

---

Aus dem Department für Pferde und Kleintiere  
Klinische Abteilung für Großtierchirurgie und Orthopädie der Veterinärmedizinischen Universität  
Wien

(Leitung: O. Univ. Prof. Dr. med. vet. Tzt. Johann Thalhammer)

## **Darstellung der Lage verschiedener Trensengebisse im Pferdemaul bei Einwirkung unterschiedlich starken Zügelzuges am gerittenen Pferd im Halten**

Bakkalaureatsarbeit im Studiengang Pferdewissenschaften  
der Veterinärmedizinischen Universität Wien  
und der Universität für Bodenkultur Wien

vorgelegt von  
Friederike Uhlig

Wien, Februar 2009

---

Betreuer: Ass. Prof. Dr. med. vet. Tzt. Hubert Simhofer

1. Gutachter: Ass. Prof. Dr. med. vet. Tzt. Hubert Simhofer

2. Gutachter: O. Univ. Prof. Dr. Rene van den Hoven

---

# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Theoretische Grundlagen	3
2.1	Anatomische Strukturen	3
2.1.1	Knochen	3
2.1.2	Weichgewebe	5
2.1.3	Nerven und Gefäße	7
2.1.4	Zähne	8
2.1.5	Größenverhältnisse in der Maulhöhle	9
2.2	Zaumzeuge und Gebisse	10
2.2.1	Reithalter	10
2.2.2	Gebisse	11
2.2.3	Wirkung von Zäumung und Gebiss	14
2.2.4	Regeln zur Anpassung von Gebissen	18
3	Material und Methode	21
3.1	Material	21
3.1.1	Pferd	21
3.1.2	Gebisse und Zaumzeug	21
3.1.3	Federwaagen	23
3.1.4	Röntgengerät	23
3.2	Methode	23
3.2.1	Zugkraft	23
3.2.2	Versuchsdurchführung	24
3.2.3	Evaluierung der Messwerte und Auswertung der Aufnahmen	25
4	Ergebnisse	27
4.1	Analyse der experimentellen Ergebnisse	27
4.1.1	Maulhöhle ohne Trense	27
4.1.2	Einfluss der Zugkraft auf Trense und Zungenverlauf	29
4.1.3	Einfluss der Zugkraft auf Trense – Zungenimpression	38
4.1.4	Einfluss der Zugkraft auf Trense – Gaumen	39
4.1.5	Einfluss der Zugspannung auf Trense – Prämolare	40
4.1.6	Einfluss der Trense auf die Kieferhaltung	44
4.1.7	Gebissstärke und Auflage der Trensen	46
4.2	Fotographische Darstellung	48
4.2.1	Zungenlage, Impression und Kieferhaltung	50
4.2.2	Abstand Trense – Gaumen	50
4.2.3	Auflage der Trense und Nussknackereffekt	51

4.3	Fehleranalyse	52
4.3.1	Projektionsfehler	52
4.3.2	Messfehler	52
4.3.3	applizierte Zügelzugkraft	52
4.3.4	verwendete Trensen	53
5	Diskussion	54
6	Zusammenfassung	63
7	Summary	64
8	Literaturverzeichnis	65
9	Anhang	68

---

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Schädelknochen mit Zungenbein, in Anlehnung an WISSDORF, H., GERHARDS, H., HUSKAMP, B., DEEGEN, E. (2002): Praxisorientierte Anatomie und Propädeutik des Pferdes, 2. Auflage, 78, (2002), Beschriftung abgeändert	3
Abb. 2: Unterkiefer in Anlehnung an WITZMANN (2007): Im Dunkeln sieht man doch, Reiterjournal <b>12</b> . 112/113	4
Abb. 3: Schematische Darstellung von Mundhöhlenboden und Zungenmuskeln– Querschnitt, Beschriftung abgeändert, in Anlehnung an KÖNIG und LIEBIG (2005), Anatomie der Haussäugetiere, 3. Auflage, Schattauer GmbH, 306	5
Abb. 4: Schematische Darstellung der oberflächlichen Fazialismuskulatur des Pferdes – Lateral, in Anlehnung an KÖNIG, LIEBIG (2005): Anatomie der Haussäugetiere, 3. Auflage, Schattauer GmbH, 112 - nach Gethie, 1954	6
Abb. 5: schematische Darstellung der klinisch bedeutenden Kopfnerven nach Budras und Röck (1994), umgezeichnet, WISSDORF, H., GERHARDS, H., HUSKAMP, B., DEEGEN, E. (2002) Praxisorientierte Anatomie und Propädeutik des Pferdes, 2. Auflage, 95	8
Abb. 6 a-d: verschiedene Reithalter, <a href="http://www.krämer-reitsport.de">www.krämer-reitsport.de</a>	10
Abb. 7: Aufbau Trensengebiss, <a href="http://www.krämer-reitsport.de">www.krämer-reitsport.de</a>	11
Abb. 8: Stangengebiss Metall, <a href="http://www.phillipshop.de">www.phillipshop.de</a>	11
Abb. 9: Einfach gebrochene Wassertrense, <a href="http://www.krämer-reitsport.de">www.krämer-reitsport.de</a>	12
Abb. 10: Doppelt gebrochene Wassertrense, <a href="http://www.krämer-reitsport.de">www.krämer-reitsport.de</a>	12
Abb. 11: Einfach gebr. Olivenkopftrense, <a href="http://www.krämer-reitsport.de">www.krämer-reitsport.de</a>	13
Abb. 12: Doppelt gebr. D-Ring Trense, <a href="http://www.shop4bits.com">www.shop4bits.com</a>	13
Abb. 13: Einfach gebrochene Schenkeltrense, <a href="http://www.krämer-reitsport.de">www.krämer-reitsport.de</a>	13
Abb. 14: Dynamic RS, <a href="http://www.shop4bits.com">www.shop4bits.com</a>	13
Abb. 15: Wirkungsweise Trense bei unterschiedlicher Kopfhaltung PREUSCHOFT (1990)	16
Abb. 16: physikalische Betrachtung der Trensenwirkung PREUSCHOFT (1990)	16
Abb. 17 a, b: Einfluss des Nasenriemens auf die Wirkung der Trense, PREUSCHOFT (1990)	17
Abb. 18: verwendete Gebisse – von oben nach unten. Nr. 1, 2, 3, 4	21
Abb. 19: Einschnallhöhe Trense	22
Abb. 20: Reithalter ohne Sperrriemen	22
Abb. 21: Zügelmodifizierung und Ablesen der Zugkraft	23
Abb. 22: Versuchsanordnung	24
Abb. 23: gemessene Abstände – Strahlengang LL	26
Abb. 24 : gemessene Abstände – Strahlengang DV	26
Abb. 25: laterolaterale Ansicht der Maulhöhle ohne Trense	28
Abb. 26: dorsoventrale Ansicht der Maulhöhle ohne Trense	28

---

Abb. 27: Darstellung Zungenverlauf und Trensenlage bei zunehmender Zugkraft. Gegenüberstellung Trense 1 (li), Trense 4 (re), Ansicht laterolateral	30
Abb. 28: Darstellung Zungenverlauf und Trensenlage bei zunehmender Zügelzugkraft. Gegenüberstellung Trense 2 (li), Trense 3 (re), Ansicht laterolateral	32
Abb. 29: Gegenüberstellung der Ausgangslagen der Trensen am hingegebenen Zügel. Links oben/ unten - T1, T4 und rechts oben/ unten - T2, T3	40
Abb. 30: Gegenüberstellung Abstand TP Trense 1 (li) und Trense 4 (re), zunehmende Zugkraft 0-2-4 von oben nach unten	42
Abb. 31: Gegenüberstellung Abstand TP Trense 2 (li) und Trense 3 (re), zunehmende Zugkraft 0-2-4 von oben nach unten	43
Abb. 32: Einfluss der Zugkraft auf Zungenlage und Kieferhaltung Trense 1 (li), Trense 4 (re), Zugkraft 0 Bild oben, Zugkraft 4 Bild unten	48
Abb. 33: Einfluss der Zugkraft auf Zungenlage und Kieferhaltung Trense 2 (li), Trense 3 (re), Zugkraft 0 Bild oben, Zugkraft 4 Bild unten	49
Abb. 34: Abstand Gaumen–Trense	50
Abb. 35: Auflage der Trense	51

Abb. 18-22, 32-35: eigene Fotoaufnahmen, mit freundlicher Genehmigung CORINA STRASSER

Abb. 23-31: eigene Röntgenbilder, Klinik für Orthopädie, Vet. Med. Univ. Wien

---

## Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
a.u.	arbitrary unit - willkürliche Einheit, ist vom internen Maßstab des Auswertungsprogrammes abhängig
bzgl.	bezüglich
cm	Zentimeter
ca.	circa
DRV	Deutscher Reiterlicher Vereinigung
dv	dorsoventral
mm	Millimeter
entspr.	entspricht
F	Foramen
gebr.	gebrochen
ggf.	gegebenenfalls
HDv 12	Heeresdienstvorschrift 12 von 1912, Reitvorschrift
I	Incisivi 1-3, Schneidezähne
kg	Kilogramm
LL	laterolateral
N	Maßeinheit Newton
OK	Oberkiefer
P <sub>2</sub>	zweiter Prämolare, Backenzahn
Tab.	Tabelle
UK	Unterkiefer
zw.	zwischen
D <sub>l</sub>	gemessener Abstand – Länge des Diastemas; kaudale Grenze des 3. Incisivus zur rostralen Grenze des 2. Prämolaren
D <sub>h</sub>	gemessener Abstand – maximal sichtbare Höhe des Diastemas; gemessen zwischen dorsaler Knochenkonturlinie des Margo interalvolaris der Mandibula und jener der Maxilla
GT	gemessener Abstand Gaumen–Trense, gemessen von der tiefsten, gleichmäßig sichtbaren Kontur der Rugae palatinae zum höchsten Punkt des Trensenmittelgelenkes.
I	gemessener Abstand – Distanz zwischen Incisivi des OK zu jenen des UK

- 
- L gemessener Abstand – Breite der Mandibula; kleinster gemessener Abstand zw. Grat der Laden des UK
- ∅T gemessener Abstand – Durchmesser der Trense an der Auflagefläche auf der Lade.
- T Punkte  $T_r$  und  $T_c$  – rostraler und kaudaler Rand des Mittelgelenkes, am Berührungspunkt mit der Zunge.
- TP gemessener Abstand Trense–Prämolar; Distanz zwischen kaudaler Grenze der Trense und rostraler Grenze des 2. Prämolaren des UK, mit  $TP_r$  und  $TP_l$
- UT gemessener Abstand Unterkiefer–Trense; vom rostralen ( $UT_r$ ) bzw. kaudalen ( $UT_c$ ) Rand des Trensenmittelgelenkes am Berührungspunkt mit der Zunge zur dorsalen Knochenkonturlinie des Margo interalvolaris der Mandibula
- $UT_r$  entspr.  $Z_{min}$  am Mittelgelenk der Trense, dem kleinsten sichtbaren Abstand Z im Zungenverlauf
- UZ gemessener Abstand Unterkiefer–Zunge; von Knochenkonturlinie des Margo interalvolaris der Mandibula zur Zungenkonturlinie; verdeutlicht den Zungenverlauf, mit  $Z_r$  und  $Z_c$  als Punkten der Zungenlinie
- Z maximaler Punkt im Zungenverlauf; rostral  $Z_r$  und kaudal  $Z_c$

---

## Graphik -und Tabellenverzeichnis

Graphik 1 a-d: Die Kurven stellen den jeweiligen Zungenverlauf für verschiedene Zugkräfte dar. Die Betrachtung erfolgt von rostral nach kaudal.	31
Graphik 2: Trensenlage und Zungenverlauf bei Zugkraft 0	35
Graphik 3: Trensenlage und Zungenverlauf bei Zugkraft 2	36
Graphik 4: Trensenlage und Zungenverlauf bei Zugkraft 4	37
Graphik 5: Zungenimpression am Punkt $T_r$ in Abhängigkeit der Zugkraft	38
Graphik 6: Abstand der Trense vom Gaumen in Abhängigkeit der Zugkraft	39
Graphik 7: Abstand der Trense vom Prämolare in Abhängigkeit der Zugkraft	41
Graphik 8: Diastemahöhe in Abhängigkeit der Zugkraft	44
Graphik 9: Abstand Incisivi in Abhängigkeit der Zugkraft	45
Tabelle 1: kaudale Verschiebung der Trense bei steigender Zugkraft in a.u.	33
Tabelle 2: ventrale Verschiebung der Trense bei steigender Zugkraft in mm	33
Tabelle 3: Abstand Unterkiefer-Zungenlinie $UZ_r$ rostral in %, bezogen auf die Ausgangslänge (Zugkraft 0)	34
Tabelle 4: Abstand Unterkiefer-Zungenlinie $UZ_c$ kaudal in % bezogen auf die Ausgangslänge (Zugkraft 0) - Zungendicke	34
Tabelle 5: Abstand $UT_r$ in % relativ zur Ausgangslage (Zugkraft 0)	38
Tabelle 6: Abstand Trense–Gaumen in % relativ zur Ausgangslage	39
Tabelle 7: Abstand Trense–Prämolare in % relativ zur Ausgangslage (Zugkraft 0)	41
Tabelle 8: Diastemahöhe in % relativ zur Ausgangslage	44
Tabelle 9: Abstand Incisivi in % relativ zur Ausgangslage	45
Tabelle 10: durchschnittlich aufliegende Gebissstärke in mm	46
Tabelle 11: Mittelwert angewendeter Zugkraft in kg	52

---

# 1 Einleitung

Im Wandel der Zeit hat sich die Nutzung des Pferdes durch den Menschen geändert. Einst hauptsächlich als Transport- und Arbeitstier verwendet, fand es bald auch als Reittier Einsatz. Um das Tier zu beherrschen und es zu lenken, nutzte man frühzeitig geeignete Hilfsmittel. Die gute Einwirkungsmöglichkeit über das Maul wurde schnell erkannt. Die Gebissteile wurden aus verschiedensten Materialien gefertigt, zuerst aus Hartholz oder Horn, später aus Leder und Eisen. Die ersten Reiter, welche ein Stangengebiss verwendeten, waren die Kelten (EDWARDS, 1988).

Als „Partner Pferd“ oder „Happy Athlet“ bezeichnet, muss das Pferd heute sowohl im Sport- und Freizeit- als auch im Gesundheitssektor unterschiedlichen Anforderungen gerecht werden. Das Sportpferd hat hohe Leistung zu erbringen, die entsprechend vom Menschen gefördert und trainiert wird. Das Gebiss findet dazu seit Jahrtausenden als Hilfsmittel Verwendung. Der Reiter übt Zug am Zügel aus, was sowohl ein- als auch beidseitig möglich ist. Das Pferd lernt dieser Einwirkung nachzugeben und wird so vom Reiter zur gewünschten Reaktion geführt (BENNETT, 2007; KAPITZKE, 2001). Das Gebiss wirkt dabei mit Druck auf einen sensiblen Teil des Pferdes – das Maul. Je nach Art des verwendeten Gebisses und Höhe der ausgeübten Zügelkraft sind die Auswirkungen des Druckes im Maul und die Reaktionen des Pferdes verschieden. Welches Ausmaß die resultierenden Kräfte annehmen und wie sich das Mundstück der Trense bei unterschiedlichen Zugkräften positioniert, ist für den Reiter schwer abschätzbar. Die Interaktionen, die dabei zwischen Trense und den Strukturen der Maulhöhle stattfinden, sind dabei von außen nicht sichtbar (PREUSCHOFT, 1999; WITZMANN, 2008; STAHLLECKER, 2007).

Manche Pferde wollen sich der Wirkung entziehen und zeigen abwehrende Verhaltensweisen. Verletzungen an Zunge, Lippen und Unterkiefer resultieren häufig aus unsachgemäßer Anwendung der Zäumung und zu starkem Zügelzug (BENNETT, 2005; KAPITZKE, 2001). Sowohl die Arbeitsleistung des Pferdes als auch der Trainingserfolg werden dadurch beeinträchtigt. Oft werden diese Verhaltensweisen als Unwilligkeit ausgelegt. Sie sind allerdings die einzige Möglichkeit des Pferdes, um sein Unwohlsein auszudrücken.

Ziel dieser Arbeit soll es sein, die nicht sichtbaren Interaktionen von verschiedenen Trensengebissen mit den Strukturen in der Maulhöhle darzustellen und deren Wirkungen zu verdeutlichen. Der Sachverhalt zwischen Lage der Trense und definiert ausgeübter Zügelkraft soll visuell präsentiert werden.

Die Betrachtungen fokussieren dabei auf die Beantwortung der Fragestellung, wie sich die Lage der Trense bei festgelegter applizierter Zugkraft im Vergleich zur Lage am hingegebenen Zügel ändert und welche Veränderungen hinsichtlich der umgebenden anatomischen Strukturen in der Maulhöhle zu beobachten sind.

