;40(2):259-266. doi:10.7589/0090-3558-40.2.259
75. Krawczel PD, Friend TH, Windom A. Stereotypic behavior of circus tigers: effects of performance. *Appl Anim Behav Sci.* 2005;95(3-4):189-198.
76. Pitsko LE. Wild Tigers in Captivity: A Study of the Effects of the Captive Environment on Tiger Behavior. Dissertation. Virginia Tech; 2003.
77. Breton G, Barrot S. Influence of enclosure size on the distances covered and paced by captive tigers (*Panthera tigris*). *Appl Anim Behav Sci.* 2014;154:66-75.
78. Kilbourn AM, Karesh WB, Wolfe ND, Bosi EJ, Cook RA, Andau M. Health evaluation of free-ranging and semi-captive orangutans (*Pongo pygmaeus pygmaeus*) in Sabah, Malaysia. *J Wildl Dis.* 2003;39(1):73-83. doi:10.7589/0090-3558-39.1.73
79. Niemiec BA. Feline dental radiography and radiology: a primer. *J Feline Med Surg.* 2014;16(11):887-899. doi:10.1177/1098612X14552366





## V. ÜBERGREIFENDE DISKUSSION

Bereits in den Siebzigerjahren wurde vermutet, dass Zahnerkrankungen ein bei Exoten unterschätztes Problem sind, einen negativen Effekt auf die Gesamtkonstitution der Tiere haben und ohne adäquate Untersuchung und Röntgenaufnahmen nicht diagnostiziert werden können (Robinson 1979). Mit den Fortschritten in der Tiermedizin im Allgemeinen und in der Tierzahnheilkunde im Besonderen hat die Zahnheilkunde bei Wildtieren in Gefangenschaft auch aus Gründen des Tier- und Artenschutzes zunehmend an Bedeutung gewonnen (Fagan et al. 1998, Kertesz 2001, Wiggs und Bloom 2003, Glatt et al. 2008, Kapoor et al. 2016). Folglich nimmt auch die Zahl der zahnmedizinischen Eingriffe bei Großkatzen und anderen Wildtieren zu (Hinshaw et al. 1996, Fagan et al. 1998, Kertesz 2001, Wiggs und Bloom 2003, Glatt et al. 2008, Fahrenkrug und Mihaljevic 2011).

Der Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit lag in der systematischen Befunderhebung innerhalb einer Großkatzenpopulation, welche auch intraorales Dentalröntgen einschließen sollte. Ein Ziel war die Entwicklung eines standardisierten Dentalröntgenverfahrens für Großkatzen mit intraoralen Röntgenfolien. In der Hauskatzenzahnheilkunde gelten „full mouth radiographs“, also die vollständige Abbildung des Gebisses durch sieben bis zehn intraorale Röntgenaufnahmen, als Goldstandard (Mihaljevic 2010, Niemiec 2014). Solche Standards existieren für Großkatzen bisher nicht. Ein weiteres Ziel war die Untersuchung der Häufigkeit und Ursache von Maulhöhlenerkrankungen bei Großkatzen in Gefangenschaft, da hierzu bislang nur wenige Studien verfügbar sind.

Die röntgenologische Untersuchung des gesamten Gebisses ist bei Hauskatzen von hoher klinischer Relevanz (Verstraete et al. 1998, Tsugawa und Verstraete 2000) und gilt als essentielles diagnostisches Hilfsmittel in der modernen Tierzahnheilkunde (Gengler et al. 1995, Verstraete et al. 1998,

Tsugawa und Verstraete 2000, Bellows und Fahrenkrug 2001, DuPont 2005, Holmstrom et al. 2013, Lemmons 2013, Niemiec 2014, Gorrel 2015). Ohne vollständiges Dentalröntgen ist keine sichere Aussage über den Gesundheitszustand des Gebisses möglich (Verstraete et al. 1998, Schneider et al. 2021). Zur Diagnostik, Therapieplanung und -kontrolle von Maulhöhlenerkrankungen bei Großkatzen und anderen Wildfeliden sind intraorale Dentalröntgenaufnahmen genau wie in der Kleintierzahnheilkunde unverzichtbar, da viele Erkrankungen wie Erkrankungen des Endodonts und Parodonts, Zahnresorptionen und Kieferfrakturen oft erst röntgenologisch diagnostiziert werden können oder Dentalröntgenbilder wichtige Zusatzinformationen liefern (Amand und Tinkelman 1985, Shipp und Fahrenkrug 1992, Verstraete et al. 1998, Bellows und Fahrenkrug 2001, Wiggs und Bloom 2003, DuPont 2005, Niemiec 2009, Roux et al. 2009, Woodward 2009, Lemmons 2013, Aghashani et al. 2016 und 2017, Collados et al. 2018 a und b, Schneider et al. 2021). Aus diesem Grund ist sowohl bei Hauskatzen und -hunden, als auch bei Wildfeliden die röntgenologische Untersuchung des Gebisses indiziert (Bellows und Fahrenkrug 2001, Holmstrom et al. 2013, Niemiec 2014, Gorrel 2015, Schneider et al. 2021). In der vorliegenden Arbeit konnte bei 15 von 36 Tieren ein vollständiger Zahnröntgenstatus erhoben werden. Bei 19 von 36 Tieren konnten wegen ungünstiger Arbeitsbedingungen nicht alle Zähne röntgenologisch untersucht werden. Bei diesen Tieren wurden nur die Bereiche des Gebisses geröntgt, welche bei der Untersuchung und Sondierung in Narkose Auffälligkeiten aufwiesen. Zwei Tiere der Studienpopulation konnten nicht geröntgt werden.

Mit der in dieser Arbeit entwickelten Dentalröntgentechnik gelang die vollständige Darstellung des Großkatzengebisses mit sieben intraoralen Röntgenaufnahmen unter Zuhilfenahme von Röntgenfolien zum intraoralen Dentalröntgen beim Pferd, die mit einem mobilen veterinärmedizinischen Standardröntgengerät belichtet werden konnten. Die für Hauskatzen

beschriebene Technik für intraorales Dentalröntgen (Mihaljevic 2010, Niemiec 2014) diente als Orientierung für die Lagerung der Patienten und die Positionierung der Speicherfolien in der Maulhöhle der Großkatzen. Die Modifizierung eines Hemisphärenmodells für Pferde (Stoll et al. 2011) gewährleistete die korrekte Ausrichtung des Zentralstrahls mittels zweier Koordinaten und war somit ein wichtiges Hilfsmittel für die Erstellung qualitativ hochwertiger Dentalröntgenaufnahmen. Das Prinzip des Hemisphärenmodells für Pferde (Stoll et al. 2011) konnte trotz deutlicher anatomischer Unterschiede zwischen Pferden und Feliden gut auf die Großkatze übertragen werden. Es war jedoch notwendig, entsprechende Koordinaten für das Großkatzengebiss zu erarbeiten. Für Hauskatzen existieren keine Koordinaten für das Hemisphärenmodell.

Für das digitale intraorale Dentalröntgen stehen beim Kleintier zwei Systeme zur Verfügung: die Speicherfolientechnik oder Computed Radiography (CR Technologie) mit Folien in verschiedenen Größen (S0 2 x 3cm, S1 2 x 4cm, S2 3 x 4cm, S3 2,7 x 5,4cm, S4 5,7 x 7,5cm, S5 5,7 x 9,4cm), welche mit einem Scanner ausgelesen und digitalisiert werden, und die Sensortechnik oder Digital Radiography mit Sensoren von 3 x 4cm, welche das Bild direkt digitalisieren. Beide Systeme werden mit einem Dentalröntgengerät belichtet (Mihaljevic 2010, Niemiec 2014). Für Pferde stehen größere Dentalspeicherfolien (6 x 18cm, 6 x 21cm, 6 x 22cm) zur Verfügung. Für Großkatzen sind bislang keine ausreichend großen Sensoren verfügbar. Die momentan in der Kleintierzahnheilkunde größte verfügbare Speicherfolie (S5 5,7 x 7,5cm) ist zu klein, um die großen Zähne von Löwen und Tigern vollständig auf einer Folie abzubilden (Wiggs und Bloom 2003). Bei der Verwendung der Kleintierspeicherfolien wäre zudem eine größere Anzahl von Röntgenaufnahmen nötig, um alle Zähne abzubilden, was neben dem größeren Zeitaufwand auch die Strahlendosis für das Tier erheblich erhöhen würde. Röntgenkassetten stehen zwar in größeren Formaten zur Verfügung, jedoch

erlaubt ihre Verwendung nur Übersichtsaufnahmen (Wiggs und Bloom 2003), welche zur Diagnostik von dentalen und parodontalen Erkrankungen ungeeignet sind (Holmstrom et al. 2013, Tsugawa und Verstraete 2000). Überlagerungsfreie sowie intraorale Aufnahmen sind mit Kassetten kaum durchführbar und ermöglichen keine detaillierte Beurteilung dentaler Strukturen (Wiggs und Bloom 2003, Tsugawa und Verstraete 2000), weshalb dieses Verfahren in der eigenen Studie nicht zur Anwendung kam.