Die Frage bezüglich der zulässigen Stärke des eingesetzten Zügelzuges beim Reiten ist nicht Gegenstand der Betrachtungen dieser Arbeit, steht aber in engem Zusammenhang mit der Wirkung der Gebisse. Versuche von PREUSCHOFT (1993, 1999), CLAYTON (2003) und STAHLLECKER (2007) waren Anlass zur Durchführung dieser Arbeit und bestimmten maßgeblich die Festlegung der Stärke der anzuwendenden Zügelkraft. In Studien zur Zügelkraftmessung wurden in verschiedenen Reitlektionen Spitzenwerte bis zu 156 N pro Zügel gemessen. Das entspricht einem Gewicht von 16 kg pro Zügel zwischen Reiterhand und Pferdemaul. Die durchschnittlich gemessenen Kräfte betragen bei Reitern der konventionellen

Reitweise zwischen 20-60 N. Dies entspricht Werten zwischen 2–6 kg, die PREUSCHOFT (1999) durchaus als Dauerbelastung feststellen musste.

Im Gegensatz zu bisherigen Studien wurde in der vorliegenden Arbeit der Zügelzug reell vom Reiter, im korrekten Sitz und klassischer Zügelhaltung ausgeübt und zusätzlich die angewendete Zugkraft am Zügel definiert. Es wurden zunächst Röntgenbilder und Fotografien während der Applikation der Zügelkräfte angefertigt und mit Aufnahmen am hingegebenen Zügel ohne Zugkraft verglichen. Anhand der Röntgenbilder wurden anschließend bestimmte Abstandsmessungen vorgenommen. Untersucht wurde der Einfluss der Zugkraft auf die Abstände Trense–Prämolar und Trense–Gaumen sowie der Einfluss auf die Zungendicke, die Lage der Zunge in der Maulhöhle und die Kieferhaltung. Abschließend wurden die vorliegenden Ergebnisse bestehenden Meinungen gegenüber gestellt und insbesondere in Bezug zur heutigen Reiterei diskutiert.

Anspruch dieser Arbeit ist es auch, den Reiter für die eigene Hilfegebung und deren unmittelbare Auswirkung zu sensibilisieren mit der Absicht, die stetige Verfeinerung der Hilfen in den Vordergrund der Arbeit mit dem Pferd zu stellen.

Die vorliegende Arbeit versteht sich als hypothesengenerierende Studie und erlaubt in ihrem Rahmen exemplarische Untersuchungen. Eine statistische Weiterführung bleibt fortführenden Arbeiten vorbehalten.

## 2 Theoretische Grundlagen

### 2.1 Anatomische Strukturen

Die nachfolgend beschriebenen anatomischen Strukturen sind maßgeblich an der Bildung der Maulhöhle beteiligt und stehen unter direkter oder indirekter Einwirkung von Zaumzeug und Trense. Bei falscher Anpassung und unkorrektem Gebrauch der reiterlichen Hilfsmittel können an diesen Strukturen Schäden entstehen.

#### 2.1.1 Knochen

Das Dach der Maulhöhle (Cavum Oris) wird von den ventralen Flächen der Knochen des Gesichtsschädels gebildet:

- paariges Gaumenbein (Os palatinum)
- paariges Zwischenkieferbein (Os incisivum)
- paariges Oberkieferbein (Maxilla)
- unpaariges Pflugscharbein (Vomer)

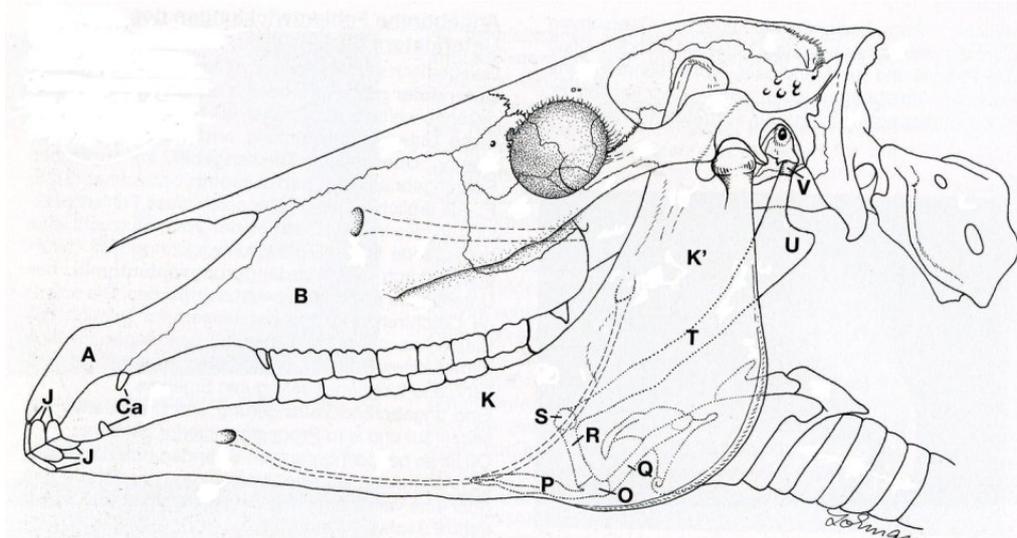


Abb. 1: Schädelknochen mit Zungenbein, in Anlehnung an WISSDORF (2002), Beschriftung abgeändert

Unterkiefer und Zungenbein liegen unter dem Dach der Maulhöhle. Zusammen mit dem Weichteilgewebe, der Zunge und dem M. mylohyoideus ventral, sowie den Backen seitlich, begrenzen diese Strukturen die Maulhöhle. Sie wird in geschlossenem Zustand fast völlig von Zunge und Zähnen ausgefüllt (BENNETT, 2007; KÖNIG und LIEBIG, 2005).

Das Gaumenbein (Os palatinum) liegt zwischen dem Oberkieferbein, dem Keilbein und dem Flügelbein. Seine Horizontalplatte (Lamina horizontalis) ist mit an der Bildung des harten Gaumens beteiligt.

Das Zwischenkieferbein (Os incisivum – A/Abb.1) setzt sich aus dem Körper (Corpus ossis incisivi) und dem Nasenfortsatz (Processus nasalialis), dem Gaumenfortsatz (Processus palatinus) und dem Zahnfachfortsatz (Processus alveolaris) zusammen. Diese Anteile bilden als geschlossener Knochen die Spitze des Gesichtsschädels und formen den Naseneingang und das Gaumendach.

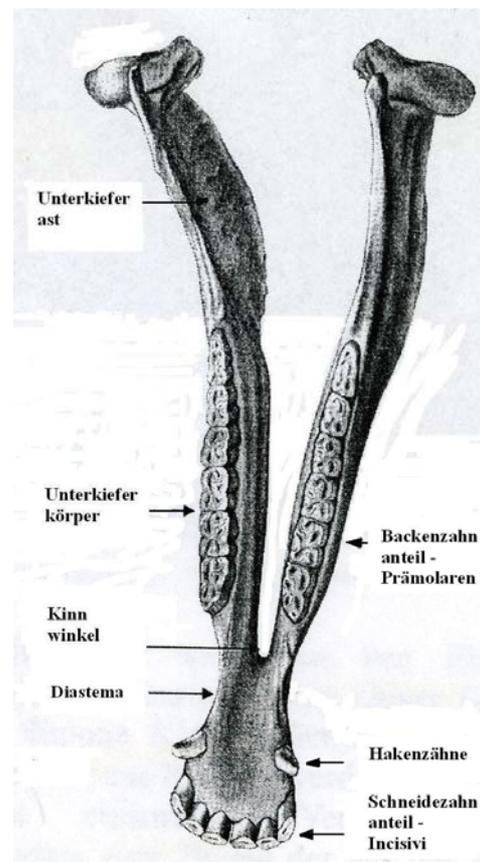
Das Oberkieferbein (Maxilla – B/Abb. 1) ist paarig angelegt und bildet die knöcherne Grundlage für den größten Teil des Gesichtsschädels. Es formt die Seitenwände des Gesichts, die Nasen- und Mundhöhle und das Gaumendach und verbindet sich mit allen anderen Knochen des Gesichtes.

Das Gaumendach (Palatum osseum) ist relativ schmal und lang gezogen. Es wird zum geringen Teil von den schmalen Horizontalplatten des Gaumenbeines gebildet, hauptsächlich aber von der Pars horizontalis der Maxilla und dem Zwischenkieferbein. Das unpaarige Pflugscharbein (Vomer) liegt in der Tiefe des Gesichtsschädels.

Der Unterkiefer (Mandibula – Abb. 2) besteht aus zwei Teilen (Hemimandibeln). Diese sind rostral in der Medianen verwachsen und formen den Kinnwinkel (Angulus mentalis). Der Unterkiefer ist in den Unterkieferkörper (Corpus mandibulae) und den Unterkieferast (Ramus mandibulae) gegliedert. Am Unterkieferkörper erfolgt eine Einteilung in den rostralen Schneidezahnanteil (Pars incisiva) und den kaudalen Backenzahnanteil (Pars molaris). Rostral des Kinnwinkels, im Bereich Pars incisiva und Diastema ist der Boden des Unterkiefers verknöchert. Kaudal des Kinnwinkels trennen sich die Unterkieferäste, verlaufen aber sehr eng beieinander.

Das Diastema (Margo interalveolaris – Abb. 2) ist der jeweils zahnfreie Bereich an Ober- und Unterkiefer zwischen den Incisivi und den weiter kaudal gelegenen Prämolaren. In der Reitersprache wird dieser Abschnitt am Unterkiefer als "Laden" bezeichnet und stellt neben der Zunge die Auflagefläche für das Gebissstück des Zaumes dar. Die Form und Beschaffenheit der Knochenkante der Margo interalveolaris ist von besonderer Bedeutung hinsichtlich der reiterlichen Einwirkung. Der Knochen ist hier nur von einer dünnen Schicht Mundschleimhaut überzogen.

Am Zungenbein (Os hyoideum – O bis V/Abb. 1) unterscheidet man 2 Teile, das Hyoid und den Aufhängeapparat. Der Zungenbeinkörper (Basihyoid – O/Abb. 1) liegt zwischen den Unterkieferästen rostral im Zungengrund. Er entlässt median einen langen Zungenfortsatz (Processus lingualis – P/Abb. 1) in den Zungengrund (KÖNIG und LIEBIG, 2005; WISSDORF et al., 2002; DIXON, 2007).

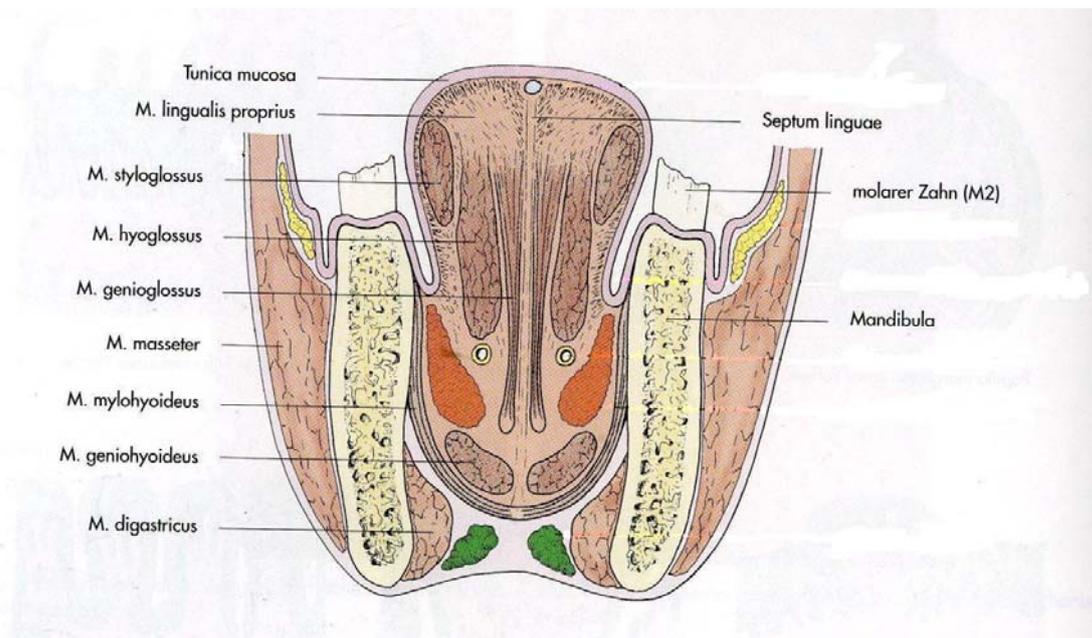


**Abb. 2: Unterkiefer in Anlehnung an WITZMANN (2007)**

### 2.1.2 Weichgewebe

Am Zungenbeinkörper setzt der *Musculus mylohyoideus* (Abb. 3) mit seinen hinteren Fasern an. Er stützt die Zunge, hängt sie zwischen den Unterkieferkörpern auf und ist für das Heben der Zunge verantwortlich (KÖNIG und LIEBIG, 2005).

Die Zunge ist ein dicker, sehr beweglicher Muskel. Sie ist die Hauptauffläche der Trense und hat je nach muskulärer Anspannung eine polsternde Wirkung für die darunter befindlichen Laden zum Schutz gegenüber dem Druck der Trense. Die Zunge passt sich der Form der Maulhöhle an und wird durch das Basihyoid mit seinem langen Zungenfortsatz gestützt (WISSDORF et al., 2002). Auf Grund des rostral verknöcherten Bereiches des Unterkiefers, kann die Zunge jedoch nicht dem Druck nach unten ausweichen (ENGELKE und GASSE, 2002). Die Zunge besitzt eine hohe Motilität aufgrund der besonderen Anordnung der Muskelfasern. Die quergestreiften Muskelfaserbündel des Binnenmuskels (*M. lingualis proprius*, Abb. 3) sind dreidimensional angeordnet und setzen an keinem der umliegenden Knochen an. Die symmetrisch angelegten Skelettzungenmuskeln (*Mm. stylo-, hyo- und genioglossus*, Abb. 3) sind knöchernen Ursprungs und strahlen in die Zunge ein (KÖNIG und LIEBIG, 2005). Die lange, verbreiterte Zungenspitze ist rostral rundum frei und kaudal durch das Zungenbändchen (*Frenulum linguae*) am Maulhöhlenboden fixiert. Der Zungenkörper ist ebenfalls durch das Zungenbändchen befestigt, sowie weiter kaudal durch die von außen an die Zunge herantretenden Muskeln (WISSDORF et al., 2002).



**Abb. 3: Schematische Darstellung von Mundhöhlenboden und Zungenmuskeln – Querschnitt in Anlehnung an KÖNIG und LIEBIG (2005), Anatomie der Haussäugetiere, Beschriftung abgeändert**

Die Lippen- und Backenmuskulatur (Abb. 4) hat als begrenzende Struktur der Maulhöhle eine Bedeutung. Der Lippenschließmuskel (*M. orbicularis oris*) umgibt als ein in sich kreisförmig geschlossener Muskel die Mundöffnung. Dieser Ringmuskel ist für das Schließen der Mundspalte verantwortlich. Eng mit der Lippenschleimhaut verwachsen, strahlen in ihn die Lippen- und Backenmuskeln hinein (KÖNIG, LIEBIG, 2005). Der Backenmuskel (*M. buccinator*) bildet die muskuläre Grundlage der Backe und schließt die Mundhöhle seitlich ab. Der Mundwinkel wird durch den Jochmuskel (*M. zygomaticus*) rückwärts gezogen. Er strahlt nahe

dem Mundwinkel in den M. orbicularis oris ein. Die Bewegung der Lippen wird durch weitere, ebenfalls in den M. orbicularis oris einstrahlende Muskeln gewährleistet. Diese Muskeln übernehmen auch einen Teil der Polsterfunktion hinsichtlich des Trensendruckes, sind dabei jedoch nicht so differenziert einsetzbar wie die flexible Zunge (HOLTAPPEL, 1997).

Der äußere Kaumuskel (M. masseter) zählt zwar nicht zu den begrenzenden Strukturen der Maulhöhle, ist hinsichtlich der Betrachtung der Gebisslage und des darüber ausgeübten Druckes allerdings von Bedeutung. An Jochbogen und Crista facialis entspringend, setzt er an der Lateralfäche des Unterkiefers und des Kehlgangrandes an. Bei beidseitiger Kontraktion kann dieser Muskel den Unterkiefer nach oben gegen den Oberkiefer ziehen und ihn anpressen (KÖNIG und LIEBIG 2005).

Der rostrale Abschnitt wird als harter Gaumen (Palatum durum) bezeichnet. Er ist von einer mehr oder weniger verhornten Schleimhaut (Tunica mucosa) bedeckt, die quer verlaufende Gaumenstaffeln (Rugae palatinae) trägt. Die gesamte Gaumenschleimhaut wird von einem kräftigen Venenpolster (Plexus palatinus) unterlagert (KÖNIG und LIEBIG, 2005; WISSDORF et al., 2002). Diese, auf dem Oberkieferknochen liegenden Strukturen, beanspruchen je nach Beschaffenheit und Dicke unterschiedlich viel Platz der Mundhöhle, was bei der Auswahl der Trense unbedingt zu berücksichtigen ist.