Die vorliegende Arbeit zeigt, dass sich das Gebiss von Großkatzen durch intraorales Dentalröntgen mit Dentalspeicherfolien für Pferde, die mit einem veterinärmedizinischen mobilen Standardröntgengerät belichtet werden, vollständig und detailgenau abbilden lässt. Die Verwendung eines speziellen Dentalröntgengeräts ist mit dieser Technik nicht notwendig, was nicht zuletzt die hohen Anschaffungskosten für digitales Dentalröntgenequipment (Niemic 2014) reduziert. Dank der schlanken Form der Dentalfolien für Pferde ist die Positionierung in der Maulhöhle auch bei intubierten Großkatzen problemlos möglich.

Studien, die die Technik des intraoralen Dentalröntgens bei Großkatzen beschreiben, existieren in der zugänglichen Literatur derzeit nicht. Zwar werden in verschiedenen Studien Dentalröntgenaufnahmen bei Wildfeliden erwähnt, jedoch wird die Technik in keiner der Studien näher beschrieben (Roux et al. 2009, Aghashani et al. 2016 und 2017, Collados et al. 2018 a und b, Schneider et al. 2021). Eine Studie untersuchte die mazerierten Schädel von 73 wildlebenden Groß- (Leoparden, Löwen) und Kleinkatzen (Geparden, Caracals, Afrikanische Wildkatzen) unter Verwendung eines digitalen Röntgensensors, allerdings ohne Erläuterung der Röntgentechnik (Roux et al. 2009). Eine andere Studie erwähnt die Anfertigung von zehn Standarddentalröntgenaufnahmen bei Jaguaren in Gefangenschaft. Verwendet wurden hierzu Speicherfolien für Kleintiere und ein tragbares Dentalröntgengerät, auf die genaue Technik des Dentalröntgens wird in dieser

Studie jedoch ebenfalls nicht eingegangen (Schneider et al. 2021). In vier Studien über Luchse und Pumas wurden mazerierte Schädel untersucht und unter Zuhilfenahme eines tragbaren Zahnröntgengerätes und intraoraler Dentalröntgenfolien der Größe 2 (3x4 cm) und 4 (5,7x7,5 cm) (Aghashani et al. 2016 und 2017) beziehungsweise eines Sensors (Collados et al. 2018 a und b) in Parallel- und Halbwinkeltechnik geröntgt (Aghashani et al. 2016 und 2017, Collados et al. 2018 a und b). Die in den Studien von Aghashani et al. (2016 und 2017), Collados et al. (2018 a und b) und Schneider et al. (2021) verwendeten Folien und Sensoren sind zur Anfertigung von Dentalröntgenaufnahmen bei Großkatzen wie Löwen und Tigern auf Grund der größeren dentoalveolären Strukturen kaum geeignet (Wiggs und Bloom 2003). Mit den in der eigenen Studie verwendeten größeren Dentalröntgenfolien für Pferde lässt sich das Gebiss von Löwen und Tigern jedoch gut abbilden.

Die Hinweise in der Literatur zu Maulhöhlenerkrankungen bei Großkatzen und anderen Wildfeliden legen nahe, dass Erkrankungen des stomatognathen Systems bei Großkatzen und anderen Wildfeliden häufig vorkommen und sie unter denselben Erkrankungen leiden wie Hauskatzen (Haberstroh et al. 1984, Amand und Tinkelman 1985, Kertesz 1993, Berger et al. 1996, Hinshaw et al. 1996, Kertesz 2001, Wiggs und Bloom 2003, Hope und Deem 2006, Glatt et al. 2008, Roux et al. 2009, Aghashani et al. 2016 und 2017, Collados et al. 2018 a und b, Norton et al. 2018, Whitten et al. 2019, Schneider et al. 2021). Bei Hauskatzen ist eine Prävalenz von Zahnerkrankungen, abhängig vom Alter der untersuchten Population, von bis zu 70% beschrieben (Wiggs und Lobprise 1997 b, Verstraete et al. 1998, DuPont und DeBowes 2002, Gorrel 2015). Studien mit größeren Fallzahlen über die Prävalenz von Zahn- und Maulhöhlenerkrankungen bei in Gefangenschaft lebenden Großkatzen existieren bisher nur sehr wenige. In zwei retrospektiven Studien zur Morbidität von in zoologischen Einrichtungen gehaltenen Großkatzen wurden

die Krankenberichte von 172 Jaguaren (Hope und Deem 2006) bzw. 111 Löwen ausgewertet (Norton et al. 2018). Mit einer Prävalenz von 35% bei den Jaguaren bzw. 23% bei den Löwen gehörten Zahnerkrankungen in diesen Studien zu den am häufigsten dokumentierten Erkrankungen. In der eigenen Studie waren bei acht der 36 Großkatzen vorberichtlich Zahnerkrankungen bekannt (Gruppe 1). Die Prävalenz von Maulhöhlenerkrankungen bei den restlichen 28 Großkatzen in der eigenen Studie, bei denen vorberichtlich keine Hinweise auf eine Zahn- oder Maulhöhlenerkrankung vorgelegen hatten und die im Rahmen anderweitig notwendiger Narkosen routinemäßig untersucht wurden (Gruppe 2), lag bei 68% (19/28). Bezogen auf die Gesamtzahl von 36 untersuchten Großkatzen ergibt sich eine Prävalenz von Zahn- und Maulhöhlenerkrankungen von 75% (27/36). Dies stellt eine deutlich höhere Prävalenz als in anderen Studien über Großkatzen in Gefangenschaft dar (Hope und Deem 2006, Norton et al. 2018).

Dokumentiert wurden bei den in der eigenen Arbeit untersuchten Löwen und Tigern Weichteilverletzungen, ein peripheres odontogenes Fibrom, Zahnstein, Parodontitis, überzählige Wurzeln, ein persistierender Milchcaninus, Abrasionen und Zahnfrakturen, eine dentoalveoläre Fistel und Zahnresorption. Diese Erkrankungen wurden auch in anderen Studien zu Wildfeliden beschrieben (Robinson 1979, Haberstroh et al. 1984, Amand und Tinkelman 1985, Van Valkenburgh 1988 und 2009, Kertesz 1993 und 2001, Berger et al. 1995 und 1996, Levin 1996, Miles und Grigson 2003, Wiggs und Bloom 2003, Hope und Deem 2006, Feccio et al. 2009, Roux et al. 2009, De Castro et al. 2011, Fahrenkrug und Mihaljevic 2011, Goodrich et al. 2011, Kapoor et al. 2016, Aghashani et al. 2016 und 2017, Collados et al. 2018 a und b, Norton et al. 2018, Steenkamp et al. 2018, Scott et al. 2020, Schneider et al. 2021).

Während größere Weichteilverletzungen im Bereich der Maulhöhle bei Großkatzen mit resorbierbarem Nahtmaterial genäht werden sollten, heilen

oberflächliche Verletzungen in der Regel komplikationslos ohne Behandlung ab (Wiggs und Bloom 2003). In der vorliegenden Studie kamen keine größeren Wunden vor, jedoch wiesen zwei Großkatzen zum Untersuchungszeitpunkt kleinere, oberflächliche Weichteilverletzungen unbekannter Ursache im Bereich der Lippe und der Gingiva auf, welche nicht therapiebedürftig waren. Eine Beteiligung nicht sichtbarer Zahnanteile oder des Kieferknochens wurde durch intraorales Dentalröntgen überprüft und ausgeschlossen. Der weitere Heilungsverlauf konnte durch die Betreuer am wachen Tier überprüft werden, es traten keine Komplikationen auf.

Periphere odontogene Fibrome kommen sowohl bei Haus- (Stebbins et al. 1989, Colgin et al. 2001, De Bruijn et al. 2007, Velázquez-Urgel et al. 2018), als auch bei Großkatzen vor (Feccio et al. 2009, De Castro et al. 2011, Scott et al. 2020). Bei Hauskatzen machen periphere odontogene Fibrome 7,8% aller oralen Neoplasien aus (Stebbins et al. 1989). Sie treten bei Hauskatzen meist solitär auf (Stebbins et al. 1989, De Bruijn et al. 2007). Die Prävalenz von peripheren odontogenen Fibromen scheint bei Großkatzen niedrig zu sein (Feccio et al. 2009, De Castro et al. 2011, Scott et al. 2020). Nach chirurgischer Resektion der Umfangsvermehrung traten bei den beschriebenen Fällen im Beobachtungszeitraum keine Komplikationen auf (Feccio et al. 2009, Scott et al. 2020), in einem Fall kam es zu einem Rezidiv (De Castro et al. 2011). In der eigenen Studienpopulation war die Prävalenz ebenfalls gering (1/36). Die Resektion eines peripheren odontogenen Fibroms bei einem Löwen der untersuchten Gruppe war im Beobachtungszeitraum kurativ, bei einer Kontrolluntersuchung zeigte das betroffene Tier keine Auffälligkeiten im Bereich der Maulhöhle.