Die Mundschleimhaut (Tunica mucosa, Abb. 3) überzieht sämtliche Strukturen der Maulhöhle. Als inwendige Schicht der Backen und Lippen setzt sie sich im Bereich der Zähne und des Diastemas als dünne, empfindliche Gingiva fort und ist dort fest im Periost der Knochen verankert. Die Oberfläche der Schleimhaut wird aus einem geschichteten Plattenepithel gebildet. Dieses ist am Gaumen besonders dick und verhornt. Am Unterkiefer dagegen ist die äußere Hornschicht des Schleimhautepithels nur sehr dünn ausgebildet. Die Schleimhaut der Zunge ist an ihrer Dorsalfäche widerstandsfähig und nicht verschiebbar (ENGELKE und GASSE, 2002; KÖNIG und LIEBIG 2005).

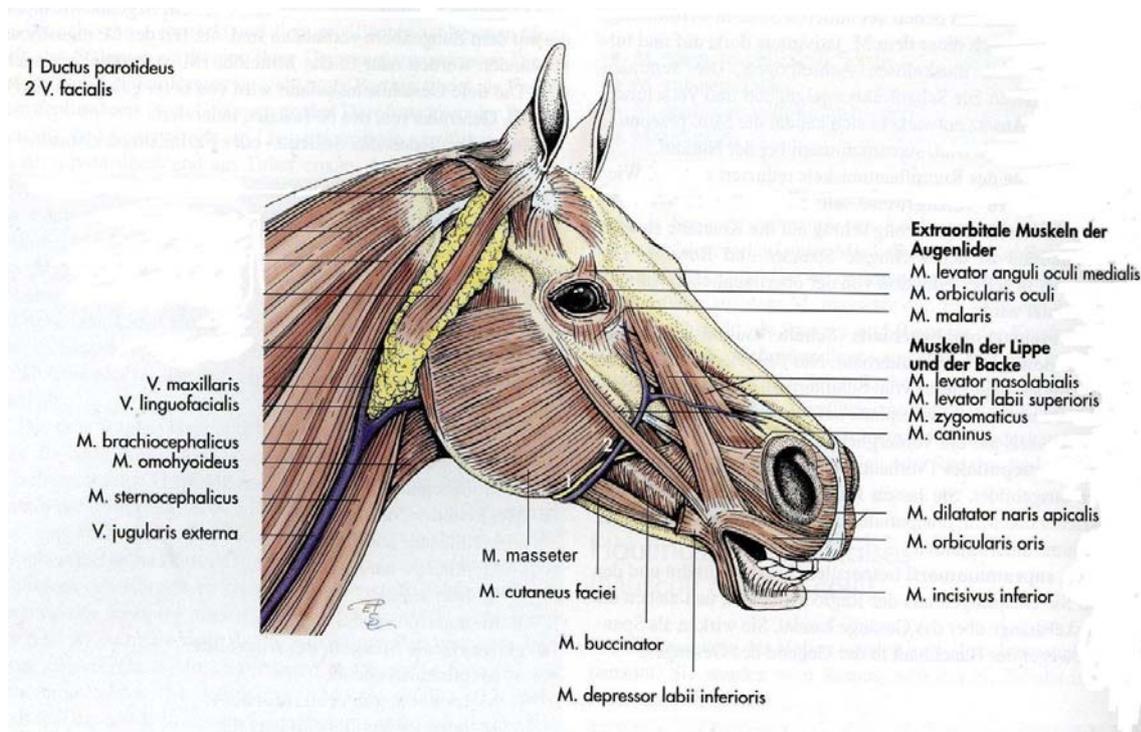


Abb. 4: Schematische Darstellung der oberflächlichen Fazialismuskulatur des Pferdes - Lateral

### 2.1.3 Nerven und Gefäße

Zum Grundwissen jeden Reiters sollte auch die Kenntnis über den Verlauf wichtiger Gefäße und Nerven gehören. Im Kopfbereich können durch unsachgemäßes Anpassen von Zaumzeug und Gebiss wichtige Strukturen beeinträchtigt werden.

An der Grenze zwischen Unterkieferkörper und Unterkieferast treten die Gefäße A. und V. facialis, sowie der Ductus parotideus vom ventralen Rand des Unterkiefers auf die Gesichtsfläche und ziehen rostral des Jochbeins mit ihren verschiedenen Abzweigungen in Richtung Ober- und Unterlippe und zum Nasenrücken (Abb. 4/1, 4/2). Die A. lingualis und A. profunda linguae verlaufen im Inneren der Zunge und sichern eine gute Durchblutung dieses wichtigen Muskels. Die Venen verlaufen parallel. Bei Zungenverletzungen kommt es zu starken Blutungen (WISSDORF et al., 2002). Durch unsachgemäßen Gebrauch von Zaumzeug und Gebiss kann die Durchblutung sogar so weit eingeschränkt werden, dass dies zu einer bläulichen Verfärbung der Zunge führt.

Der N. hypoglossus (XII) ist für die Motorik der Zunge allein verantwortlich. Im Bereich des Gesichtsschädels finden sich Äste des fünften Gehirnnerven – N. trigeminus und des siebenten Gehirnnerven – N. facialis (Abb. 5/10). Die motorischen Fasern des N. facialis innervieren die Gesichtsmuskulatur. Auf der Außenfläche des M. masseter teilt sich der N. facialis in unterschiedliche Äste auf (Abb. 5/11-14). Diese sind oft durch die Haut sichtbar. Der zweite Ast des N. trigeminus, der N. maxillaris ( $V_2$ ), verläuft unter dem Namen seines fortlaufenden größten Teiles, dem N. infraorbitalis (Abb. 5/1), und innerviert mit seinen abgehenden Ästen mit hauptsächlich sensiblen Fasern sowohl Haut, Muskulatur, Schleimhaut der Oberlippe und des Nasenrückens als auch im weiteren Verlauf rostral den harten und den weichen Gaumen, sowie die Zähne des oberen Zahnbogens. Er tritt durch das Foramen infraorbitale auf die Angesichtsfläche. Das F. infraorbitale (Abb. 5a) befindet sich am Oberkieferbein zwischen der Incisura nasoincisiva und dem Beginn der Crista facialis und ist tastbar (KÖNIG und LIEBIG, 2005; WISSDORF et al. 2002). Genau in diesem Bereich verläuft der Nasenriemen des Englischen Reithalters und auch das Mexikanische Reithalter wirkt auf diese Bereiche. Der N. mandibularis ( $V_3$ , Abb. 5/4) führt sowohl sensible als auch motorische Fasern. Die motorischen Fasern innervieren die Kaumuskeln, während er mit seinen sensiblen Fasern sämtliche mandibulären Zähne und die vorderen zweidrittel der Zunge sowie Haut, Muskulatur und Schleimhaut der Unterlippe innerviert. Der  $V_3$  verläuft als N. alveolaris inferior (Abb. 5/5) an der Medialfläche der Mandibula. Sein Endast tritt als N. mentalis (Abb. 5/8) durch das F. mentale auf die Lateralfläche der Mandibula. Das F. mentale (Abb. 5c) liegt zwei Fingerbreit ventral des Lippenwinkels (KÖNIG und LIEBIG, 2005; WISSDORF et al., 2002). Hier ist besondere Sorgfalt bei der Verschnallung der Kinnkette des Kandarenzaumes und beim Anlegen des Hannoverschen Reithalters geboten, denn alles, "Was hier drückt geht direkt ins Hirn zum Stammnerv", so die Aussage von KRELING (2007).



Abb. 5: schematische Darstellung der klinisch bedeutenden Kopfnerven nach Budras und Röck (1994), umgezeichnet. (WISSDORF, 2002)

#### 2.1.4 Zähne

Das Gebiss der Pferde weist zwei Zahngenerationen auf. Die Milchzähne (dentes decidui), welche gewechselt werden und die Dauerzähne (Dentes permanentes). Dieser Zahnwechsel zum permanenten Gebiss vollzieht sich beim Pferd im Alter zwischen 2,5 bis ca. 4,5 Jahren. Dies kann rassebedingt auch variieren.

Die drei vorkommenden Zahntypen sind unterschiedlich gebaut und man teilt sie ein in die Schneidezähne (Incisivi) - drei in jedem Gebissviertel, die Hakenzähne (Canini) - je einer und die Mahl- und Backenzähne (Prämolaren und Molaren) – sechs pro Gebissviertel. Die insgesamt sechs Schneidezähne pro Kiefer dienen bei der Futteraufnahme zum Abreißen des Grases. Die Hakenzähne sind als Zahnanlage sowohl bei Hengsten als auch Stuten vorhanden, brechen allerdings meist nur bei Hengsten durch. Bei Stuten sind sie hingegen nur rudimentär entwickelt. Bei Hengsten liegen sie kaudal der Schneidezähne im Diastema, wobei die Hakenzähne im Unterkiefer weiter rostral an den Schneidezähnen gelegen sind als jene im Oberkiefer. Bei der Auswahl und Anpassung der Trense muss ihre Lage berücksichtigt werden.

Kaudal des Diastemas schließen sich die Prämolaren und Molaren an. Mit diesen Zähnen wird die Nahrung zerkleinert. Je Kieferviertel stehen die drei Prämolaren ( $P_{2-4}$ ) und drei Molaren dicht geschlossen nebeneinander. Der eigentlich erste Prämolare wird als Wolfszahn bezeichnet und ist unmittelbar vor dem  $P_2$  gelegen. Oft ist er nicht angelegt oder nur rudimentär ausgebildet. Er tritt hauptsächlich im Oberkiefer auf. Im Unterkiefer ist er nur selten ausgebildet. Der  $P_1$  kann beim Tragen der Trense durchaus Probleme bereiten, auch dann, wenn er nicht sichtbar angelegt ist und direkt unter der Schleimhaut liegt (WISSDORF et al., 2002; DIXON, 2007).

### 2.1.5 Größenverhältnisse in der Maulhöhle

Über die Größenverhältnisse der anatomischen Strukturen zueinander ist in der Reitliteratur nur wenig geschrieben. Lediglich WRANGEL (1927) äußert sich dazu ausführlicher. Ein ihm wichtiger Aspekt ist die innere Entfernung zwischen den Laden, auch als Zungenkanal bezeichnet. Je nach Breite und Tiefe nimmt er die Zunge des Pferdes zu einem großen Teil auf. Bei Pferden mit fleischiger Zunge und niedrigen fleischigen Laden tritt diese über den Zungenkanal hervor und nimmt sehr viel Platz in der Maulhöhle ein. Bei hohen Laden und breiterem Zungenkanal kann die Zunge besser zwischen den Unterkiefern aufgenommen werden. Auch HOLTAPPEL (1997) weist darauf hin, dass dieses Verhältnis zwischen Größe des Zungenkanals und Größe der Zunge bei der Auswahl des richtigen Gebisses zu berücksichtigen ist. Eine dünne, flache Zunge verschwindet unter dem Druck der Trense vermehrt im Zungenkanal und ihre polsternde Wirkung für die Laden vermindert sich. WITZMANN (2007) zieht aus seinen Untersuchungen anhand von Röntgenaufnahmen den Schluss, dass das Verhältnis von Zungenbreite zu Unterkieferbreite und zur Auflagefläche der Trense (Distanz zwischen dem Grat beider Laden) 9:5:3 beträgt. WITZMANN (2007) schließt daraus, dass die Zunge etwa doppelt so breit wie der Unterkiefer ist und dreimal so breit wie die Auflagefläche zwischen den Oberkanten der Laden.

ENGELKE und GASSE (2003) beschäftigten sich intensiv mit den Lage- und Größenverhältnissen der Strukturen der Maulhöhle. In ihrer Studie nahmen sie Messungen definierter Distanzen der Maulhöhle an toten Pferdeköpfen vor. Der Abstand der Laden wurde an der engsten Stelle gemessen. Bei 47 Pferden großer Rassen, älter 2,5 Jahre, betrug dieser zwischen 40-63 mm mit einem Mittelwert von 49,6 mm und einer Standardabweichung von 5,1 mm. Bei Messungen an 13 Ponyköpfen, älter als 2,5 Jahre, ergab sich ein Abstand zw. 40-58 mm mit einem MW von  $47,2 \pm 5,7$  mm SD.

Der Abstand zwischen Ober- und Unterkiefer im Bereich des Diastemas betrug bei den 47 Großpferden 25-44 mm mit einem MW von  $34 \pm 4,1$  mm SD rechtsseitig und 25-39 mm mit einem MW von  $31,1 \pm 4,3$  mm SD linksseitig. Bei den 13 Ponys wurden Werte zw. 26-43 mm, MW  $32,1 \pm 4,5$  mm SD rechtsseitig und 25-39 mm, MW  $31,1 \pm 4,3$  mm SD linksseitig gemessen.

Die Länge des Diastemas des Unterkiefers ergab folgende Messwerte bei den 47 Großpferden: 98-140 mm, MW  $117,9 \pm 9,5$  mm SD rechtsseitig; 96-139 mm, MW  $117,3 \pm 9,7$  mm SD linksseitig. Bei den 13 Ponys wurden rechtsseitig 88-125 mm, MW  $104,2 \pm 11,4$  mm SD gemessen und linksseitig 89-131 mm, MW  $105,2 \pm 12,2$  mm SD. Die Messergebnisse wiesen große individuelle Unterschiede auf. Eine Alters-Größen-Regel ließ sich daraus nicht ableiten. Allerdings konnte eine signifikante Asymmetrie im Vergleich der Werte der linken und rechten Höhe des Diastemas festgestellt werden. Der Unterschied betrug bis zu 5 mm. Laut ENGELKE und GASSE (2003) ließen die Messwerte der Gaumenbogenhöhe eine eindeutige Altersabhängigkeit erkennen. Mit zunehmendem Alter nimmt die Höhe des Gaumenbogens ab. Dies ist bedingt durch die Absenkung des Gaumens (BENNETT, 2007).

## 2.2 Zaumzeug und Gebisse

Als Zaumzeug bezeichnet man die Kombination aus Trensengebiss, Reithalfter und Zügel. Es dient der Kommunikation zwischen Reiter und Pferd. Varianten, die kein Gebiss beinhalten, nennt man gebisslose Zäumungen.

### 2.2.1 Reithalfter

Ein Reithalfter besteht aus einem einfachen oder doppelt genähten Nasen-Kinnriemen (KAPITZKE, 2001). Die Unterteilung der Reithalfter erfolgt aufgrund der unterschiedlichen Form und Lage der Nasenriemen. Die gebräuchlichsten Reithalfter sind:

- das englische Reithalfter (Abb. 6a)
- das englisch kombinierte Reithalfter (Abb. 6b)
- das hannoversche Reithalfter (Abb. 6c)
- das mexikanische Reithalfter (Abb. 6d)

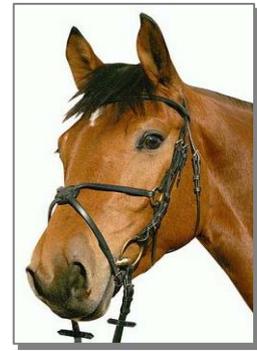


Abb. 6 a-d: verschiedene Reithalfter

Das Reithalfter muss dem Pferdekopf exakt angepasst werden. Es soll aus weichem Material gefertigt sein und darf keine Druckstellen verursachen. Der Nasenriemen jedes Reithaltfers muss mindestens eine Hand breit über dem oberen Nüsternrand liegen, damit die Atmung nicht behindert wird. Die Festigkeit muss so gewählt werden, dass weder die Atmung noch die Kautätigkeit des Mauls eingeschränkt werden. Welche Art Reithalfter man verwendet, erfordert eine sorgfältige Entscheidung unter Berücksichtigung des Zweckes und der anatomischen Gegebenheiten des Pferdes. Der Nasen-Kinnriemen des englischen Reithaltfers soll 2 Finger breit rostral der Crista facialis liegen und ruht auf festen, weniger druckempfindlichen Knochenpartien (KAPITZKE, 2001).

Das englisch kombinierte Reithalfter hat zusätzlich einen Riemen, den sogenannten Pullriemen. Allgemein üblich wird dieser heute als Sperrriemen bezeichnet. Er verläuft vom Nasenrücken über die Maulspalte, rostral des Gebisses in die Kinngarbe. Er muss so locker geschnallt sein, dass er den Nasenriemen nicht in Richtung Nüstern herab zieht.