Parodontalerkrankungen zählen bei Hauskatzen mit einer Prävalenz von bis zu 70% zu den häufigsten Zahnerkrankungen überhaupt (Wiggs und Lobprise 1997 b). Zahnstein und Parodontalerkrankungen sind bei Großkatzen in



Gefangenschaft und in freier Wildbahn ebenfalls beschrieben (Robinson 1979, Haberstroh et al. 1984, Amand und Tinkelman 1985, Wiggs und Bloom 2003, Hope und Deem 2006, Kapoor et al. 2016, Schneider et al. 2021). Bei Großkatzen in Gefangenschaft treten Zahnstein und Parodontitis häufiger auf als bei ihren wildlebenden Artgenossen und nehmen mit steigendem Alter zu (Hope und Deem 2006). In freier Wildbahn fressen Großkatzen ganze Beutetiere, deren Zerlegung beim Kauvorgang einen mechanischen Abrieb von Zahnbelag verursacht (Wiggs und Bloom 2003, Kapoor et al. 2016). Die Prävalenz von Zahnstein und Parodontitis ist bei Großkatzen in zoologischen Einrichtungen in Europa geringer als in den USA (Kapoor et al. 2016), da in europäischen Einrichtungen in der Regel auch Knochen verfüttert werden, was der natürlichen Ernährungsweise der Tiere näher kommt (Haberstroh et al. 1984, Pearson et al. 2005). In den USA wird überwiegend zerkleinertes Fleisch an Großkatzen verfüttert, was wie bei Hauskatzen, die überwiegend Nassfutter erhalten, die Entstehung von Zahnstein und Parodontalerkrankungen vermutlich begünstigt (Haberstroh et al. 1984, Amand und Tinkelman 1985, Hinshaw et al. 1996, Wiggs und Lobprise 1997 b, Glatt et al. 2008, Kapoor et al. 2016). In der vorliegenden Arbeit waren knapp 14% der Großkatzen von Zahnsteinbildung betroffen. Bei Großkatzen gelten Probestiefen von bis zu drei Millimetern als physiologisch (Amand und Tinkelman 1985, Schneider et al. 2021). Nur das älteste Tier der vorliegenden Studie, ein 18jähriger Tiger, litt unter Parodontitis mit Probestiefen über drei Millimeter. Er wurde ausschließlich mit Hühnern gefüttert, deren weichere Konsistenz beim Kauen weniger Abrieb von Zahnbelag verursachen dürfte. Alle anderen Großkatzen der eigenen Studie erhielten Fleisch am Knochen. Dies kann, neben dem geringen Altersdurchschnitt der Studienpopulation, die niedrige Prävalenz von Zahnstein und Parodontalerkrankungen in dieser Arbeit erklären.

Variationen von Zahnanatomie, Zahn- und Wurzelanzahl kommen bei Großkatzen selten vor (Miles und Grigson 2003, Wiggs und Bloom 2003, Roux et al. 2009). Bei Hauskatzen liegt die Prävalenz von überzähligen Wurzeln bei etwa 10 % (Verstraete und Terpak 1997), bei Wildfeliden sind diese selten (Roux et al. 2009). Von 34 Großkatzen, deren Gebiss in dieser Arbeit röntgenologisch untersucht wurde, hatten zwei adulte Tiere eine überzählige Wurzel an einem P3 im Unterkiefer, dessen Krone unauffällig war. Sofern keine sonstigen Pathologien vorliegen, bedürfen überzählige Wurzeln keiner Therapie (Legendre und Reiter 2018). Bei geplanten Extraktionen oder endodontischen Maßnahmen ist jedoch die genaue Information über Lage, Form und Anzahl der Wurzeln Grundvoraussetzung für die Therapieplanung, was Dentalröntgenbilder unerlässlich macht (Legendre und Reiter 2018).

Persistierende Milchzähne sind ein in der Kleintierzahnheilkunde häufig beobachtetes Problem, welches vor allem kleine Hunderassen, aber auch Katzen betrifft (Hale 2005, Niemiec 2008 a). Bei Wildfeliden sind Störungen des Zahnwechsels selten beschrieben (Aghashani et al. 2016 und 2017, Collados et al. 2018 a, Steenkamp et al. 2018). Als Auslöser für Zahnwechselstörungen werden traumatische, genetische und multifaktorielle Ursachen diskutiert (Lobprise et al. 1999, Miles und Grigson 2003, Fulton et al. 2014). In der vorliegenden Arbeit war die Prävalenz von Zahnwechselstörungen gering. Bei einem Tier der eigenen Studienpopulation, einem etwa einjährigen Löwen, wurde ein persistierender Milchcaninus im Unterkiefer diagnostiziert. Die Ursache hierfür war nicht ersichtlich. Der Milchcaninus der kontralateralen Seite war bereits ausgefallen, und die Kronenspitzen der bleibenden Milchcanini im Unterkiefer waren eruptiert. Der persistierende Milchcaninus wurde den Empfehlungen der Literatur folgend extrahiert, um Zahnwechselstörungen und damit verbundene Komplikationen vorzubeugen (Lobprise et al. 1999, Hale 2005, Fulton et al.

2014). Der bleibende Caninus und die Okklusion waren bei einer späteren Kontrolluntersuchung ohne besonderen Befund.

Dentoalveoläre Traumata wie Abrasionen und Zahnfrakturen zählen zu den am häufigsten dokumentierten Erkrankungen bei Großkatzen in Gefangenschaft (Kertesz 2001, Hope und Deem 2006, Fahrenkrug und Mihaljevic 2011, Norton et al. 2018, Schneider et al. 2021). Auch bei Feliden in freier Wildbahn kommen Zahnfrakturen oft vor (Van Valkenburgh 1988, Roux et al 2009, Van Valkenburgh 2009, Goodrich et al. 2011, Aghashani et al. 2016 und 2017, Collados et al. 2018 a) und treten mit zunehmendem Alter häufiger auf (Smuts et al. 1978, Patterson et al. 2003, Goodrich et al. 2011). Die Prävalenz von Zahnfrakturen wurde in einer Studie an Schädeln von wildlebenden Tigern und Löwen mit 36% (Tiger) bzw. 24% (Löwen) angegeben (Van Valkenburgh 2009). Studien zur Prävalenz von Zahnfrakturen bei Hauskatzen existieren in der zugänglichen Literatur derzeit nicht. Innerhalb der in dieser Arbeit untersuchten Gruppe von Großkatzen waren traumatische Schäden der Zähne wie Frakturen und Abrasionen mit 66,7% die häufigsten Befunde. Die meisten Tiere mit beschädigten Zähnen hatten mehrere Zahntraumata. Bei Hauskatzen sind Caninusfrakturen am häufigsten (Niemiec 2005). Hingegen kamen in der vorliegenden Studie Frakturen der Incisivi am häufigsten vor, gefolgt von Caninusfrakturen. Dies deckt sich mit den Beobachtungen einer Studie über Jaguare in Gefangenschaft (Schneider et al. 2021). In der eigenen Studienpopulation traten Schmelzfrakturen und komplizierte Kronen- und Kronen-Wurzelfrakturen unabhängig von der Lokalisation am häufigsten auf. Während man bei wildlebenden Großkatzen Kämpfe, das Kauen von Knochen und Unfälle bei der Jagd als Ursachen für Zahntraumata erachtet (Van Valkenburgh 1988, Van Foreest und Roeters 1997, Van Valkenburgh 2009, Goodrich et al. 2011), macht man bei Großkatzen in Gefangenschaft vor allem die Haltungsbedingungen, sowie daraus resultierende Verhaltensprobleme für

Zahnfrakturen und Abrasionen verantwortlich (Robinson 1979, Amand und Tinkelman 1985, Van Foreest und Roeters 1997, Wiggs und Bloom 2003, Hope und Deem 2006, Norton et al. 2018, Schneider et al. 2021). Einzäunung und Einrichtung der Käfige aus Metall erhöhen das Risiko für Abrasionen und Zahnfrakturen (Robinson 1979, Amand und Tinkelman 1985, Kertesz 1993, Wiggs und Bloom 2003, Glatt et al. 2008, Schneider et al. 2021). Vorberichtlich war bei keinem der Tiere der vorliegenden Studie eine Ursache für die Zahnschäden bekannt. Die Form der Abrasionen an den Zähnen einiger Großkatzen der Studienpopulation lässt aber auf Grund des runden Querschnitts der Läsionen vermuten, dass sie durch Käfigbeißen oder das wiederholte Schleifen mit den Zähnen an Gitterstäben verursacht wurden. Auch in der Studie von Schneider et al. (2021) an Jaguaren wurden 40% der Abrasionen dem Käfigbeißen zugeschrieben.

Zahnfrakturen mit Pulpaeröffnung können eine bakterielle Pulpitis, Pulpanekrose und Osteomyelitis verursachen (Robinson 1979, Holmstrom 1992, Kertesz 1993, Wiggs und Lobprise 1997 c, Ulbricht et al. 2003, Reiter et al. 2004, Niemiec 2008 a). In der vorliegenden Studie hatten alle kompliziert frakturierten Zähne eine Pulpanekrose.

Neben komplizierten Zahnfrakturen mit Pulpenexposition können auch unkomplizierte Kronenfrakturen und Abrasionen durch eine über das Dentin eindringende Infektion zu einer Pulpitis führen (Niemiec 2009). Bei den Großkatzen der eigenen Studie wurde an mehreren Zähnen mit komplizierter Kronenfraktur und bei einem Caninus mit unkomplizierter Kronenfraktur in der röntgenologischen Untersuchung eine apikale Aufhellung nachgewiesen, was auf eine Pulpitis hindeutet. Dies zeigt, dass jeder beschädigte Zahn stets geröntgt werden sollte, wie es auch in der Literatur empfohlen wird (Niemiec 2009).