Beim hannoverschen Reithalfter liegt der Nasen-Kinnriemen tiefer als beim englischen Reithalfter, verläuft aber dann weiter, ähnlich dem Pullriemen des englisch kombinierten Reithaltfers, rostral des Gebisses. Er soll 4 Finger breit über dem oberen Nüsternrand auf dem knöchernen Teil der Nase liegen. Der Kinnriemen wird unterhalb des Trensengebisses so geschnallt, dass zwischen den Kieferästen des Pferdes und Kinnriemen etwa 2 Finger breit

Platz bleibt. (DEUTSCHE REITERLICHE VERINIGUNG, 1997). KAPITZKE (2001) plädiert eher für noch mehr Spielraum, um den Sperrzwang für das Pferd erträglich zu halten.

Die gleichlangen Riemen des mexikanischen Reithalters überkreuzen sich in der Mitte des Nasenrückens und werden durch eine lederne Rosette abgepolstert. Die seitlichen Ringe sollen symmetrisch, 2 Finger breit oberhalb des rostralen Endes der Gesichtsleiste (crista facialis) liegen (HOLTAPPEL, 1997). Zu beachten ist zusätzlich die richtige Länge des Stirnriemens des Reithalters. Ist dieser zu kurz, kann er unangenehm schmerzen und Abwehrreaktionen des Pferdes hervorrufen, die denen der Gegenwehr gegenüber dem Gebiss ähneln können.

## 2.2.2 Gebisse

Das Gebiss der Zäumung liegt im zahnfreien Zwischenraum zwischen den vorderen Backenzähnen und den Hakenzähnen (bei Hengsten und Wallachen, seltener bei Stuten) bzw. dem 3. Schneidezahn. Die Gebisse werden in jene mit direkter Wirkung (Trensen) und jene mit Hebelwirkung (Kandaren, Pelham) unterteilt.

### 2.2.2.1 Trensen

Die Trense setzt sich aus dem Mundstück und den Seitenstücken zusammen. Beide Bestandteile können unterschiedliche Ausführungen aufweisen.



Abb. 7: Aufbau Trensengebiss

Das Mundstück in ungebrochener Ausführung wird als Stangengebiss (Abb. 8) bezeichnet. Dieses Gebiss eignet sich eher für geübte Zügelhände oder für einhändige Zügelführung, da keine einseitigen, richtungsweisenden Zügelhilfen möglich sind. Bei einseitigem Zügelzug wirkt dieses Gebiss mit Druck auf den Unterkiefer der jeweiligen Seite, während es auf der gegenüberliegenden Seite infolge der Verkippung der Stange gegen den Oberkiefer drückt und eine irritierende Wirkung auf das Pferd hat (KAPITZKE, 2001; PREUSCHOFT et al., 1999).



Abb. 8: Stangengebiss aus Metall

Ein Gebiss, dessen Mundstück aus zwei seitlichen Schenkeln besteht, nennt man einfach gebrochene Trense (Abb. 9). Die Schenkel sind in der Mitte durch ein bewegliches Gelenk verbunden. Eine einseitige Einwirkung auf das Pferdemaul ist möglich. Ein Höher- oder Tieferstellen, sowie ein seitliches Herausnehmen der einen Zügelhand ändert die Richtung der am Maul angreifenden Kraft (PREUSCHOFT 1990). Bedingt durch die Konstruktion des Mittelgelenks sind die seitlichen Schenkel unterschiedlich lang (pers. Mitteilung Sprenger, 2008).

Das Mundstück der doppelt gebrochenen Trense (Abb. 10) besteht aus drei beweglichen Gebisstücken. Das wesentlich kürzere Mittelstück, das Mittelgelenk, verbindet die längeren, gleichlangen Seitenschenkel miteinander. Die Ausführungen doppelt gebrochener Mundstücke sind sehr unterschiedlich. Eine sehr maulfreundliche Konstruktion ist die KK-Conrad-Trense, bzw. die weiterentwickelte Variante, die KK-Ultra-Trense. Deren Mittelgelenk hat die Form einer Olive. Das Mittelglied und die Gelenke gehen ohne Erhebungen in die Seitenteile über. Das, bei der KK-Ultra um 45° gedrehte, Mittelstück liegt bei Zügelzug glatt auf der Zunge, so dass es nicht zu einem exponierten Druckpunkt kommt (KAPITZKE, 2001).

Die Seitenstücke variieren stark in ihrer Ausführung. Sie dienen sowohl zur Befestigung des Mundstückes als auch des Zaumzeuges sowie der Zügel. Die Standardform ist die



**Abb. 9: Einfach gebrochene Wassertrense**



**Abb. 10: Doppelt gebrochene Wassertrense**

Wassertrense. Durch Bohrungen am Rand des Mundstückes verlaufen einfache Metallringe. Diese sind frei beweglich. Je kleiner die Trensenringe, desto direkter wirkt der Zügelzug und je größer, desto länger ist der Weg vom losgelassenen bis zum gespannten Zügel (HOLTAPPEL, 1997). Meist richtet sich die Bezeichnung der Trense nach der Art der Konstruktion der Seitenstücke.

Sowohl die Olivenkopftrense als auch die D-Ringtrense sind abgewandelte Formen der Wassertrense. Die Seitenstücke weisen zwar eine eingeschränkte Beweglichkeit auf, bieten aber den empfindlichen Mundwinkeln Schutz vor Einklemmen. Durch die Ausformung der Ränder des Mundstückes ist der Übergang zu den Seitenteilen fließend und schont somit die Maulwinkel. Betrachtet man zusätzlich noch die Schenkeltrense, so dienen alle drei Formen auch dem Zweck, das Durchziehen der Trense durch das Pferdemaul zu verhindern. Während die D-Ringtrense, auch Renntrense genannt, vorwiegend im Rennsport Verwendung findet, werden die Olivenkopf- und Schenkeltrense auch im Reitsport häufig zur Ausbildung von Jungpferden eingesetzt, da die Seitenstücke eine ruhigere Lage der Trense im Maul begünstigen und zugleich die seitliche Begrenzung und richtungweisenden Zügelhilfen unterstützen.



Abb. 11: Einfach gebrochene Olivenkopftrense



Abb. 12: Doppelt gebrochene D-Ring Trense



Abb. 13: Einfach gebrochene Schenkeltrense

Eine interessante Neuentwicklung ist das Dynamic RS Gebiss. Es soll die Vorzüge der verschiedenen Trensen miteinander kombinieren. Das doppelt gebrochene Mundstück ist anatomisch geformt. Das Mittelgelenk in feiner Olivenform ist verkürzt und zusätzlich um 45° gedreht. Mundstück und Seitenteile sind durch eine Kombination von Olivenkopf und D-Ring miteinander verbunden.

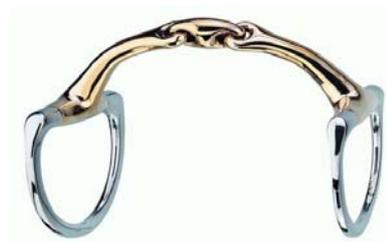


Abb. 14: Dynamic RS

#### 2.2.2.2 Hebelgebisse

Zu den Hebelgebissen zählen alle Formen, deren Zugwirkung nicht direkt am Ring des Mundstückes ansetzt. Dazu gehören das Pelham, Springkandaren und jegliche Formen der Kandare. Die Seitenteile bestehen aus Stangen und den Ober- und Unterbäumen mit unterschiedlichen Einschnallmöglichkeiten für die Zügel. Je nach Länge der Stangen und dem Verhältnis der Bäume zueinander entsteht die Hebelwirkung.

Das Pelham zählt zu den trensenartigen Hebelgebissen. Es besteht aus einem gebrochenen Mundstück, kombiniert mit den Hebelarmen und der Kinnkette der Kandare. Es wird sowohl mit zwei- als auch mit vier Zügeln verwendet

Springkandaren haben Seitenstücke, die aus mehreren aneinander gefügten Ringen bestehen und verschiedene Einschnallhöhen für die Zügel bieten. Sowohl das Pelham als auch die Springkandare stellen eine Mischform aus Trense und Kandare dar und sollen die Wirkung beider Gebisse kombinieren.

Die klassische Kandarenzüaumung besteht aus dem Kandarenmundstück mit Kinnkette und der Unterlegtrense (KAPITZKE, 2001). Da das Pferd zwei Gebisse auf der Zunge liegen hat, wird diese Zäumung ausschließlich mit vier Zügeln geritten. Das Kandarenmundstück ist stets ungebrochen und bildet den Drehpunkt, an dem die Hebel ansetzen. Wie auch bei Springkandare und Pelham ist die Kinnkette am Oberbaum mittels der beiden Kinnkettenhaken befestigt.

### 2.2.3 Wirkung von Zäumung und Gebiss

Die Wirkung von Gebissen wird in der Reitliteratur von vielen Autoren beschrieben. Die Annahmen basieren zumeist auf Erfahrungen aus der Praxis sowie auf weitergegebenem Wissen. Wissenschaftliche Messungen liegen bislang nur aus wenigen Studien vor. Diese bestätigen die Annahmen nur zum Teil und es sind durchaus neue Erkenntnisse in die Betrachtungsweise zur Wirkung der Gebisse aufzunehmen.

Der Schlüssel zum korrekten Gebrauch von Gebiss und Zaumzeug ist das Prinzip von Druck und Loslassen. Ein Pferd weicht dem Druck nicht instinktiv aus. Es lernt vielmehr, eine angenehme Position zu suchen, um den Druck zu lindern, der über das Gebiss in seinem Maul ausgeübt wird. Zeigt es auch nur ansatzweise die vom Reiter gewünschte Reaktion, muss der Druck sofort aufhören, um dem Pferd zu signalisieren, dass es in erwünschter Weise reagiert hat (BENNETT, 2007). Das Ausbleiben des Druckes als eine negative Verstärkung, in Kombination mit dem Lob durch den Reiter, führt beim Pferd zum gewünschten Lerneffekt und zur korrekten Reaktion auf die Zügelhilfen.

Die Gesamtwirkung setzt sich aus der jeweiligen Wirkungsweise des verwendeten Gebisses mit jener des verwendeten Reithalters zusammen. Die Intensität der Wirkung auf die anatomischen Strukturen wird letztlich von der Reiterhand bestimmt, die über den Zügel und das Gebiss direkten Einfluss auf das Pferdemaul nimmt. Sie kann durch sanfte Einfühlung die gesamte Hilfengebung verfeinern oder durch brutale Gewalt zunichte machen (KAPITZKE, 2001).

In allen Reitlehren ist die gemeinsame Forderung zu lesen, dass die auf den Zügeln liegende Kraft nur wenige Gramm betragen solle (PREUSCHOFT, 1999). Grund dafür ist die Kenntnis über die physikalischen Gesetze, die an der Verbindung Reiterhand–Zügel–Pferdemaul wirken. Über das Gebiss übt der Reiter Druck aus, welcher sich auf Zunge, Laden, Maulwinkel, Kinn und Nase überträgt. Laut Berechnungen von PREUSCHOFT (1990) wirken je nach Passform der Trense auf die Zunge das 1,5 bis 4fache der angewendeten Zugkraft pro Zügel. Da sich zwei Zügel am Mundstück befinden, müssen demnach die Zügelkräfte addiert werden, um die Gesamteinwirkung der Trense auf das Pferdemaul zu errechnen.

BENNETT (2007) schreibt, dass Zunge und harter Gaumen am sensibelsten sind und am stärksten auf Zügeldruck reagieren. Die Aussage, dass ein Gebiss umso schärfer wirkt, je dünner es ist, wird allgemein in der Reitliteratur vertreten. Einigkeit besteht auch darüber, dass ein zu großes Gebiss auf der Zunge hin und her rutscht, unruhig im Maul liegt und es dem Pferd leichter möglich ist, die Zunge über das Gebiss zu nehmen.

Die zu langen Seitenschenkel der einfach gebrochenen Trense sollen den Nussknackereffekt begünstigen (DRV, 2005; HOLTAPPEL, 1997; OVER 1994; KAPITZKE, 2001; PREUSCHOFT, 1990). In der HDv 12 (1937) ist dieser Effekt noch nicht erwähnt. OVER (1994) ist der Meinung, dass das Pferd bei der einfach gebrochenen Trense zuerst den scharfen seitlichen Druck auf

die Laden spürt, danach erst den Druck auf die Zunge. Der Druck wirkt von außen an Lippen und Unterkiefer, während sich das Mittelgelenk nach oben bewegt und die Zunge quetscht. Besonders bei einer zu großen Trense kann sich das Mittelgelenk in den Gaumen bohren, insbesondere dann, wenn das Sperrhalfter zu eng geschnallt ist. Die beiden Seitenschenkel des Mundstückes klemmen dabei den Unterkiefer je nach einwirkender Zügelkraft zwischen sich ein und rufen so die, der einfach gebrochenen Trense nachgesagte, typische Nussknackerwirkung hervor. Auch KAPITZKE (2001), ETTL (2001) und HOLTAPPEL (1997) beschreiben diesen Mechanismus. Sie sprechen sich daher für die doppelt gebrochene Trense hinsichtlich ihrer Wirkungsweise aus.

PREUSCHOFT (1990) ist aufgrund seiner physikalischen Betrachtungen hingegen der Meinung, dass doppelt gebrochene Gebisse im Pferdemaul grundsätzlich höhere Kräfte verursachen. Sie drücken nicht gegen den Gaumen, bieten aber der Zunge weniger Freiheit. Laut BENNETT (2007) ist der Winkel, mit dem der Druck auf Zunge, Laden und Maulwinkel am Mittelgelenk ausgeübt wird, verändert, was letztlich zu einem stärkeren Druck auf die Zunge führt, aber eine geringere Hebelwirkung auf Laden und Lippen ausübt.

Nach Meinung WRANGELS (1927) dagegen verursachen gerade doppelt gebrochene Gebisse die zangenähnlich, zusammenklemmende Wirkung auf das Maul. Er gibt der einfach gebrochenen Trense den Vorzug.

Die Aufgabe des Gelenkes der einfach gebrochenen Trense sieht BENNETT (2007) darin, dass es eine Art Dach über der Zunge bilde. Dies entlaste die Zunge etwas vom Druck durch das Gebiss. Gegenüber einem Stangengebiss ändert sich der Zugwinkel, sodass beim Zusammenklappen der beiden Gebissstangen Druck von der Zunge auf die Laden und die Lippen übertragen wird. PREUSCHOFT (1990) betrachtet die Bewegung des Mittelgelenkes als Abheben von der Zunge mit Annäherung an den Gaumen insofern als eine Annehmlichkeit für die Zunge, als dass sie dabei an Bewegungsfreiheit gewinnt. Er beschreibt die Wirkung der einfach gebrochenen Trense als "nur scheinbar einfach und übersichtlich". Ausgehend von tiefer, beigezäumter Stellung des Kopfes (Abb. 15) erklärt PREUSCHOFT (1990) die physikalische Wirkungsweise der Trense wie folgt (Abb. 16):

"Wegen des Gelenkes im Trensengebiss stützt sich jede Gebisshälfte auf ihre Seite des Unterkiefers. Solange die Zügelkraft klein bleibt, ist es möglich, dass die Trense auch allein an der Zunge ihren Gegenhalt findet. Um den Kontaktpunkt wirkt ein Drehmoment, das sich aus Zügelkraft  $\times$  Hebelarm ( $Z \times h_z$ ) ergibt. Der Abstand  $h_z$  ist die Länge des Lotes vom Kontaktpunkt auf die Wirkungslinie des Zügels. Die Trensenshälfte schwenkt nicht wirklich um den Kontaktpunkt an der Kinnlade. Es muss eine quer gerichtete Kraft  $Q$  senkrecht zu den Zügeln wirken. Diese stammt aus der anderen Trensenshälfte und wird automatisch ausgeübt, solange das Gebiss nicht im Maul verrutscht. Dieser Kraft  $Q$  ist der Hebelarm  $h_q$  zugeordnet. Sie stellt sich so ein, bis ihr Moment ( $Q \times h_q$ ) jenem Moment der Zügelkraft ( $Z \times h_z$ ) genau gleich ist. Je größer  $Z$  oder  $h_z$  wird, desto größer muss auch  $Q$  werden, da  $h_q$  von der Bauart der Trense und der Kinnladenbreite des Pferdes bestimmt ist. Eine zu weit gewählte Trense lässt  $Q$  bei gleich bleibender Zügelkraft deutlich ansteigen.  $Z \times Q$  ergibt die resultierende Gesamtkraft  $R_t$ . Diese wirkt am Unterkiefer. Sie drückt nicht in Richtung des Zügelzuges auf die Kinnlade, sondern presst diese von den Seiten her zusammen (Abb. 15). Hebt das Pferd den Kopf, dann verliert die Trense die Wirkung auf die Kinnladen und zieht dem Pferd die Mundwinkel nach oben bzw. hinten."