Da es auch bei Milchzahnfrakturen mit Pulpenexposition häufig zu einer Pulpitis und nachfolgend zu einer Schädigung der darunterliegenden Zahnanlage des bleibenden Zahnes durch Infektionen und Entzündungsprozesse kommt, gilt die Extraktion des frakturierten Milchzahns als Therapie der Wahl (Amand und Tinkelman 1985, Legendre 1994, Wiggs und Lobprise 1997 a, Lobprise et al. 1999, Ulbricht et al. 2003, Hale 2005 Niemiec 2008 a). Eine Löwin der eigenen Studienpopulation zog sich im Alter von etwa einem Jahr eine komplizierte Kronenfraktur eines Oberkiefermilchcaninus zu, was zu einer Pulpitis und dunklen Verfärbung des Milchzahnes führte, die dem Betreuer aufgefallen war. Der frakturierte Milchzahn wurde gemäß den Therapieempfehlungen für Hauskatzen (Legendre 1994, Wiggs und Lobprise 1997 a, Lobprise et al. 1999, Hale 2005) und der für Großkatzen zur Verfügung stehenden Literatur (Ulbricht et al. 2003) extrahiert. Bei einer Kontrolluntersuchung etwa ein Jahr nach der Extraktion des frakturierten Milchzahns waren der bleibende Caninus und die Okklusion der betreffenden Löwin ohne besonderen Befund.

Auch dentoalveoläre Fisteln entstehen meist als Folge von Zahnfrakturen mit Pulpenexposition und bakterieller Pulpitis mit apikaler Abszessbildung (Robinson 1979, Amand und Tinkelman 1985, Kertesz 1993, Ulbricht et al. 2003, Reiter et al. 2004, Niemiec 2008 a). Eine Fistelbildung ist außerdem als Komplikation beschrieben, wenn bei der Extraktion von Zähnen lose Knochen- oder Zahnfragmente in der Extraktionswunde verbleiben (Reiter et al. 2004). Ein Löwe der in dieser Arbeit untersuchten Population wurde wegen chronischen Speicheln vorgestellt, das nach einer Caninusextraktion im Unterkiefer aufgetreten war. Exzessives Speicheln ist bei Wildtieren als Symptom für Maulhöhlenerkrankungen bzw. Schmerzen im Bereich der Maulhöhle beschrieben (Amand und Tinkelman 1985). Bei der Untersuchung in Narkose wurde eine Fistel im Bereich der Extraktionsstelle des Unterkiefercaninus festgestellt. Da die Röntgenaufnahme der Extraktionsstelle

keine Veränderungen der Knochenstruktur oder lose Knochen- oder Zahnfragmente zeigte, wurde eine bakterielle Osteomyelitis in Betracht gezogen. Bei dem untersuchten Löwen heilte die Fistel nach systemischer antibiotischer Therapie vollständig ab.

Vermeintlich fehlende Zähne sollten grundsätzlich geröntgt werden (Lobprise et al. 1999, Niemiec 2008 a und 2009, Schneider et al. 2021), da im Dentalröntgen nicht selten impaktierte Zähne oder nach Zahnfrakturen oder unvollständigen Extraktionen verbliebene Wurzelreste nachgewiesen werden (Niemiec 2008 a, Schneider et al. 2021). Bei sieben der 36 im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Großkatzen fielen vermeintlich fehlende Zähne bei der Untersuchung der Maulhöhle in Narkose auf. Durch intraorale Dentalröntgenaufnahmen wurden bei vier der sieben Tiere Wurzelreste entdeckt. Dies stimmt mit den Erkenntnissen einer Studie an Jaguaren überein, in der ebenfalls bei vielen vermeintlich fehlenden Zähnen röntgenologisch ein verbliebener Wurzelrest gefunden wurde (Schneider et al. 2021), was die Wichtigkeit des Dentalröntgens untermauert.

Zahnresorptionen sind sowohl bei Hauskatzen (Van Wessum 1992, Ingham et al. 2001, Reiter und Mendoza 2002, Lemmons 2013, Gorrel 2015), als auch bei Großkatzen und anderen Wildfeliden (Kertesz 1993, Berger et al. 1995 und 1996, Levin 1996, Wiggs und Bloom 2003, Roux et al. 2009, Aghashani et al. 2016 und 2017, Collados et al. 2018 b, Steenkamp et al. 2018, Schneider et al. 2021) beschrieben. Bei Hauskatzen gilt es als erwiesen, dass die Häufigkeit von Zahnresorptionen mit zunehmendem Alter steigt (Van Wessum et al. 1992, Reiter und Mendoza 2002, Lemmons 2013, Gorrel 2015). Ob diese Aussage auch für Großkatzen zutrifft, wurde bisher noch nicht untersucht. Eine Studie an 228 Hauskatzen, deren Zähne einer klinischen und röntgenologischen Untersuchung unterzogen wurden, gab die Prävalenz von Zahnresorptionen mit 29% an (Ingham et al. 2001). In Studien an

wildlebenden Groß- und Kleinkatzen lag die Prävalenz zwischen 6,8 und 16% und somit niedriger als bei Hauskatzen (Roux et al. 2009, Aghashani et al. 2016 und 2017, Collados et al. 2018 b). In einer Studie an Geparden, deren Zähne klinisch untersucht, aber nicht geröntgt wurden, wurde lediglich bei einem von 256 Tieren eine Zahnresorption gefunden (Steenkamp et al. 2018). Die auffallend niedrige Prävalenz in dieser Studie kann durch die fehlende Röntgendiagnostik erklärt werden, da Zahnresorptionen ohne Dentalröntgen leicht übersehen werden können (Verstraete et al. 1998, Gorrel 2015). In der vorliegenden Arbeit wurde nur bei einem von 36 Tieren eine Zahnresorption diagnostiziert. Somit war die Prävalenz niedriger als in anderen Studien an Wildfeliden (Roux et al. 2009, Aghashani et al. 2016 und 2017 Collados et al. 2018 b), was mit dem hohen Anteil von 47,2% juveniler Großkatzen in der untersuchten Population zusammenhängen kann. Da nicht bei allen Tieren dieser Studie das gesamte Gebiss röntgenologisch untersucht werden konnte, ist jedoch nicht auszuschließen, dass vorhandene Zahnresorptionen nicht erkannt wurden.

Die hohe Prävalenz von Zahnfrakturen und Abrasionen in der vorliegenden Arbeit wirft die Frage nach den Ursachen auf. Die Gefahr dentoalveolärer Traumata ist bekannt, wenn Großkatzen in Metallgitter oder Käfigeinrichtung hineinbeißen oder mit den Zähnen daran entlang schleifen (Robinson 1979, Amand und Tinkelman 1985, Kertesz 1993, Wiggs und Bloom 2003, Glatt et al. 2008). Es gilt zudem als erwiesen, dass Wildtiere in Gefangenschaft höherem Stress ausgesetzt sind als ihre wildlebenden Artgenossen (Terio et al. 2004, Morgan und Tromborg 2007, Bayazit 2009) und dies negative Auswirkungen auf die Gesundheit der Tiere hat (Terio et al. 2004, Kilbourn et al. 2003). In der vorliegenden Arbeit ist die Prävalenz von Maulhöhleenerkrankungen bei Großkatzen deutlich höher als in anderen Großkatzenstudien (Hope und Deem 2006, Norton et al. 2018). Auffallend ist außerdem, dass die Tiere der vorliegenden Studie bereits in einem sehr jungen

Alter von Zahnerkrankungen betroffen waren. So wiesen alle Tiere ab einem Alter von zwei Jahren pathologische Veränderungen in der Maulhöhle auf. Bei den untersuchten Tieren handelte es sich überwiegend um Zirkustiere, während die Großkatzen in Studien mit niedrigerer Prävalenz von Maulhöhlenerkrankungen in zoologischen Einrichtungen lebten (Hope und Deem 2006, Norton et al. 2018). Der Kontakt zu Käfigteilen aus Metall kommt als Ursache für die in der eigenen Studienpopulation gefundenen Zahnfrakturen und Abrasionen in Frage, da 34 der 36 Tiere überwiegend in Metallkäfigen gehalten wurden, nur zwei Tiere lebten in einem Freigehege. Denkbar ist außerdem, dass die Stressbelastung und Verletzungsgefahr für Großkatzen durch die Haltungsbedingungen in Zirkussen mit kleineren Käfigen, höherer Besatzdichte und regelmäßigem Transport, Training und Auftritten höher ist als in Zoos und dies zu einer höheren Prävalenz von Zahnerkrankungen führt. Stereotypen und andere Verhaltensstörungen wie Käfigbeißen gelten als typische Anzeichen von Stress und Frustration (Robinson 1979, Amand und Tinkelman 1985, Kertesz 1993, Van Foreest und Roeters 1997, Wenker et al. 1998, Kortegaard et al. 2003, Pitsko 2003, Wiggs und Bloom 2003, Krawczel et al. 2005, Hope und Deem 2006, Glatt et al. 2008, Breton und Barrot 2014, Norton et al. 2018). In drei Studien an Großkatzen wurde der Kontakt mit Metallgegenständen wie Gitterstäben für die hohe Prävalenz von Zahnfrakturen und Abrasionen verantwortlich gemacht (Hope und Deem 2006, Norton et al. 2018, Schneider et al. 2021). Eine der Studien dokumentierte zusätzlich eine Vielzahl von haltungs- oder verhaltensbedingten Erkrankungen, als deren Ursachen unter anderem die Haltung von zu vielen Tieren auf zu engem Raum, Stress und Langeweile angegeben wurden (Hope und Deem 2006). Zwischen Zahnerkrankungen und Verhaltensproblemen wurde in dieser Studie jedoch kein direkter Zusammenhang hergestellt (Hope und Deem 2006). Auch in der eigenen Arbeit ließ sich ein Zusammenhang zwischen den Haltungsbedingungen und den Zahnerkrankungen nicht zweifelsfrei beweisen, auch wenn mehrere Tiere



der Studienpopulation Abrasionen an den Zähnen aufwiesen, deren Form und Position eindeutig mit dem wiederholten Schleifen an Gitterstäben erklärt werden konnte. Um den konkreten Zusammenhang zwischen Haltungsbedingungen und Zahngesundheit zu untersuchen, sind weitere Studien notwendig.