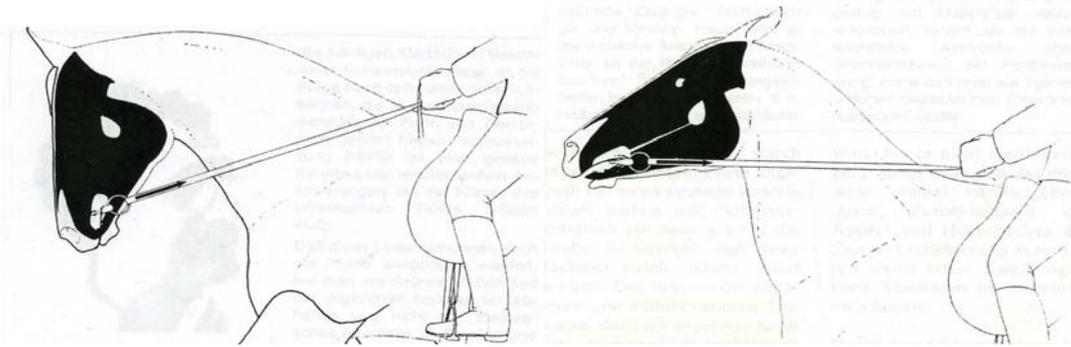


Abb. 15: Wirkungsweise Trense bei unterschiedlicher Kopfhaltung PREUSCHOFT (1990)

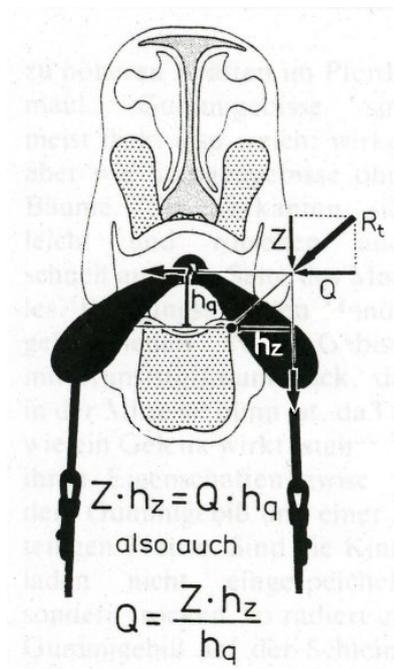


Abb. 16: physikalische Betrachtung der Trensenwirkung PREUSCHOFT (1990)

Auch die Form des Gebisses beeinflusst seine Wirkung. Die Gebissstangen des Mundstückes werden zulaufend zu den Seitenstücken hin dicker gefertigt. Erst diese konische Form ermöglicht es, einen Teil des Druckes von der Zunge auf die Laden zu übertragen. Sind die zwei Gebissstangen überall gleich dick, wäre diese Verteilung des Druckes weniger gegeben und der Druck des Mundstückes verbliebe hauptsächlich auf der Zunge (WRANGEL 1927).

Laut HOLTAPPEL (1997) üben einfach gebrochene Gebisse mit einem stärker gebogenen Mundstück mehr Druck auf die Zunge aus. Sie wirken bei Zügelzug aber weniger seitlich klemmend auf die Laden. PREUSCHOFT (1990) spezifizierte diesen Fakt. So betrifft diese Aussage, physikalisch betrachtet, jene Gebisse, die nahe der Mitte stärker gebogen sind. Anatomisch geformte Trensen, deren Gebissstangen nahe den Seitenstücken stärker gebogen sind, weisen eine geringere Querkraft  $Q$  auf. KAPITZKE (2001) führt an, dass die Druckwirkung auf den Unterkiefer umso zwingender wird, je tiefer das Gebiss im zahnfreien Zwischenraum zu liegen kommt.

Die Kraftübertragung von dem harten Gebiss auf den harten Unterkieferknochen, die Laden, erfolgt über die empfindliche Mundschleimhaut, die Gingiva. Sie ist mit dem Knochen fest verwachsen. In Abhängigkeit der Größe der Kontaktfläche des Gebisses auf dem Unterkiefer, wird die Gingiva zusammengepresst. Ein dickes Gebiss verteilt die angewendete Zügelkraft auf eine größere Fläche der Mundschleimhaut. Je kleiner die Kontaktfläche des Gebisses ist, desto mehr konzentriert sich die angewendete Zügelkraft und erzeugt einen höheren Druck auf Gingiva und harten Knochen ( $\text{Druck} = \text{Kraft} / \text{Fläche}$ ).

Die Anatomie des Zungenkörpers ermöglicht es dem Pferd das Gebiss auch ausschließlich auf der Zunge aufliegen zu lassen. Das Pferd hält dabei die Zungenmuskulatur ständig in einem Kontraktionszustand, in dem sie hart genug ist um das Gebiss von den Laden abzuheben. Der Druck, den das Gebiss auf die Schleimhaut ausübt, bleibt somit wegen der größeren Auflagefläche geringer (PREUSCHOFT, 1999). In allen Fällen verursacht die Trense durch Druck eine Zungenimpression, was laut PREUSCHOFT (1990) zu Blutstauungen führen kann.

OVER (1994) schreibt zur Wirkungsweise der Gebisse weniger in Bezug zu den physikalischen und anatomischen Gegebenheiten. Sie legt der Wirkung der verschiedenen Gebisse die jeweilig angewendete Reitweise als ausschlaggebenden Faktor zugrunde. In der Impulsreitweise, wie zum Beispiel dem Westernreiten, beschränkt sich die Einwirkung über die Zügelkraft auf „ein Zupfen“ am Zügel. Dies wirkt sich lediglich auf die Maulwinkel aus. Die schweren Lederzügel gewährleisten ohne Kraffteinwirkung des Reiters eine ruhige Lage des Gebisses im Pferdemaul. Die physikalischen Gesetze existieren natürlich ebenso und es gilt noch immer, dass ein dünneres Gebiss die Kraft auf weniger Fläche verteilt. Die Art und Weise der Handhabung ermöglicht aber den schadlosen Umgang mit der Trense. Die stete Anlehnung, durch die das Gebiss permanent eine Wirkung ausübt, ist in dieser Reitweise nicht erwünscht. Im Idealfall sollte daher eine stetige, durch die Reiterhand produzierte, Kraft am Zügel vermieden werden.

Bei Verwendung eines Reithalfters werden die zur Wirkung kommenden Kräfte auch auf den Nasenrücken übertragen. Abb. 17a und b stellen den Effekt vergleichend dar.

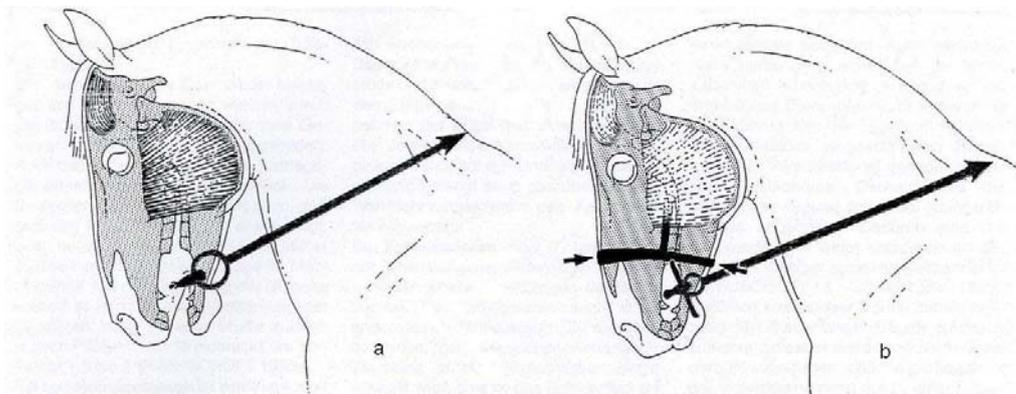


Abb. 17 a, b: Einfluss des Nasenriemens auf die Wirkung der Trense, PREUSCHOFT (1990).

Wird die Trense ohne Nasenriemen verwendet (Abb. 17a), begrenzt die Kaumuskelatur die Entfernung des Oberkiefers zum Unterkiefer. Zügel und Gebiss halten den Unterkiefer in seiner Lage fest. Die Kraft fließt über Zügel–Gebiss–Unterkiefer–Kaumuskelatur–Schädel. In Abb. 17b wird gezeigt, wie der Nasenriemen den Oberkiefer in die Bewegung oder Stellung des Unterkiefers mitnimmt. Versucht der Unterkiefer dem Zug am Gebiss nachzugeben und auszuweichen, stützt er sich an das hintere Kinnstück des Nasenbandes. Der Kraftfluss geht teilweise über Zügel–Gebiss–Unterkiefer–Kinnriemen–Nasenstück–Schädel. Die Kaumuskeln werden entlastet. Ein Teil der Zügelkraft wird auf den Nasenrücken übertragen. Der direkte Kraftfluss von den Kaumuskeln zum Hirnschädel wird so vermieden (PREUSCHOFT, 1999).

Hebelgebisse wirken nicht durch direkten Zug, sondern durch die Kraftübersetzung eines Hebelarms. Wie hoch diese Kraft ist, richtet sich nach der Länge der Ober- und Unterbäume und nach deren Verhältnis zueinander. Bei Zügelzug spannt sich der Nasen-Unterkieferriemen des englischen Reithalters und lässt nur eine begrenzte Maulöffnung zu. Durch die Schrägstellung der Kandarenhebel straffen sich die Backenstücke nach vorn unten und drücken auf das Genick. Gleichzeitig wird so die am Oberbaum befestigte Kinnkette gestrafft. Die Unterbäume weichen zurück, Zunge und Unterkiefer werden zwischen Mundstange und Kinnkette zusammengedrückt (KAPITZKE, 2001).

#### 2.2.4 Regeln zur Anpassung von Gebissen

Konkrete Regeln zur Anpassung sind kaum in der Reitliteratur beschrieben. Die, nur sehr allgemein gehaltenen Empfehlungen sind durchaus mit der Individualität eines jeden Tieres hinsichtlich seiner Anatomie zu begründen. Die anatomischen Kriterien wirken sich positiv oder negativ auf die Zügelführung aus. Sie erfordern daher eine genaue Bestimmung der Maulanatomie und sorgfältige Auswahl von Mundstück und Zaum (KAPITZKE, 2001). BENNETT (2007) schreibt, dass es mehr als nur die äußeren Abmessungen des Pferdekopfes und das Alter zu berücksichtigen gilt. BARTZ (2005) betont, dass auf folgende Punkte bei der Anpassung besonders geachtet werden sollte:

- Größe und Lage der Zunge
- Breite und Polsterung des zahnfreien Unterkieferbereiches (Laden)
- lichte Höhe der Gaumenkuppel
- Länge der Maulspalte
- Volumen der Maulhöhle, "relativ klein/groß"
- Abstand der Laden voneinander
- Beschaffenheit der Schneidezähne und ersten Backenzähne

Je dicker die Zunge des Pferdes ist, desto besser kann es das Gebiss abpolstern und den Druck auf die Laden verringern (ETTTL, 2001). Wie schon bei WRANGEL (1927) zu lesen ist, so betont auch HOLTAPPEL (1997) den Aspekt, dass die Zunge dem Druck des Gebisses nicht nach unten ausweichen kann. Der Zungenkanal ist nur bei wenigen Pferden ausreichend tief um die Zunge darin einzulagern. Bei Pferden mit dünner, flacher Zunge kann diese allerdings unter dem Druck des Gebisses im Zungenkanal verschwinden. Die Zunge bietet dann keine Polsterung für die Laden um den Druck des Gebisses abzumildern. Diese Gegebenheiten sind bei der Auswahl des Mundstückes zu beachten.

Bei der Auswahl der Stärke des Mundstückes ist ganz besonders auf optimale Verhältnisse zu achten. Zur Form der Laden sei erwähnt, dass Pferde mit relativ schmalen, scharfkantigen Kinnladen dickere und/oder weichere Mundstücke benötigen, da die Laden durch Druck leichter geschädigt werden als bei Tieren mit breiteren Laden. BENNETT (2007) schreibt, dass ein älteres Pferd im Maul oft weniger Platz für ein Gebiss hat, da mit zunehmendem Alter die Stellung der Schneidezähne nach vorne immer schräger wird. Der Gaumen sinkt näher zur Zunge herab. Je nach Pferderasse ist dieser Vorgang unterschiedlich.

Die Dicke des Mundstückes soll der Maulform gerecht werden. Eine genauere Festlegung in dieser Hinsicht kann nicht gemacht werden und jede Anpassung eines Gebisses muss ganz individuell erfolgen. Ein Pferd mit einer langen Maulspalte wird das Gebiss hinten in seinem Maul halten, wo seine Zunge weiter unten im Kiefferraum liegt und der Gaumen mehr konkav ist. Ein Pferd mit einem kurzen Maul (gemessen von den Lippen bis zu den Kommissuren) wird das Gebiss im Maul weiter nach vorne bringen, wo seine Zunge am höchsten liegt. Zwischen Zunge und hartem Gaumen ist weniger Platz und es benötigt ein Gebiss mit dünnerem Mundstück (BENNETT, 2007). Mit einem zu dicken Mundstück kann das Pferd sein Maul nicht vollständig schließen und wird das Gebiss wie einen lästigen Fremdkörper empfinden. So ist bei Pferden mit relativ fleischigen Strukturen ein dünneres Gebiss angezeigt, um das vollständige Schließen des Maules noch zu gewährleisten.

Die HDv 12 (1937) betont noch die richtige Auswahl des Mundstückes unter Beachtung der Beschaffenheit von Laden und Zunge. Eher fleischige oder scharfkantige Beschaffenheiten sind hier zu differenzieren. In den RICHTLINIEN FÜR REITEN UND FAHREN der DRV (2005) werden kaum Empfehlungen zur richtigen Auswahl und Anpassung des Gebisses gegeben. Auf ein passendes Gebiss und die richtige Verschnallung ist jedoch zu achten. Zur Dicke des Gebisses ist erwähnt, dass selbiges meist problemlos angenommen wird und angenehm ist, falls es nicht zu dick ist, um bequem im Maul zu liegen. Im Kapitel der Zäumung auf Kandare liest man, dass dünnere Gebisse den Vorteil haben können, dass nicht so viel "Eisen" im Pferdemaule zu liegen kommt und dass dies bei kleineren Maulspalten vorteilhaft sei. Weiter heißt es, dass „ein schärferes Gebiss die mangelnde Durchlässigkeit nicht ausgleichen kann.“ ETTL (2001) ist der Meinung, dass die mildere Wirkung dicker Gebisse aufgrund ihrer größeren Auflagefläche gegenüber der korrekten Anpassung ans Pferdemaule zweitrangig sein sollte.

Die Breite des Mundstückes muss an die des Maules angepasst werden und in jedem Fall der Breite des Maules entsprechen (DRV, 2005). Der Abstand der Laden zueinander ist sehr schmal, was häufig aufgrund der umgebenden Fülle der Lippen zu Fehleinschätzungen in der Auswahl des Gebisses führt, sowohl in der Breite als auch hinsichtlich der Art des Gebisses. Doppelt gebrochene Trensen sind 0,5 cm kleiner zu wählen als einfach gebrochene. Gebogene, anatomisch geformte Gebisse sollten etwas weiter gewählt werden, damit sie dem Pferd passen (HOLTAPPEL 1997). Für die Bestimmung der Breite ist die Messung von Maulwinkel zu Maulwinkel empfehlenswert. Zu dieser Breite addiert man 1 cm. Das ergibt also einen Überstand von ca. 0,5 cm über die Maulwinkel pro Seite. KAPITZKE (2001) empfiehlt sogar auf jeder Seite einen Spielraum von knapp 1 cm zwischen Trensenring und Maulwinkel, während ETTL (2001) einen maximalen Spielraum von 0,3 cm auf jeder Seite als ausreichend ansieht. Dabei bleibt aber die Priorität, dass die Maulwinkel bei geschlossenem Maul nicht eingezwängt sein dürfen. Die Trensenbreite sollte in jedem Fall so gewählt werden, dass sie an den Mundwinkeln anliegt, ohne sie zu quetschen.

Die Festlegung der Höhenverschnallung des Gebisses ist von verschiedenen Faktoren abhängig. Es darf nicht so tief liegen, dass es gegen die Hakenzähne stößt oder das Pferd die Zunge über das Gebiss bringen kann. HOLTAPPEL (1997) beschreibt die verschiedenen Varianten in Abhängigkeit von der Reitweise. Bei hoher Verschnallung geht man von zwei, sich im Maulwinkel bildenden Falten aus. Ein vergleichsweise tief verschnalltes Gebiss kann das Pferd im Maul besser bewegen. Reitweisen, welche die tiefe Verschnallung bevorzugen, verzichten meist auf ein Reithalfter, denn das Pferd soll die Gelegenheit haben, sich das Gebiss an die angenehmste Stelle im Maul zurecht zu legen, so dass es zu kauen beginnt. Dies ist bei der so genannten Impulsreitweise gegeben, die auf dem Prinzip eines sofortigen Loslassens des Zügels basiert, nachdem ein Signal mit dem Zügel gegeben wurde. In der konventionellen Reitweise mit permanenter Anlehnung ist die hohe Verschnallung geeigneter und wird immer in Kombination mit einem Reithalfter angewendet. Die tiefe Verschnallung ist bei stetiger Anlehnung weniger geeignet, da der Kieferknochen nach rostral deutlich schmaler wird. Je tiefer das Gebiss also liegt, desto mehr verkleinert sich die Auflagefläche (HOLTAPPEL, 1997).

ETTL (2001) betrachtet die Verschnallung der Höhe nach funktionellen, den Zweck erfüllenden Gesichtspunkten. So sollen nach Ettl (2001) die Maulwinkel lediglich leicht angehoben werden, wobei eine Falte im Maulwinkel entsteht. Bei höherer Verschnallung (zwei Falten) liegt das Gebiss etwas ruhiger im Maul. Dies kann hilfreich sein, wenn das Pferd dazu neigt, die Zunge über das Gebiss zu nehmen oder wenn sich junge Pferde an das Gebiss gewöhnen sollen. Auch bei nervösen Pferden, die übermäßig kauen oder mit der Zunge spielen, kann diese Variante Abhilfe schaffen. Auch OESE (1992) und die HDv (1927) beschreiben bei der Anpassung der Trense, dass vorübergehende geringfügige Lageänderungen im Hinblick auf die Höhe durchaus erforderlich und sinnvoll sein können.

Noch einmal ist darauf hinzuweisen, dass die Verschnallung der Trense nicht nur nach festgelegten Regeln erfolgen kann, sondern ebenso unter Einbeziehung der verschiedenen anatomischen Aspekte des Pferdes, der Funktionalität und der angewendeten Ausbildungsmethode vorgenommen werden muss.

## 3 Material und Methode

### 3.1 Material

#### 3.1.1 Pferd

Für die Erstellung der Röntgen- und Fotoaufnahmen stand eine ca. 7 Jahre alte Lipizzanerstute zur Verfügung. Sie wurde regelmäßig geritten, bevorzugt mit einem Snaffle Bit von 12 mm Stärke. Auf Grund der anatomischen Beschaffenheit der Maulhöhle ergab sich für dieses Pferd eine geeignete Trensenstärke von 16 mm. Die Breite der Gebisse wurde mit 140 mm als optimal beurteilt. Die Mehrzahl der Trensen ist nur in den Zwischengrößen erhältlich. Die verwendete Trensenbreite wurde daher mit 145 mm – einfach gebrochen und 135 mm – doppelt gebrochen gewählt.

#### 3.1.2 Gebisse und Zaumzeug

Folgende vier Gebisse waren Gegenstand der Untersuchung:

##### Gebiss Nr. 1

Einfach gebrochene Wassertrense – passend: Breite 145 mm, Stärke 16 mm Durchmesser, kurze Schenkel 71 mm, lange Schenkel 84 mm.

##### Gebiss Nr. 2

Doppelt gebrochene Wassertrense KK-Ultra – passend, Firma Sprenger: Breite 135 mm, Stärke 16 mm Durchmesser, Breite Mittelstück 33 mm, Höhe 17 mm.

##### Gebiss Nr. 3

Doppelt gebrochene Wassertrense Dynamic RS – passend, Firma Sprenger: Breite 135 mm, Stärke 14 mm Durchmesser, Breite Mittelstück 33 mm, Höhe 17 mm, anatomisch geformt.

##### Gebiss Nr. 4

Einfach gebrochene Wassertrense – zu groß: Breite 165 mm, Stärke 19 mm Durchmesser, kurze Schenkel 85 mm, langer Schenkel 90 mm.

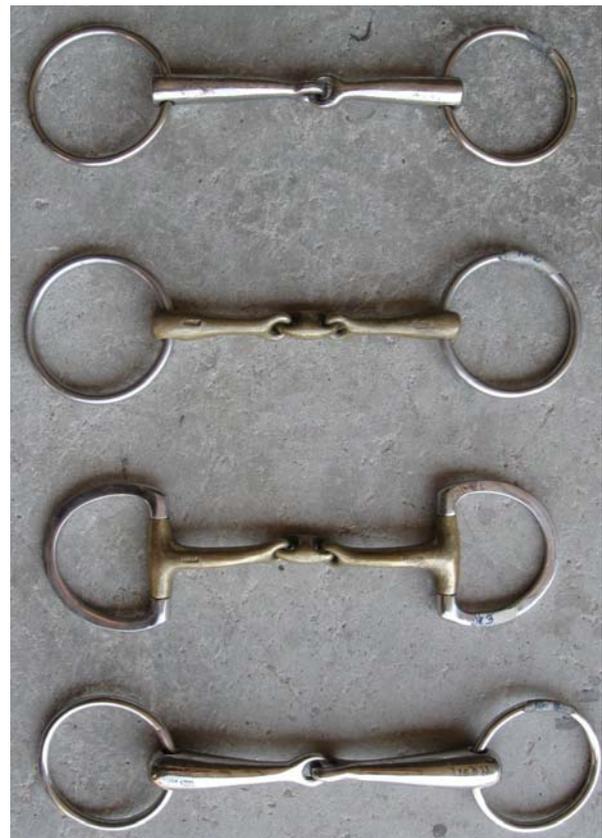


Abb. 18: verwendete Gebisse – von oben nach unten. Nr. 1, 2, 3, 4

Im weiteren Verlauf dieser Arbeit werden die Gebisse nur noch mit ihrer zugeordneten Nummer bezeichnet. In Kombination mit der Zügelzugkraft dient dies der eindeutigen Zuordnung bei der Präsentation der Ergebnisse.

Diese Trensen wurden ausgewählt, weil sie häufig in der klassischen Reiterei verwendet werden. Das Dynamic RS, erst vor wenigen Jahren von der Firma Sprenger entwickelt, erfreut sich großer Beliebtheit. Es ist derzeit nur in 14 mm Dicke erhältlich. Daher weicht es von der, für das Pferd gut geeigneten Gebissdicke von 16 mm ab. Gebiss Nr. 4 ist dem Pferd deutlich zu breit und zu dick. Es wurde bewusst gewählt, um eventuelle Unterschiede zu einem gut passenden Gebiss darzustellen, welche, gerade bei der einfach gebrochenen Trense, hinsichtlich der Nussknackerwirkung von besonderem Interesse sind.

Die Trensenverschnallung erfolgte standardisiert nach den Empfehlungen der Reitliteratur, so dass sich im Bereich der Maulwinkel jeweils zwei flache Hautfalten bildeten (siehe Abb. 19, DRV, 2005; BORRIES, 1998; HOLTAPPEL, 1997). Um bei allen vier Gebissen eine identische Position zu erreichen, musste die Länge der Backenstücke für jede Trense individuell variiert werden.

Das Zaumzeug bestand aus den ausgewählten Trensen in Kombination mit Stirn- und Kehlriemen und einem englischen Reithalfter. Diese Zäumung, ergänzt mit dem heute allgemein üblichen Sperrriemen, kommt am Häufigsten im englischen Reitstil zur Anwendung. Sie wird sowohl in der Dressur, im Springen, im Vielseitigkeitsbereich als auch in der Freizeitreiter Szene eingesetzt. In vorliegender Arbeit wurde bewusst auf den Sperrriemen verzichtet und nur das klassisch englische Reithalfter benutzt. Dies liegt darin begründet, dass zur fotografischen Dokumentation der Trensenlage im Pferdemaul am korrekt verpassten Zaumzeug eine freie seitliche Maulspalte Voraussetzung war, um seitlichen Einblick in das Pferdemaul zu erhalten. Auch wird hier die Meinung vertreten, dass der Einsatz des Sperrriemens nicht notwendig sein sollte. Bei korrekter Ausbildung des Pferdes, unabhängig von der Reitweise, sollte das Pferd keinen Grund haben, sich durch Aufsperrn des Maules gegen das Gebiss zu wehren. Das Reithalfter, ebenfalls standardisiert angepasst, lag mit dem Nasenriemen 2 Finger breit rostral der Gesichtsleiste. Hinsichtlich der Festigkeit hatten ebenfalls 2 Finger zwischen der Kinnseite des Nasenriemens und den Kieferästen Platz.



**Abb. 19: Einschnallhöhe  
Trense**



**Abb. 20: Reithalfter ohne  
Sperrriemen**

### 3.1.3 Federwaagen

Zur Messung der standardisierten Zugkräfte wurden zwei Federwaagen verwendet. Diese wurden auf beiden Seiten so in die modifizierten Zügel eingeschnallt, dass die Reiterin beim Aufnehmen der Zügel selbst direkt die Werte ablesen konnte.



Abb. 21: Zügelmodifizierung und Ablesen der Zugkraft

### 3.1.4 Röntgengerät

Die Röntgenbilder wurden mit einem mobilen Röntgengerät angefertigt. Die Belichtung der Röntgenfilme erfolgte mit 2,8 mAs / 82 kV und 3,6 mAs / 86 kV.

Focus der Aufnahmen war der rostrale Maulabschnitt zwischen den Incisivi und den ersten Prämolaren im laterolateralen und dorsoventralen Strahlengang. Die Entwicklung der Aufnahmen erfolgte in einer vollautomatischen Entwickleranlage (technische Daten s. Anhang).

## 3.2 Methode

### 3.2.1 Zugkraft

Die Angabe einer Kraft erfolgt standardmäßig mit Hilfe der Basiseinheit Newton. Die verwendeten Federwaagen geben die Kraftmessung jedoch in der Masseneinheit kg wieder. Die Umrechnung dieser Werte in die zugehörige Kraft erfolgt über den trivialen Faktor 9,81 N/kg. Aus Gründen der Zweckmäßigkeit wird auf eine Umrechnung verzichtet. Die Werte der Zugkraft werden stattdessen direkt in kg angegeben

Im Versuch wurden nacheinander drei verschiedene Zugkräfte am Zügel appliziert. Die Auswahl der dabei verwendeten Kräfte findet ihre Begründung in den Studien zur Zügelkraftmessung (s. Einleitung). Aus deren Ergebnissen resultieren Schwellwerte von 2 kg und 5 kg zur Einteilung in Dauer- und Spitzenbelastung des Pferdemaules durch Zügelzug. Diese bilden die Definitionsgrundlage für die vorliegende Arbeit.

Folgende Zugkräfte wurden verwendet:

1. Zugkraft: 100 g (0,981 N) pro Zügel; entspr. der Gewichtskraft des hingegebenen (durchhängenden) Zügels aufgrund des Eigengewichts (jeweils 100 g).
2. Zugkraft: 2,00 kg (19,6 N) pro Zügel
3. Zugkraft: 3,75 kg (36,8 N) pro Zügel

Zur Vereinfachung werden im Folgenden die Kurzbezeichnungen 0, 2 bzw. 4 für die Zugkräfte verwendet, entsprechend der auf ganze Kilogramm gerundeten Werte 0 kg, 2 kg bzw. 4 kg.

### 3.2.2 Versuchsdurchführung

Anforderung war es, die Position des Pferdes so herzustellen, dass die Kopfposition idealer Weise der, eines am Zügel stehenden Pferdes im Halten entspricht. Das bedeutet, dass sich die Stirn–Nasenlinie bei anstehendem Zügel, annähernd senkrecht zur horizontalen Ebene befindet.

Das Pferd wurde leicht sediert. Das Anfertigen der Röntgenbilder und deren Qualität wurden so nicht zusätzlich durch unruhiges Kopfschlagen aufgrund der ungewohnten Umgebung und dem Aufbau der Röntgenapparaturen erschwert und deren Qualität nicht beeinträchtigt. Damit sich das Pferd bei Annehmen des Zügels nicht rückwärts entziehen konnte, stand das Pferd in Begrenzung einer seitlichen und rückwärtigen Wand. Pro festgelegter Zugkraft wurde je eine Aufnahme im laterolateralen und dorsoventralen Strahlengang angefertigt, sowie zwei Aufnahmen vom Pferdekopf ohne Zaumzeug und Trense.

Für die Aufnahmen am hingegebenen Zügel hielt die Reiterin die Zügel in der Hand, ohne aktiven Zug auszuüben. Sie achtete auf eine geradegerichtete Haltung des Pferdes.

Die Aufnahmen bei angenommenem Zügel wurden auf Zeichen der Reiterin in dem Moment erstellt, in welchem sie den jeweils festgelegten Wert der Zugkraft durch Annehmen der Zügel hergestellt hatte.

Analog wurde bei der fotografischen Dokumentation verfahren. Nach anpassen der jeweiligen Trense nahm die Reiterin die Zügel mit festgelegter Zugkraft auf. Dabei wurde die Maulspalte seitlich aufgezo-gen, so weit und vorsichtig wie möglich, um dabei keine Abwehrreaktion vom Pferd auf diese Handgriffe hervor zu rufen.



Abb. 22: Versuchsanordnung

### 3.2.3 Evaluierung der Messwerte und Auswertung der Aufnahmen

Die erlangten Röntgenbilder lieferten eine 2-dimensionale Abbildung des Pferdekopfes. Sie dienten zur Auswertung der Lage der Trensengebisse. Es wurden Punkte und Abstände definiert, die standardisierte Messungen zuließen. Alle Messungen wurden mit dem Programm iQ-View-Light durchgeführt. Die angegebenen Abstandswerte beziehen sich also stets auf die projizierten Bilder.

Um die Position des Zungenverlaufes im Unterkiefer darzustellen, wurde das Bild im Programm mit einem Koordinatensystem versehen, dessen x-Achse auf der Knochenkante des Unterkiefers liegt. Der Ursprung liegt an P<sub>2</sub>. Vertikale Abstände wurden senkrecht dazu gemessen. Die Angabe der Längenwerte erfolgt bezüglich der x-Achse in einer vom Auswertungsprogramm vorgegebenen relativen Skala (angegeben als a.u.). Die vertikalen Abstände werden in mm angegeben. Es wurden jeweils 3 bis 6 Messungen pro definierten Abstand vorgenommen und zwei Dezimalstellen berücksichtigt. Anschließend wurde der arithmetische Mittelwert berechnet. Die nachfolgenden Ergebnisse werden anhand dieser Durchschnittswerte ohne Dezimalstelle präsentiert.

Für die relevanten vertikalen Abstände und zum Unterkiefer im LL-Strahlengang werden folgende Bezeichnungen verwendet (Abb. 23):

D <sub>n</sub>	maximal sichtbare Höhe des Diastemas, gemessen zwischen dorsaler Knochenkonturlinie des Margo interalvolaris der Mandibula und jener der Maxilla
GT	sichtbarer Abstand zwischen Gaumen und Trense, gemessen von der tiefsten, gleichmäßig sichtbaren Kontur der Gaumenschleimhaut zum höchsten Punkt des Trensenmittelgelenkes. Einzelne, in die Maulhöhle hineinragende Gaumenstaffeln wurden nicht berücksichtigt (s. Abb. 23, Bildausschnitt)
I	Distanz zwischen Incisivi des OK zu jenen des UK
UT	Abstand Unterkiefer-Trense, gemessen am rostralen (UT <sub>r</sub> ) und kaudalen (UT <sub>c</sub> ) Rand vom Mittelgelenk des Mundstückes zur dorsalen Knochenkonturlinie des Margo interalvolaris der Mandibula am Berührungspunkt zw. Trense und Zunge. UT <sub>r</sub> entspr. Z <sub>min</sub> am Mittelgelenk der Trense
UZ	Abstand des Punktes Z zu dorsaler Knochenkonturlinie des Margo interalvolaris der Mandibula

Die Bezeichnungen der Abstände im DV-Strahlengang sind (Abb. 24):

D <sub>i</sub>	Länge des Diastemas, gemessen von kaudaler Grenze des 3. Incisivus zur rostralen Grenze des 2. Prämolaren.
L	geringste Breite der Mandibula – kleinster Abstand zw. den Laden
∅ T	Durchmesser der Trense gemessen in Höhe der Auflagefläche auf der Lade.
TP	Distanz zwischen kaudaler Grenze der Trense und rostraler Grenze des 2. Prämolars des UK.