Da Zahnerkrankungen bei Großkatzen in Gefangenschaft zu den häufigsten Erkrankungen gehören (Hope und Deem 2006, Norton 2018), sollte dieser Problematik ein entsprechender Stellenwert eingeräumt werden. Die Qualität der zahntierärztlichen Arbeit bei Großkatzen sollte sich an den hohen Standards der Hauskatzenzahnheilkunde orientieren und immer auch die röntgenologische Untersuchung des gesamten Gebisses mit einschließen (Kertesz 2001, Schneider et al. 2021). Limitierend für die vollständige röntgenologische Untersuchung des Gebisses bei Großkatzen ist häufig eine zu kurze Narkosedauer (Kertesz 2001, Wiggs und Bloom 2003, Kortegaard et al. 2003, Fahrenkrug und Mihaljevic 2011). In der vorliegenden Studie konnten bei einigen Tieren nicht alle Zähne geröntgt werden, weil die Tiere nur eine Kurznaarkose, beispielsweise für eine Blutprobenentnahme, erhalten hatten und die Röntgenuntersuchung des Gebisses wegen des frühzeitigen Erwachens der Tiere abgebrochen werden musste. Inhalationsnarkosen ermöglichen die Anfertigung von Dentalröntgenbildern auf Grund der Steuerbarkeit von Narkosetiefe und -länge auch parallel zu anderen medizinischen Eingriffen (Wiggs und Bloom 2003). Bei den Tieren dieser Studie, welche eine Inhalationsnarkose erhielten, gelang auch die vollständige röntgenologische Untersuchung des gesamten Gebisses.

Da die Tiere meist an dem Ort narkotisiert, untersucht und behandelt werden müssen, an dem sie gehalten werden, findet man oft keine optimalen Arbeitsbedingungen vor (Kortegaard et al. 2003, Kertesz 2001, Fahrenkrug und Mihaljevic 2011). Bei der Durchführung der vorliegenden Studie ergaben

sich neben der teils kurzen Narkosedauer in manchen Fällen noch weitere Schwierigkeiten. Beispielsweise erschwerten eine fehlende Stromversorgung, widrige Witterungsverhältnisse oder enge Käfige, in denen manche Tiere untersucht und behandelt werden mussten, teilweise den Einsatz des Röntgenequipments und der Dentaleinheit und behinderten einen reibungslosen Ablauf. Der Einsatzort sollte also möglichst so gewählt werden, dass der Patient entsprechend gelagert und das benötigte Equipment in Reichweite des Patienten aufgebaut werden kann (Amand und Tinkelman 1985, Kertesz 2001, Fahrenkrug und Mihaljevic 2011). Eine möglichst geringe Anzahl an Narkosen und Eingriffen ist zum Wohle der Tiere wünschenswert (Kertesz 2001). Im Idealfall gelingen Untersuchung, Diagnostik und Therapie in einer einzigen Sitzung (Kertesz 2001). Die Narkosedauer lässt sich für den Patienten verkürzen, wenn dank moderner Ausstattung und routinierten Vorgehens beim Untersuchungsgang und der bildgebenden Diagnostik zügig eine Diagnose gestellt und eine Behandlung eingeleitet werden kann (Kertesz 2001).

Die hohe Prävalenz von Zahnerkrankungen in der vorliegenden Arbeit unterstreicht die dringende Notwendigkeit regelmäßiger Untersuchungen der Maulhöhle bei Großkatzen, da Erkrankungen sonst lange Zeit unbemerkt bleiben können (Hinshaw et al. 1996, Kertesz 2001, Hope und Deem 2006, Glatt 2008, Fahrenkrug und Mihaljevic 2011, Steenkamp et al. 2018, Schneider et al. 2021). Die Anfertigung intraoraler Dentalröntgenaufnahmen von veränderten Bereichen, welche bei Adspektion des wachen Tieres und während der Untersuchung und Sondierung in Narkose auffallen, muss der Minimalstandard bei der systematischen Untersuchung der Maulhöhle von Großkatzen sein, um das Ausmaß der Veränderung einschätzen und gegebenenfalls weitere notwendige Eingriffe besser planen zu können (Kertesz 2001, Lemmons 2013, Schneider et al. 2021). Optimal ist die röntgenologische Untersuchung des gesamten Gebisses, wie es in der

Hauskatzenzahnheilkunde Standard ist, um auch Veränderungen in adspektorisch unauffälligen Bereichen sicher ausschließen zu können (Schneider et al. 2021). Mit Hilfe des in dieser Arbeit entwickelten Verfahrens lassen sich qualitativ hochwertige intraorale Dentalröntgenaufnahmen bei Großkatzen anfertigen, mit denen Zahnerkrankungen schnell und zuverlässig diagnostiziert werden können. Anhand der eigenen Arbeit kann nicht sicher belegt werden, dass bei Großkatzen standardmäßig immer ein kompletter Dentalröntgenstatus erhoben werden sollte, da nur bei sechs Tieren Befunde ausschließlich über das Dentalröntgen entdeckt wurden, die adspektorisch nicht erkennbar waren. Dennoch kann nicht ausgeschlossen werden, dass bei den Großkatzen, deren Gebiss nicht oder nicht vollständig geröntgt wurde, Befunde übersehen wurden. Auch die junge Studienpopulation könnte dazu beitragen, dass röntgenologisch verhältnismäßig wenige Befunde entdeckt wurden. Unbestritten ist jedoch, dass Dentalröntgenaufnahmen stets zumindest wichtige Zusatzinformationen über Erkrankungen dentaler Strukturen liefern (Kertesz 2001, Lemmons 2013, Schneider et al. 2021).

Zukünftig wären Studien mit größeren Fallzahlen und einem höheren Durchschnittsalter der Studienpopulation wünschenswert, deren Untersuchung auch ein komplettes Dentalröntgen einschließt. Weiterer Studienbedarf ergibt sich auch aus der Frage, welche Faktoren die Zahngesundheit von Großkatzen in Gefangenschaft beeinflussen und welche Maßnahmen ergriffen werden müssen, um die Zahngesundheit und damit auch die Gesamtkonstitution und Lebensqualität der Großkatzen zu verbessern. Zahnerkrankungen von Wildtieren in Gefangenschaft sollten auch zusammen mit der Haltungsform und Anzeichen für Verhaltensprobleme und Stress beurteilt werden, um belastbare Informationen über deren Zusammenhänge zu erlangen (Kapoor et al. 2016). Neben der hohen zahnmedizinischen Relevanz sollten zukünftige Studien auch notwendige Tierschutzaspekte erfassen.

## VI. ZUSAMMENFASSUNG

Eingeschlossen in die vorliegende Untersuchung wurden 36 Löwen und Tiger. In die Studie aufgenommen wurden sowohl Tiere mit bekannter Zahnerkrankung, als auch Tiere, deren Gebiss routinemäßig im Rahmen anderer medizinisch notwendiger Eingriffe unter Allgemeinanästhesie untersucht werden sollte. Die Untersuchung der Maulhöhle umfasste die Adspektion, Sondierung und wenn möglich auch intraorales Dentalröntgen. Acht Großkatzen wurden wegen bekannter Zahnerkrankungen zur Untersuchung vorgestellt. Die übrigen 28 Tiere hatten vorberichtlich keine Erkrankungen im Bereich der Maulhöhle. Bei 15 Großkatzen wurde das Gebiss vollständig geröntgt, bei 19 Tieren wurden nur klinisch auffällige Bereiche der Maulhöhle röntgenologisch untersucht, zwei Tiere konnten nicht geröntgt werden. Die Röntgenbilder wurden mit digitalen Speicherfolien für das intraorale Dentalröntgen bei Pferden angefertigt. Es kam sowohl die Parallel- als auch die Halbwinkeltechnik zum Einsatz. Um den Strahlengang möglichst exakt zu beschreiben, wurde ein ursprünglich für das Pferd entwickeltes Hemisphärenmodell verwendet (Stoll et al. 2011). Mit der hier vorgestellten Methode zum intraoralen Dentalröntgen war es möglich, alle Zähne des Großkatzengebisses mit sieben Röntgenaufnahmen vollständig darzustellen. Die digitale intraorale Röntgentechnik mit Speicherfolien erlaubte eine flexible Lagerung des Patienten und bot die Möglichkeit einer schnellen und genauen Beurteilung der Zahnstrukturen, was Diagnosestellung und Therapieplanung entscheidend erleichterte. Bei den 28 Großkatzen, deren Gebiss routinemäßig untersucht wurde, fanden sich bei zwei Dritteln der Tiere (19/28) pathologische Veränderungen in der Maulhöhle, ohne dass diese zuvor aufgefallen waren. Von den insgesamt 36 untersuchten Großkatzen blieben nur neun Tiere befundfrei. Am häufigsten wurden dentoalveoläre Traumata wie Zahnfrakturen und Abrasionen diagnostiziert. Der hohe Anteil der von Erkrankungen der Maulhöhle betroffenen Großkatzen in dieser Studie ist als Bestätigung der Forderung nach der regelmäßigen systematischen

stomatologischen Untersuchung bei Großkatzen mit intraoralem Dentalröntgen zu werten. Des Weiteren lassen die Ergebnisse vermuten, dass ein Zusammenhang zwischen Haltungsbedingungen und der Häufigkeit insbesondere dentoalveolärer Traumata bei Großkatzen in Gefangenschaft besteht.