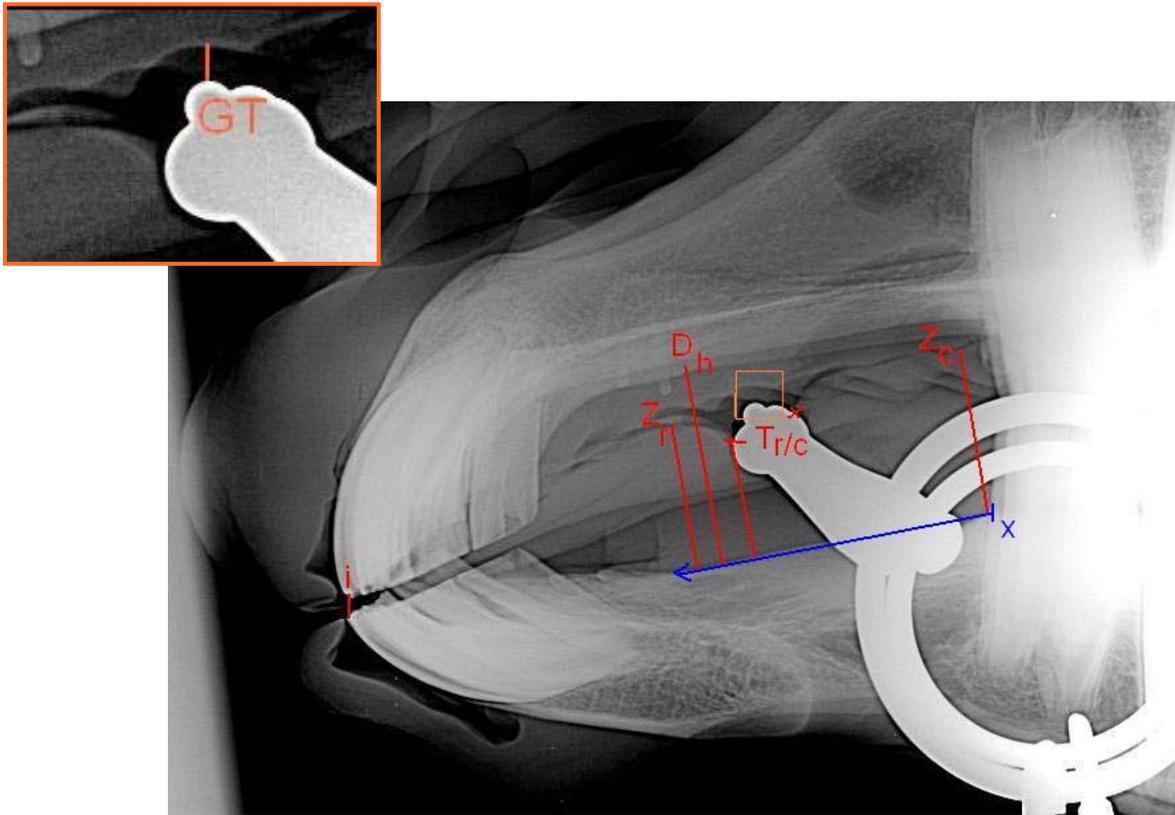


Abb. 23: gemessene Abstände – Strahlengang LL

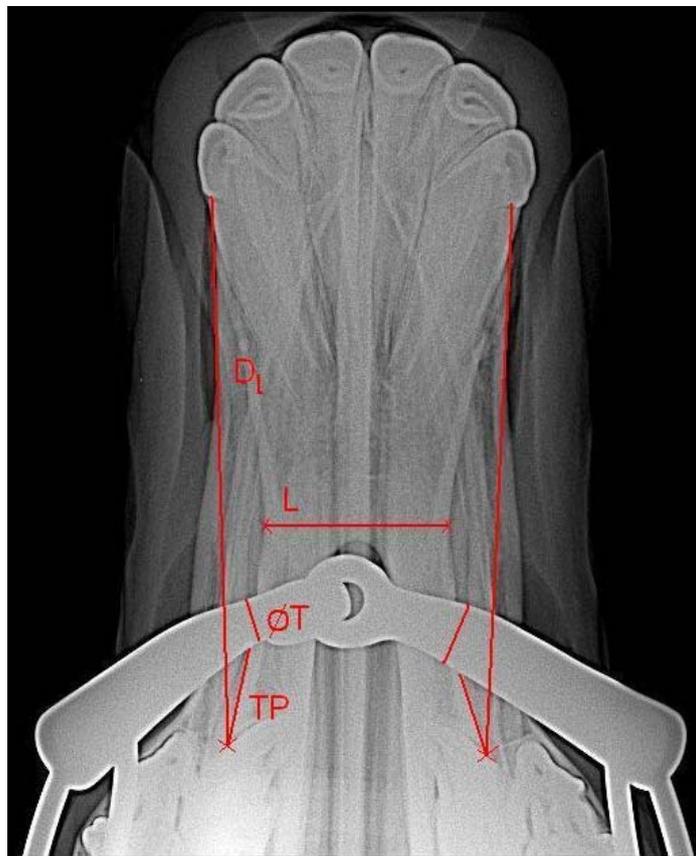


Abb. 24 : gemessene Abstände – Strahlengang DV

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Analyse der experimentellen Ergebnisse

Die anhand der Röntgenbilder erhaltenen Ergebnisse werden in Form von Tabellen und Diagrammen dargestellt. Die Röntgenbilder an sich visualisieren den Sachverhalt. Es gilt zu beachten, dass die vorliegende Arbeit den Charakter einer exemplarischen Fallstudie hat, mit deren Hilfe Aufschluss über prinzipielle Einflüsse von Zugkräften auf die Interaktion der Trensen mit den Strukturen der Maulhöhle gewonnen werden sollen. Die angefertigte Fotoserie ergänzt die Veranschaulichung.

#### 4.1.1 Maulhöhle ohne Trense

In Abb. 25 lässt sich die geschlossene Maulhöhle gut erkennen. Die Lippen sind geschlossen. Die Prämolaren des Ober- und Unterkiefer haben Kontakt zueinander. Die Höhe des Diastemas –  $D_h$  misst 49 mm. Der Abstand der Incisivi ist individuell unterschiedlich und einerseits anatomisch bedingt, andererseits abhängig von den gegebenen Fütterungsbedingungen sowie von der Art und Weise der Zahnbehandlung. Die Incisivi können sich ebenfalls berühren oder einen geringen Abstand voneinander aufweisen. Im gezeigten Fall betrug der Abstand 4 mm.

Die Zunge füllt die Maulhöhle nahezu vollständig aus. Deutlich erkennbar ist die Anpassung der Zunge in ihrem Verlauf an den Gaumen und der Kontakt zu den Rugae palatinae. Der größte rostrale Abstand  $UZ_r$  im Zungenverlauf beträgt 41 mm. Der kaudale Abstand  $UZ_c$ , gemessen an  $P_2$  wurde mit 30 mm ermittelt.

Gut erkennbar sind die, nur als Anlagen vorhandenen Canini im Diastema.

Abb. 26 zeigt die dorsoventrale Ansicht. Der OK und der UK überlagern sich. Die Abstände  $L_{min}$  und die Länge des Diastemas  $D_{ij}$  und  $D_{re}$  konnten anhand aller DV-Aufnahmen ermittelt werden. Der kleinste Abstand zwischen dem Grat der Laden des UK betrug  $46 \pm 0,7$  mm unmittelbar rostral des Kinnwinkels. Lediglich in den Aufnahmen von Trense 1 und 2 mit Zugkraft 0 konnte dieser Abstand nicht ermittelt werden, da dieser von den Trensen überlagert wurde.

Für  $D_{ij}$  und  $D_{re}$  wurden im Mittel  $133 \pm 4$  mm gemessen.



**Abb. 24: laterolaterale Ansicht der Maulhöhle ohne Trense**



**Abb. 25: dorsoventrale Ansicht der Maulhöhle ohne Trense**

#### 4.1.2 Einfluss der Zugkraft auf Trense und Zungenverlauf

Die folgenden Diagramme veranschaulichen den Einfluss der Zugkraft auf Trensenverlagerung und Zunge für die verschiedenen Trensen. Dargestellt ist die Höhe der Zungenkontur vom Unterkiefer in Abhängigkeit von der Position  $x$  im Unterkiefer. Die Darstellungen erfolgen zunächst für die einfach gebrochenen Trensen 1 und 4, im Anschluss für die doppelt gebrochenen Trensen 2 und 3 jeweils für die verschiedenen Zugkräfte. Die Ausgangslage der Zunge mit Trense am hingeegebenem Zügel (Zugkraft 0 kg) ist als grüne Kurve dargestellt. Gelb stellt den Zungenverlauf bei 2 kg Zugkraft dar, Rot die Zungenkontur bei 4 kg Zugkraft. Zur Veranschaulichung sind die zugehörigen Röntgenbilder abgebildet.

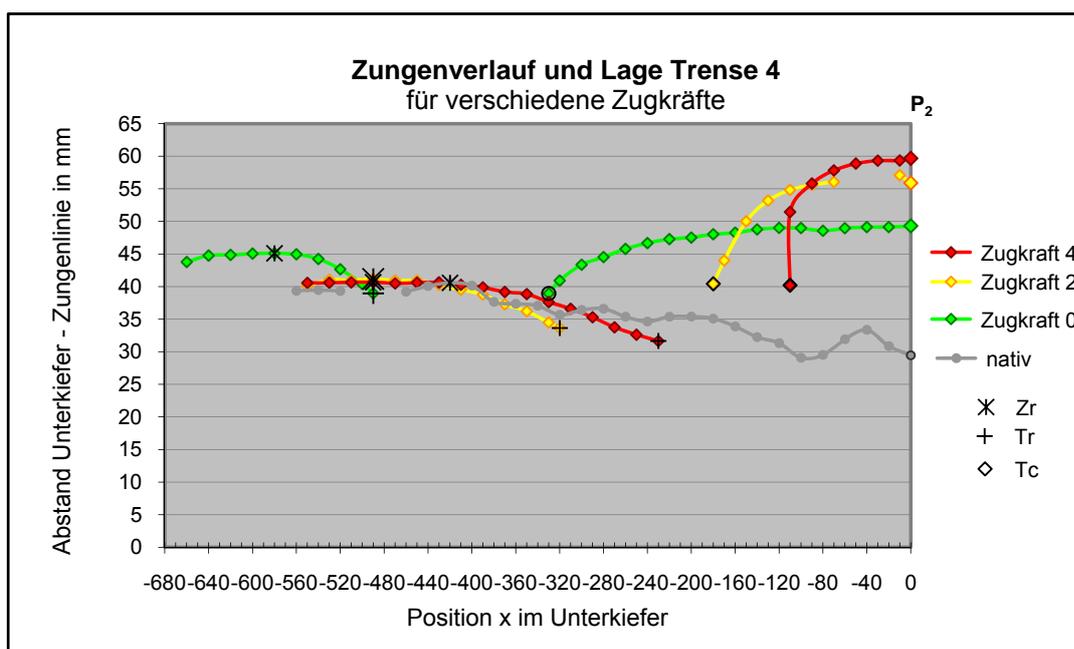
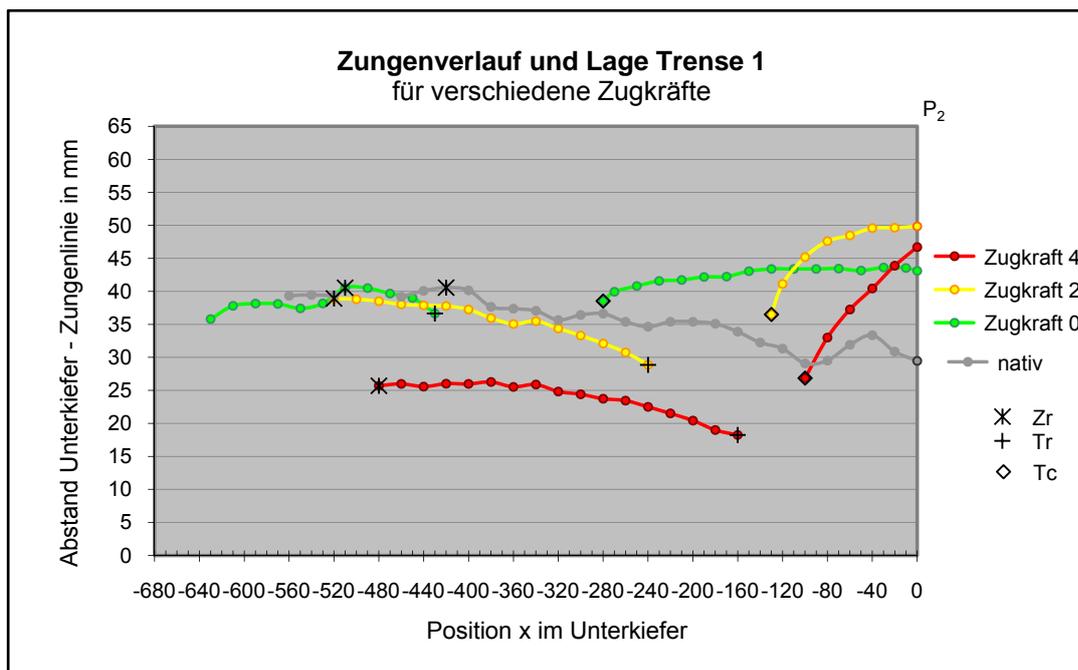
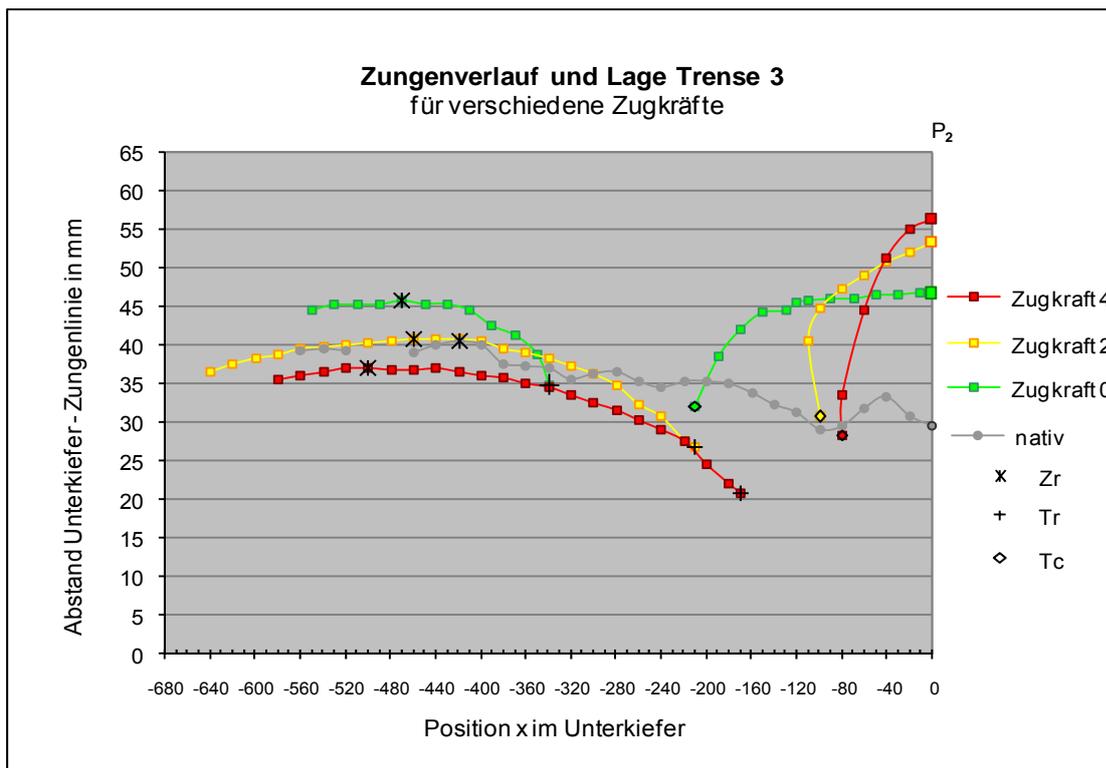
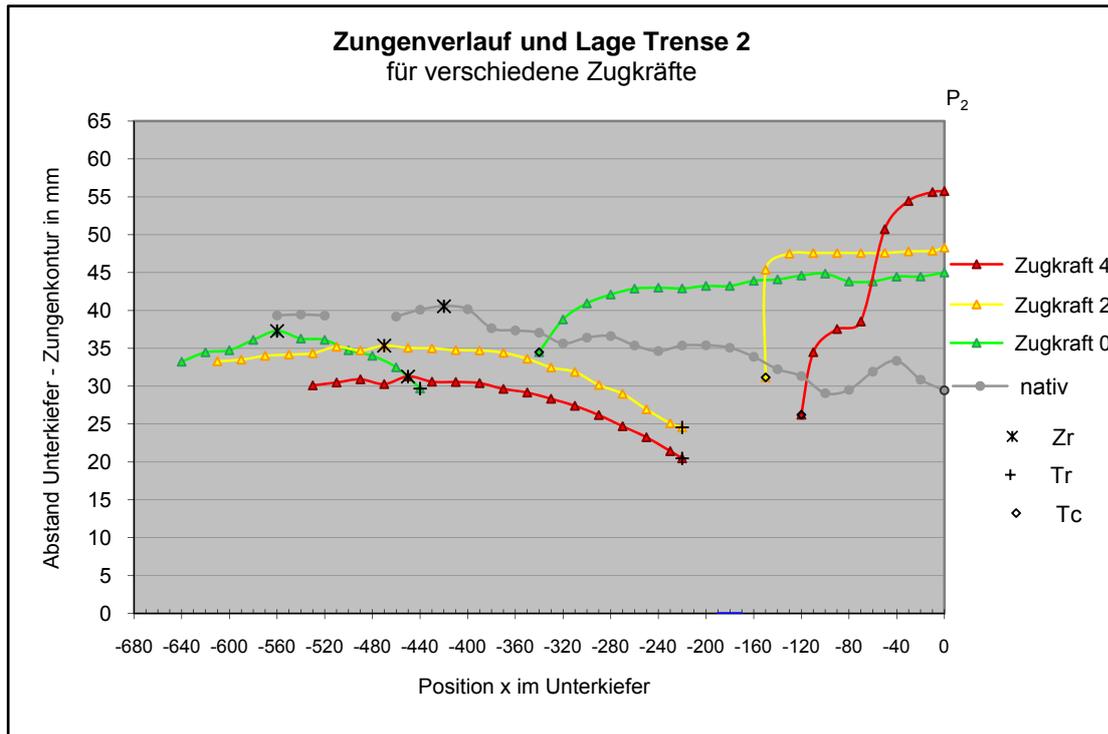




Abb. 26: Darstellung Zungenverlauf und Trensenlage bei zunehmender Zugkraft. Gegenüberstellung Trense 1 (li), Trense 4 (re), Ansicht laterolateral



Graphik 1 a-d: Die Kurven stellen den jeweiligen Zungenverlauf für verschiedene Zugkräfte dar. Die Betrachtung erfolgt von rostral nach kaudal.