## VII. SUMMARY

A big cat population of 36 lions and tigers served as the basis of the present study. Animals that needed treatment for known dental diseases and those that had to be anesthetized for other medically necessary procedures and dental health status examinations were included. The examination of the oral cavity included adspaction, dental probing and dental radiographs whenever possible. Eight big cats were specifically presented for oral examination because of known dental disease. The remaining 28 animals were reported to have no oral or dental disease. In 15 big cats, full-mouth radiographs were obtained, in 19 animals radiographs of only areas with clinical changes were captured, in two animals no dental radiographs could be taken. Intraoral dental radiographs were captured with digital imaging plates designed for intraoral dental radiography in horses. Both the parallel technique and bisecting angle technique were used. A hemisphere model originally developed for horses was used to describe the path of the x-ray beam as accurately as possible (Stoll et al. 2011). The results demonstrated that it was possible to completely image all the teeth of big cat dentition on seven radiographs using the described method. Intraoral dental radiography with digital imaging plates allowed flexible positioning of the big cat, aiding in the quick and reliable evaluation, diagnosis and therapy planning of dental diseases. In the 28 big cats that underwent routine oral cavity examination, pathological changes that had not previously been noticed were found in two-thirds of the animals (19/28). Only nine of a total of 36 animals examined had no oral cavity findings. Dentoalveolar trauma such as tooth fractures and abrasions were diagnosed most frequently. The study's results highlight the importance of the requirement for regular oral examinations in big cats with intraoral dental radiography. Furthermore, the results suggest that there is a relationship between husbandry conditions and the incidence of dentoalveolar trauma in captive big cats.



**VIII. LITERATURVERZEICHNIS****Amand WB, Tinkelman CL**

Oral disease in captive wild animals; in: Veterinary Dentistry, hrsg. von Harvey CE.

WB Saunders, Philadelphia 1985: 289-311

**AVDC. American Veterinary Dental College Nomenklatur**

Accessed 02.02.2022

<https://avdc.org/avdc-nomenclature/>

**Aghashani A, Kim AS, Kass PH, Verstraete FJM**

Dental pathology of the California bobcat (*Lynx rufus californicus*).

J Comp Pathol. 2016; 154(4): 329-340

**Aghashani A, Kim AS, Kass PH, Verstraete FJM**

Dental and temporomandibular joint pathology of the California mountain lion (*Puma concolor couguar*).

J Comp Pathol. 2017; 156(2-3): 251-263

**Bayazit V**

Evaluation of cortisol and stress in captive animals.

Aust J Basic Appl Sci. 2009; 3: 1022-1031



**Bellows J, Fahrenkrug P**

Dentale Röntgentechnik.

Pharmacia & Upjohn, Erlangen 2001: 5-11

**Berger M, Schawalder P, Stich H, Lussi A.**

Neck lesions bei Grosskatzen: Untersuchungen beim Leoparden (*Panthera pardus*).

Kleintierpraxis 1995; 40: 537-549

**Berger M, Schawalder P, Stich H, Lussi A**

Feline dental resorptive lesions in captive and wild leopards and lions.

J Vet Dent. 1996; 13:3-21

**Berman L, Hartwell GR**

Diagnosis; in: Cohen's pathway of the pulp, hrsg. von Hargreaves KM und Cohen S.

Mosby, St. Louis 2011: 36

**Breton G, Barrot S**

Influence of enclosure size on the distances covered and paced by captive tigers (*Panthera tigris*).

Appl Anim Behav Sci. 2014; 154: 66-75

**Ciobotaru E, Soare T, Dinescu G, Constantinescu C, Militaru M**

Valvular and parietal endocarditis in a Bengal tiger.

J Comp Path. 2010; 143(4): 345

**Colgin LMA, Schulman FY, Dubielzig RR**

Multiple epulides in 13 cats.

Vet Pathol. 2001; 38(2): 227-229

**a) Collados J, Garcia C, Rice CA**

Dental pathology of the Iberian lynx (*Lynx pardinus*), Part I: Congenital, developmental, and traumatic abnormalities.

J Vet Dent. 2018, 35(3): 195-208

**b) Collados J, Garcia C, Soltero-Rivera M, Rice CA**

Dental pathology of the Iberian lynx (*Lynx pardinus*), Part II: Periodontal disease, tooth resorption, and oral neoplasia.

J Vet Dent. 2018; 35(3): 209-216

**Miles AEW, Grigson C (Hg.)**

Colyer's variations and diseases of the teeth of animals.

Cambridge University Press, Cambridge 2003: 62-354

**Cook RA, Stoller NH**

Periodontal status in snow leopards.

J Am Vet Med Assoc. 1986; 189(9): 1082-1083

**De Bruijn ND, Kirpensteijn J, Neyens IJS, Van den Brand JMA, Van den Ingh TSGAM**

A clinicopathological study of 52 feline epulides.

Vet Pathol. 2007; 44(2): 161-169

**De Castro MB, Barbeitas MM, Borges TJ, Bonorino RP, Ramos RR, Szabo MPJ**

Fibromatous epulis in a captive lion (*Panthera leo*).

Braz J Vet Pathol. 2011; 4(2): 150-152

**De Simoi A**

Complications of mandibular brachygnathism in a North African leopard.

J Vet Dent. 2006; 23(2): 89-95

**Dorso L, Risi E, Triau S, Labrut S, Nguyen F, Guigand L, Wyers M, Abadie J**

High-grade mucoepidermoid carcinoma of the mandibular salivary gland in a lion (*Panthera leo*).

Vet Pathol. 2008; 45: 104-108

**DuPont GA, DeBowes LJ**

Comparison of periodontitis and root replacement in cat teeth with resorptive lesions.

J Vet Dent. 2002; 19(2): 71-75

**DuPont GA**

Radiographic evaluation and treatment of feline dental resorptive lesions.

Vet Clin North Am Small Anim Pract. 2005; 35(4): 943-962

**Dziallas P, Becker A, Bösing B, Zimmering T, Böer M, Mischke R, Kästner S, Wefstaedt P, Nolte I**

Computertomographische Diagnostik eines retrobulbären Abszesses bei einem weißen Königstiger.

Tierarztl Prax Ausg K Kleintiere Heimtiere 2012; 40(1); 59-63

**Eickhoff M**

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

Enke, Stuttgart 2005: 17-36

**Emily, P**

Intraoral radiology.

Vet Clin North Am Small Anim Pract. 1986; 16(5): 801-816

**Fagan DA, Oosterhuis JE, Kirkman JE**

A review of the expanding field of exotic animal oral health care-veterinary dentistry.

J Vet Dent. 1998; 15(3): 117-128

**Fahrenkrug P**

Der stomatologische Untersuchungsgang bei Hund und Katze.

Upjohn, Heppenheim 1993: 3-31

**Fahrenkrug P**

Dentales Röntgen.

Kongressband der 7. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Tierzahnheilkunde, Berlin 2011

**Fahrenkrug P, Mihaljevic SY**

Zahnprobleme bei Großkatzen.

Kongressband der 7. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Tierzahnheilkunde, Berlin 2011

**Fecchio RS, Gomes MS, Lopes FM, Hofmann F, Perinelli AF, Kleeb S, Xavier JG, Gioso MA**

Fibromatous epulis oral in tiger (*Panthera tigris*) - case report.

Clin Vet. 2009, supl 14: 58

**Feccio RS, Gomes MS, Xavier JG, Kunze PE, Gioso MA**

Maxillary calcifying epithelial odontogenic tumor in a Siberian tiger (*Panthera tigris altaica*).

J Vet Dent. 2015; 32(2): 120-121

**Fulton AJ, Fiani N, Verstraete FJM**

Canine pediatric dentistry.

Vet Clin North Am Small Anim Pract. 2014; 44(2): 303-324

**Gengler W, Dubielzig R, Ramer J**

Physical examination and radiographic analysis to detect dental and mandibular bone resorption in cats: a study of 81 cases from necropsy.

J Vet Dent. 1995; 12(3): 97-100

**Gioso MA**

Prevalence of oral lesions in *Puma concolor* and *Panthera onca* in the state of Sao Paulo.

Kongressband des 15. Annual Veterinary Dental Forum, Texas 2001: 200

**Glatt SE, Francl KE, Scheels JL**

A survey of current dental problems and treatments of zoo animals.

Int Zoo Yb. 2008; 42: 206-213

**Goodrich JM, Seryodkin IV, Miquelle DG, Kerley LL, Quigley HB, Hornocker MG**

Effects of canine breakage on tiger survival, reproduction and human-tiger conflict.

J Zool. 2011; 285(2): 93-98

**Gorrel C**

Tooth resorption in cats. Pathophysiology and treatment options.

J Feline Med Surg. 2015; 17(1): 37-43

**Gracis M**

Dental anatomy and physiology; in: BSAVA Manual of canine and feline dentistry and oral surgery, hrsg. von Reiter AM und Gracis M.

British Small Animal Veterinary Association 2018: 6-32

**Gunson DE, Klein LV, Reid CF**

Gingival squamous cell carcinoma in a Canadian lynx.

J Am Vet Med Assoc. 1978; 173(9): 1228-1230

**Gutmann JL, Witherspoon DE**

Obturation of the cleaned and shaped root canal system; in: Cohen's pathways of the pulp, hrsg. von Burns RC und Cohen S.

Mosby, St. Louis 1998: 258-361

**Haberstroh LI, Ullrey DE, Sikarski JG, Richter NA, Colmery BH, Myers TD**

Diet and oral health in captive Amur tigers (*Panthera tigris altaica*).

J Zoo Anim Med. 1984; 15(4): 142-146

**Hale FA**

Juvenile veterinary dentistry.

Vet Clin North Am Small Anim Pract. 2005; 35(4): 789-817

**Harvey CE, Emily P**

Oral neoplasms; in: Small animal dentistry, hrsg. von Harvey CE und Emily P.

Mosby, St. Louis 1993: 306

**Holmstrom SE**

Feline endodontics.

Vet Clin North Am Small Anim Pract. 1992; 22(6): 1433-1451

**Holmstrom S, Frost P, Eisner E**

Restorative dentistry; in: Veterinary dental techniques: for the small animal practitioner, hrsg. von Holmstrom S, Frost P, Eisner E.

WB Saunders, Philadelphia 1998: 319-394

**Holmstrom SE, Bellows J, Juriga S, Knutson K, Niemiec BA, Perrone J**

2013 AAHA dental care guidelines for dogs and cats.

J Am Anim Hosp Assoc. 2013; 49(2): 75-82

**Hope K, Deem SL**

Retrospective study of morbidity and mortality of captive jaguars (*Panthera onca*) in North America: 1982–2002.

Zoo Biol. 2006; 25(6): 501-512



**Ingham KE, Gorrel C, Blackburn J, Farnsworth W**

Prevalence of odontoclastic resorptive lesions in a clinically healthy cat population.

J Small Anim Pract. 2001; 42(9): 439-443

**Hinrichs JE**

The role of dental calculus and other predisposing factors; in: Carranza's Clinical Periodontology, hrsg. von Newman MG, Takei H, Klokkevold PR, Carranza FA.

Saunders, St. Louis 2006: 170-192

**Hinshaw KC, Amand WB, Tinkelman CL**

Preventive medicine; in: Wild mammals in captivity: principles and techniques, hrsg. von Kleiman DG, Allen ME, Thompson KV, Lumpkin S.

University of Chicago Press, Chicago 1996: 14-24

**Kapoor V, Antonelli T, Parkinson JA, Hartstone-Rose A**

Oral health correlates of captivity.

Res Vet Sci. 2016; 107: 213-219

**Kertesz P**

Dental diseases and their treatment in captive wild animals. A colour atlas of veterinary dentistry and oral surgery.

Wolfe Publishing, London 1993; 215-281

**Kertesz P**

Dentistry; in: Encyclopedia of the world's zoos, hrsg. von Bell CE.

Fitzroy Dearborn Publishers, Chicago 2001: 341-344

**Kilbourn AM, Karesh WB, Wolfe ND, Bosi EJ, Cook RA, Andau M**

Health evaluation of free-ranging and semi-captive orangutans (*Pongo pygmaeus pygmaeus*) in Sabah, Malaysia.

J Wildlife Dis. 2003; 39(1): 73-83

**Kortegaard H, Qvist J, Nielsen CG, Eriksen T**

Endodontic Treatment of a Tiger: Veterinary Dentist at Work.

J Vet Dent. 2003; 20(3): 149-153

**Krawczel PD, Friend TH, Windom A**

Stereotypic behavior of circus tigers: effects of performance.

Appl Anim Behav Sci. 2005; 95(3-4), 189-198

**Kuntsi H, Schwarz T, Mai W, Reiter AM**

Dental and oral diagnostic imaging and interpretation; in: BSAVA Manual of canine and feline dentistry and oral surgery, hrsg. von Reiter AM und Gracis M.

British Small Animal Veterinary Association 2018: 49-88

**Lamberski N**

Felidae; in: Fowler's Zoo and Wild Animal Medicine, hrsg. von Miller RE und Fowler ME.

Elsevier 2015: 467–476

**Legendre L**

Dentistry on deciduous teeth: what, when, and how.

Can Vet J. 1994; 35(12): 793

**Legendre L, Reiter AM**

Management of dental, oral and maxillofacial developmental disorders; in: BSAVA Manual of canine and feline dentistry and oral surgery, hrsg. von Reiter AM und Gracis M.

British Small Animal Veterinary Association 2018: 245-278

**Lemmons M**

Clinical feline dental radiography.

Vet Clin North Am Small Anim Pract. 2013; 43(3): 533-554

**Levin J**

Tooth resorption in a Siberian tiger.

Kongressband des 10. Annual Veterinary Dental Forum; Houston 1996: 212–214

**Liptak JM, Withrow SJ**

Oral tumors; in: Small animal clinical oncology, hrsg. von Withrow SJ, Vail DM.

Saunders Elsevier, St. Louis 2007: 455-478

**Lobprise HB, Wiggs RB, Peak RM**

Dental diseases of puppies and kittens.

Vet Clin North Am Small Anim Pract. 1999; 29(4): 871-893

**Lommer MJ, Verstraete FJM**

Prevalence of odontoclastic resorption lesions and periapical radiographic lucencies in cats: 265 cases (1995–1998).

J Am Vet Med Assoc. 2000; 217: 1866-1869

**Mihaljevic SY**

Zahnradiologie bei Hund und Katze.

Schlütersche, Hannover 2010: 6-119

**Milella L**

Occlusion and malocclusion in the cat: What's normal, what's not and when's the best time to intervene?

J Feline Med Surg. 2015; 17(1): 5-20

**Morgan KN, Tromborg CT**

Sources of stress in captivity.

Appl Anim Behav Sci. 2007; 102(3-4): 262-302

**Niemiec BA**

Fundamentals of Endodontics.

Vet Clin North Am Small Anim Pract. 2005; 35: 837-868

**a) Niemiec BA**

Oral pathology.

Top Companion Anim Med. 2008; 23(2): 59-71

**b) Niemiec BA**

Periodontal disease.

Top Companion Anim Med. 2008; 23(2):72-80

**Niemiec BA**

Case based dental radiology.

Top Companion Anim Med. 2009; 24(1): 4-19

**Niemiec BA**

Feline dental radiography and radiology: A primer.

J Feline Med Surg. 2014; 16(11): 887-899

**Norton BB, Tunseth D, Holder K, Briggs M, C. Hayek LA, Murray S**

Causes of morbidity in captive African lions (*Panthera leo*) in North America, 2001-2016.

Zoo Biol. 2018; 37(5): 354-359

**Oehme Y, Schreyer J**

Zahn- und Maulhöhlenerkrankungen bei juvenilen Katzen und Hunden –  
Worauf Sie achten sollten.

kleintier konkret 2016; 19(05): 20-28

**Patterson BD, Neiburger EJ, Kasiki SM**

Tooth breakage and dental disease as causes of carnivore–human conflicts.

J Mammal. 2003; 84(1): 190-196

**Pearson R, Knight K, Melfi V, Nicklin A**

Does the provision of carcasses compromise the health of zoo-housed  
carnivores?

Kongressband des 7. Annual Symposium on Zoo Research, Twycross Zoo,  
Warwickshire 2005: 194–199

**Peters OA, Peters CI**

Cleaning and shaping of the root canal system; in: Cohen’s pathway of the  
pulp, hrsg. von Hargreaves KM und Cohen S.

Mosby, St. Louis 2011: 283–348

**Pitsko, LE**

Wild tigers in captivity: a study of the effects of the captive environment on  
tiger behavior.

Diss. Virginia Tech, 2003

**Reiter AM, Mendoza KA**

Feline odontoclastic resorptive lesions an unsolved enigma in veterinary dentistry.

Vet Clin North Am Small Anim Pract. 2002; 32(4): 791-837

**Reiter AM, Brady CA, Harvey CE**

Local and systemic complications in a cat after poorly performed dental extractions.

J Vet Dent. 2004; 21(4): 215-221

**Reiter AM, Gracis M**

Management of dental and oral Trauma; in: BSAVA Manual of canine and feline dentistry and oral surgery, hrsg. von Reiter AM und Gracis M.

British Small Animal Veterinary Association 2018: 196-244

**Robinson PT**

A literature review of dental pathology and aging by dental means in nondomestic animals: Part II.

J Zoo Anim Med. 1979; 10(3): 81-91

**Roux P, Berger M, Stich H, Schawalder P**

Oral examination and radiographic evaluation of the dentition in wild cats from Namibia.

J Vet Dent. 2009; 26(1): 16-22

**Rowlands JA**

The physics of computed radiography.

Phys Med Biol. 2002; 47: R123–R166

**Russel AP, Bryant HN, Powell GL, Laroia R**

Scaling relationships within the maxillary tooth row of the Felidae, and the absence of the second upper premolar in *Lynx*.

J Zool. 1995; 236(1); 161–182

**Schneider KM**

Zum Zahndurchbruch des Löwen (*Panthera leo*), nebst Bemerkungen über das Zahnen einiger anderer Grosskatzen und der Hauskatze (*Felis catus*).

Zool Garten. 1959; 22: 240-361

**Schneider LA, Jimenez IA, Crouch EEV, Duhamel GE, Fiani N, Kollias GV, Peralta S**

Dental diseases and other oral pathologies of captive jaguars (*Panthera onca*) from Belize, Central America.

J Zoo Wildl Med. 2021; 51(4): 856-867

**Scott KL, Garner MM, Murphy BG, LaDouceur EE**

Oral lesions in captive nondomestic felids with a focus on odontogenic lesions.

Vet Pathol. 2020; 57(6): 880-884



**Shipp AD, Fahrenkrug P**

Practitioners' guide to veterinary dentistry.

Griffin, Glendale 1992: 168-174

**Shilton CM, Thompson MS, Meisner R, Lock B, Lindsay WA**

Nasopharyngeal myxosarcoma in a Bengal tiger (*Panthera tigris*).

J Zoo Wildl Med. 2002; 33(4): 371-377

**Sladakovic I, Burnum A, Blas-Machado U, Kelly LS, Garner BC, Holmes SP, Divers SJ**

Mandibular squamous cell carcinoma in a bobcat (*Lynx rufus*).

J Zoo Wildl Med. 2016; 47(1): 370-373

**Schmitt W, Lehmann TM**

Digitales Röntgen.

Quintessenz 2003; 54 (5): 503-513

**Smuts GL, Anderson JL, Austin JC**

Age determination of the African lion (*Panthera leo*).

J Zool. 1978; 185(1): 115-146

**Sprinz R**

Spindle-cell sarcoma in the black leopard (*Panthera pardus*).

Kongressband der Royal Society of Medicine 1953; 46(9): 875-876

**Stebbins KE, Morse CC, Goldschmidt MH**

Feline oral neoplasia: a ten-year survey.

Vet Pathol. 1989; 26(2): 121-128

**Steenkamp G, Boy SC, Van Staden PJ, Bester MN**

Oral, maxillofacial and dental diseases in captive cheetahs (*Acinonyx jubatus*).

J Comp Path. 2018; 158: 77-89

**Stoll M, Ros K, Vogt C, Zwick T, Simhofer H, Castell J, Staszyc C, Gerlach K**

The hemisphere model - A new description of directions for head radiographs in the horse.

Pferdeheilkunde 2011; 27(2): 115-118

**Strøm PC, Arzi B, Lommer MJ, Kuntsi H, Scanlan AJF, Kass PH, Verstraete FJM**

Radiographic outcome of root canal treatment of canine teeth in cats: 32 cases (1998–2016).

J Am Vet Med Assoc. 2018; 252(5); 572-580

**Terio KA, Marker L, Munson L**

Evidence of chronic stress in captive but not free-ranging cheetahs (*Acinonyx jubatus*) based on adrenal morphology and function.

J Wildlife Dis. 2004; 40(2): 259-266

**Tsugawa AJ, Verstraete FJM**

How to obtain and interpret periodontal radiographs in dogs.

Clin Tech Sm Anim Pract. 2000; 15(4): 204-210

**Ulbricht RD, Marretta SM, Klippert LS**

Surgical extraction of a fractured, non-vital deciduous tooth in a tiger.

J Vet Dent. 2003; 20(4): 209-212

**Van Foreest AW, Roeters J**

Restorative dental treatments of abraded canine teeth in a Sumatran tiger (*Panthera tigris sumatrae*).

J Vet Dent. 1997; 14(4): 131-136

**Van Valkenburgh B**

Incidence of tooth breakage among large, predatory mammals.

Am Nat. 1988; 131(2): 291-302

**Van Valkenburg B**

Costs of carnivory: tooth fracture in Pleistocene and Recent carnivorans.

Biol J Linn Soc. 2009; 96(1): 68-81

**Van Wessum R, Harvey CE, Hennet P**

Feline dental resorptive lesions. Prevalence patterns.

Vet Clin North Am Small Anim Pract. 1992; 22(6): 1405–1416

**Velázquez-Urgel I, Sánchez MD, Buelow ME, Villamizar-Martínez LA, Reiter AM**

Maxillary and mandibular peripheral odontogenic fibromas (fibromatous epulides of periodontal ligament origin) in a cat.

J Vet Dent. 2018; 35(4): 251-257

**a) Verstraete FJM, Van Aarde RJ, Nieuwoudt BA, Mauer E, Kass PH**

The dental pathology of feral cats on Marion Island. Part I: congenital, developmental and traumatic abnormalities.

J Comp Path. 1996; 115(3): 265-282

**b) Verstraete FJM, Van Aarde RJ, Nieuwoudt BA, Mauer E, Kass PH**

The dental pathology of feral cats on Marion Island. Part II: periodontitis, external odontoclastic resorption lesions and mandibular thickening.

J Comp Path. 1996; 115(3): 283-297

**Verstraete FJM, Terpak CH**

Anatomical variations in the dentition of the domestic cat.

J Vet Dent. 1997; 14(4): 137-140

**Verstraete FJM, Kass PH, Terpak CH**

Diagnostic value of full-mouth radiography in cats.

Am J Vet Res. 1998; 59(6): 692-695

**Whitten C, Vogelnest L, D'Arcy R, Thomson P, Phalen D**

A retrospective study of reported disorders of the oral cavity in large felids in Australian zoos.

J Zoo Wildl Med. 2019; 50(1): 16-22

**Wiggs RB, Bloom BC**

Exotic placental carnivore dentistry.

Vet Clin Exot Anim. 2003; 6: 571-599

**a) Wiggs RB, Lobprise HB**

Pododontics in: Veterinary Dentistry, Principals and Practice, hrsg. von Wiggs RB und Lobprise HB.

Lippincott-Raven, Philadelphia 1997: 169-185

**b) Wiggs RB, Lobprise HB**

Periodontology; in: Veterinary Dentistry, Principals and Practice, hrsg. von Wiggs RB und Lobprise HB.

Lippincott-Raven, Philadelphia 1997: 186-231

**c) Wiggs RB, Lobprise HB**

Basic endodontic therapy; in: Veterinary Dentistry, Principals and Practice, hrsg. von Wiggs RB und Lobprise HB.

Lippincott-Raven, Philadelphia 1997: 280-324

**Woodward TM**

Dental radiology.

Top Companion Anim Med. 2009; 24(1): 20-36

**Wenker CJ, Müller M, Berger M, Heiniger S, Neiger-Aeschbacher G,  
Schawalder P, Lussi A**

Dental health status and endodontic treatment of captive brown bears (*Ursus arctos* ssp.) living in the Bernese Bear Pit.

J Vet Dent. 1998; 15(1):27-34



## **IX. DANKSAGUNG**

Danken möchte ich an erster Stelle Frau Prof. Dr. Andrea Meyer-Lindenberg, die mir als Leiterin der Chirurgischen und Gynäkologischen Kleintierklinik und Doktormutter die Promotion ermöglichte, mich in allen Belangen mit unermüdlichem Engagement unterstützte und mir immer ein vertrauensvoller Ansprechpartner war.

Ein besonderer Dank geht an Herrn Dr. Dr. Peter Fahrenkrug für die Initiierung des Projekts. Er war über viele Jahre bis zu seinem Tod mein Mentor. Ich danke ihm für sein Vertrauen und seine fachliche und menschliche Unterstützung bei der Durchführung meines Promotionsvorhabens. Seine Begeisterung und sein großer Einsatz für das Projekt selbst und die Tierzahnheilkunde im Allgemeinen waren und sind mir stets ein Vorbild.

Vielen Dank an Herrn Dr. Peter Stelzer für die Initiierung und Betreuung des Projektes und die stetige Unterstützung bei der Durchführung der Studie, die einen reibungslosen Ablauf bei der Untersuchung der Großkatzenpatienten und Dokumentation der Befunde ermöglichte.

Ich danke Frau Dr. Maike Schroers, die mir jederzeit mit Rat und Tat bei der Fertigstellung des Promotionsvorhabens zur Seite stand.

Abschließend möchte ich mich von ganzem Herzen bei meiner Familie und bei meinen Freunden für ihre immerwährende Ermutigung und Unterstützung über all die Jahre bedanken.