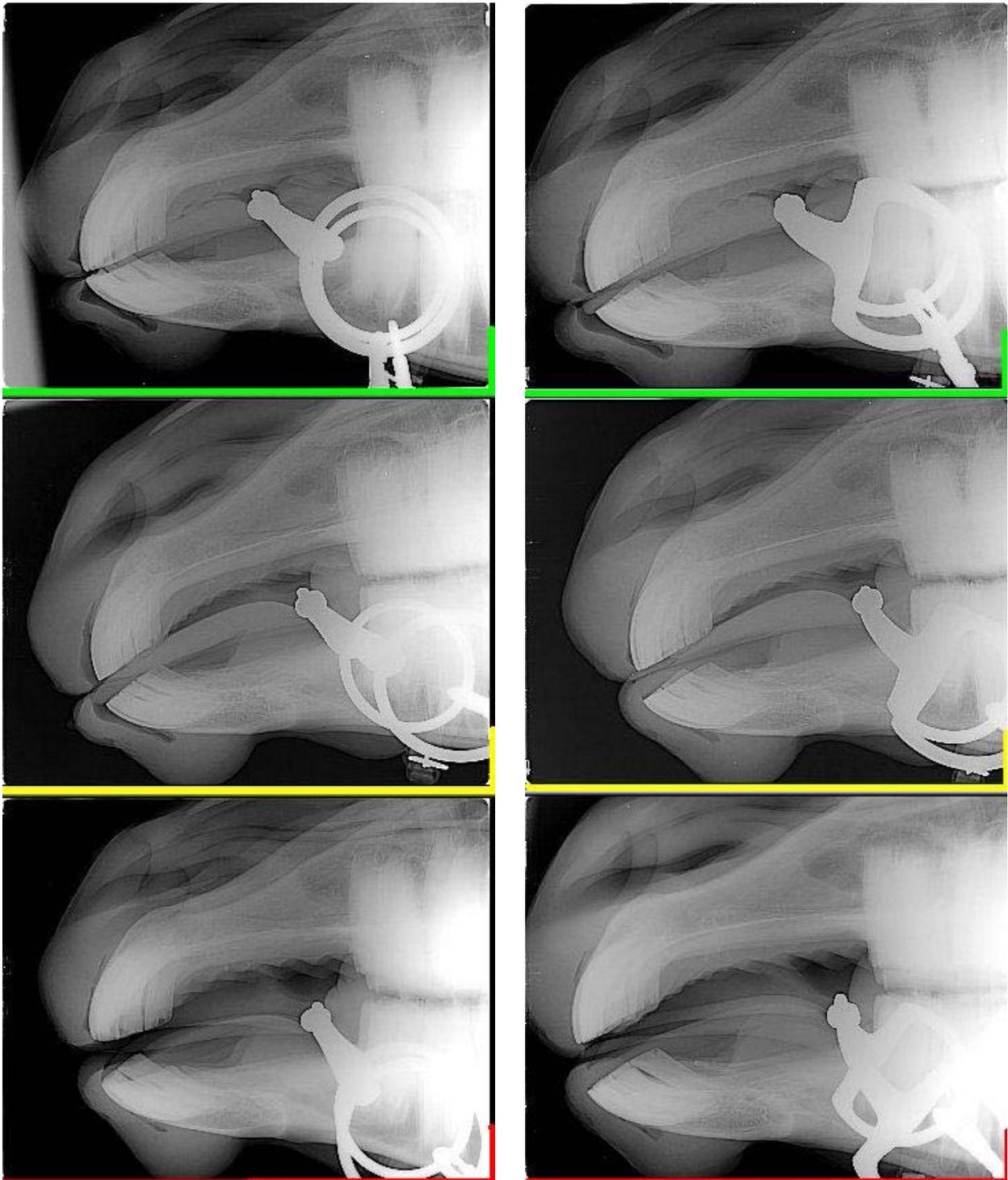


Abb. 27: Darstellung Zungenverlauf und Trensenlage bei zunehmender Zügelzugkraft. Gegenüberstellung Trense 2 (li), Trense 3 (re), Ansicht laterolateral

In jeder Röntgenaufnahme ist die kaudoventrale Verlagerung des Mittelstückes erkennbar. In den zugehörigen Diagrammen ist die Breite des Mittelstückes durch die Lücke im Graphen zwischen  $T_r$  und  $T_c$  gekennzeichnet. Die Punkte  $T_r$  und  $T_c$  verschieben sich sowohl kaudal entlang der x-Achse (Tab. 1) als auch senkrecht dazu in ventraler Richtung (Tab. 2). Zum Vergleich der Verschiebung bei den verschiedenen Zugkräften werden die Differenzen zwischen den jeweiligen Positionen bestimmt und als Verschiebung (V 0-2, V 0-4 bzw. V 2-4) bezeichnet.

**Tabelle 1: kaudale Verschiebung der Trense bei steigender Zugkraft in a.u.**

	<i>Trense 1</i>		<i>Trense 2</i>		<i>Trense 3</i>		<b>Trense 4</b>		
	Tr	Tc	Tr	Tc	Tr	Tc	Tr	Tc	
V 0-2	190	150	220	190	130	110	170	150	V 0-> 2: steigende Zugkraft von 0 zu 2kg
V 2-4	80	30	0	30	40	20	90	70	V 2-> 4: steigende Zugkraft von 2 zu 4kg
<b>V 0-4</b>	270	180	220	220	170	130	260	220	V 0-> 4: Gesamtverschiebung

Die kaudale Verschiebung ergibt für beide Punkte  $T_r$  und  $T_c$  einen größeren Wert für V 0-2 im Vergleich zu V 2-4. Die größte Verschiebung insgesamt verzeichnet Trense 1 und 4, betrachtet am Punkt  $T_r$ .

**Tabelle 2: ventrale Verschiebung der Trense bei steigender Zugkraft in mm**

	<i>Trense 1</i>		<i>Trense 2</i>		<i>Trense 3</i>		<b>Trense 4</b>		
	Tr	Tc	Tr	Tc	Tr	Tc	Tr	Tc	
V 0-2	-8	-3	-5	-3	-8	-1	-5	1	V 0-> 2: steigende Zugkraft von 0 zu 2kg
V 2-4	-11	-9	-5	-5	-6	-3	-2	0	V 2-> 4: steigende Zugkraft von 2 zu 4kg
<b>V 0-4</b>	-19	-12	-10	-8	-14	-4	-7	1	V 0-> 4: Gesamtverschiebung

Die negativen Werte der ventralen Verschiebung zeigen das generelle Absinken der Trense in Richtung Unterkiefer. Bei Trense 4 ist die Verschiebung geringer als bei den anderen Trensen.

Weiter ist anzumerken, dass  $T_c$  absolut betrachtet weniger Verschiebung aufweist als der rostrale Punkt  $T_r$  der Trense gleicher Zugkraft. Einzige Ausnahme bildet Trense 2 bei V 2-4. Während die kaudale Verschiebung von Punkt  $T_c$  größer als von  $T_r$  ist, sinken beide ventral um den gleichen Betrag ab.

Ohne Trense verläuft die Zunge abfallend in kaudale Richtung (graue Kurve und vgl. Abb. 25). Auffallend ist dabei die Wellenform der Zungenlinie. Bei Trense 1 und 2 senkt sich der Zungenverlauf rostral der Trense bei zunehmender Zugkraft gegenüber dem natürlichen Verlauf ab. Die maximale Höhe  $UZ_r$  von Trense 1 ist bei Zugkraft 0 (Ausgangslage) und beim nativen Verlauf identisch. Trense 2 liegt nur in der Ausgangslage geringfügig tiefer.

Bei Trense 3 und 4 ist  $UZ_r$  in der Ausgangslage hingegen größer als ohne Trense. Bei Zugkraft 2 verringert sich  $UZ_r$  nur wenig (Tab. 3) Bei Verstärkung der Zugkraft auf 4 kg wird  $UZ_r$  insbesondere bei Trense 1 merklich kleiner. Trense 4 hingegen zeigt keine weitere Veränderung (vgl. Anhang Tab. zu 4.1.2).

**Tabelle 3: Abstand Unterkiefer-Zungenlinie  $UZ_r$  rostral in %, bezogen auf die Ausgangslänge (Zugkraft 0)**

	Trense 1	Trense 2	Trense 3	Trense 4
$UZ_r$				
Zugkraft 0	100	100	100	100
Zugkraft 2	95	95	89	91
Zugkraft 4	63	84	80	91

Kaudal der Trense ist der Abstand der Zungenoberlinie vom Unterkiefer bei jeder Trense unabhängig von der Zugkraft deutlich erhöht, die Zungendicke nimmt zu. Der Zungenverlauf ist aufgewölbt. Am flachsten sind Zungenverlauf und Dicke jeweils am hingegebenen Zügel. Der höchste Punkt  $Z_c$  der Zungenkontur liegt dabei über jenem des nativen Verlaufs und befindet sich an  $P_2$  bzw. unmittelbar rostral vor  $P_2$ . Bei Erhöhung der Zugkräfte vergrößert sich die Zungendicke weiter, jedoch nicht linear.

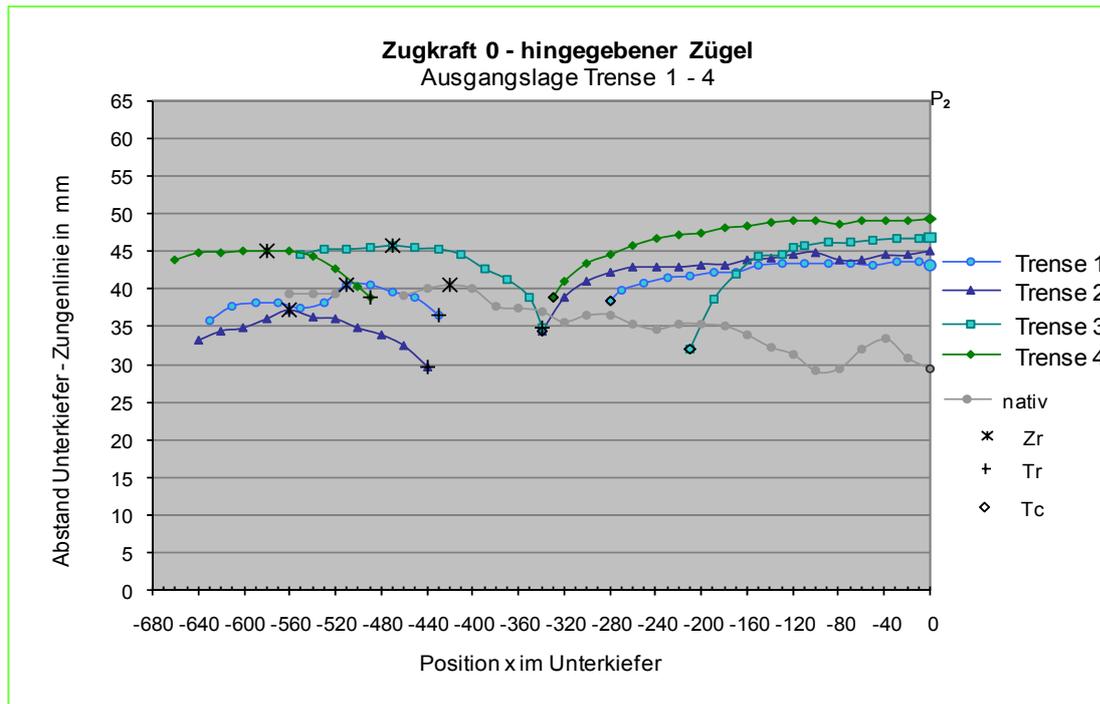
**Tabelle 4: Abstand Unterkiefer-Zungenlinie  $UZ_c$  kaudal in % bezogen auf die Ausgangslänge (Zugkraft 0) - Zungendicke**

	Trense 1	Trense 2	Trense 3	Trense 4
$UZ_c$				
Zugkraft 0	100	100	100	100
Zugkraft 2	114	107	113	114
Zugkraft 4	107	124	119	122

Bei Betrachtung der Graphiken 1-4 sowie der Tabellen 3 und 4 lässt sich für den Gesamtverlauf der Zunge feststellen, dass sich der rostrale Teil bei zunehmender Zugkraft absenkt, während sich der kaudale Teil deutlich erhöht.

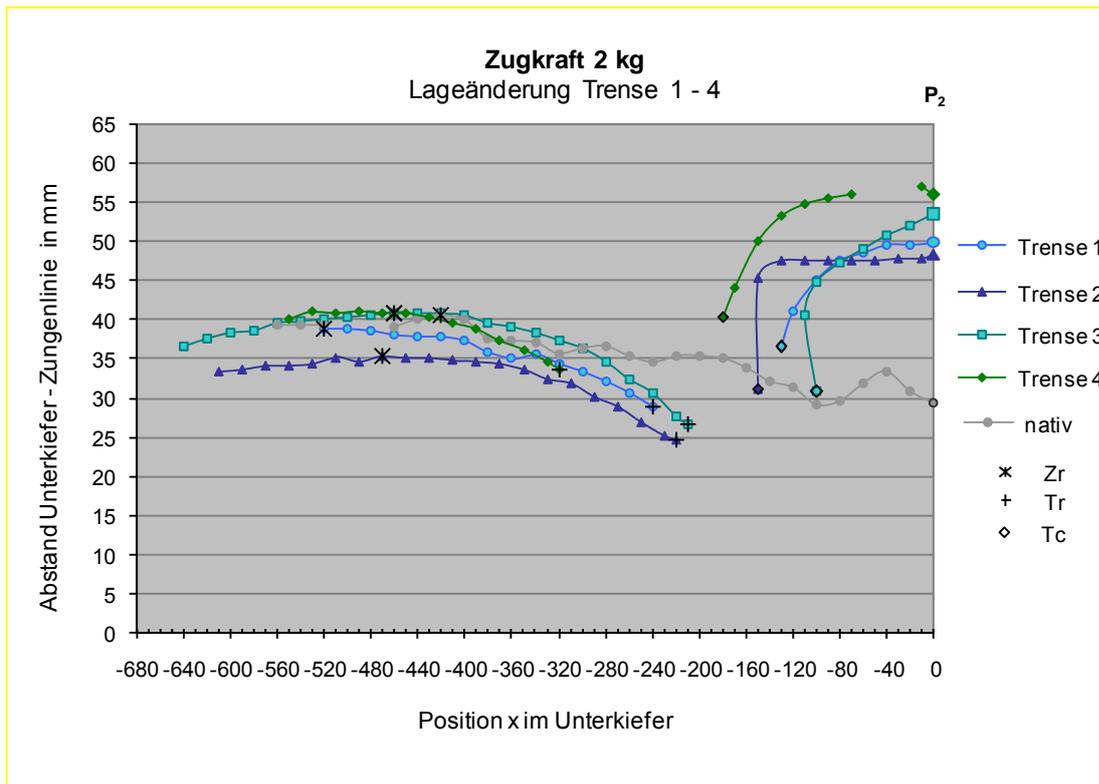
Die kaudoventrale Verlagerung des Mittelstücks verursacht den Einschnitt der Zungenkontur. Besonders bei Trense 2 und 3 ist dies mit zunehmender Zugkraft festzustellen. Der kaudale Anstieg der Kurven wird größer und nimmt sehr unterschiedliche Formen an. Während der rostrale Zungenverlauf relativ ähnlich zueinander ist, werden im kaudalen Teil bei Änderung der Zugkraft große Unterschiede deutlich (vgl. Anhang Tab.  $\Delta y / \Delta x$  zu 4.1.2).

Vergleichbare Ergebnisse erhält man auch, wenn die verschiedenen Trensen bei gleicher Zugkraft einander gegenübergestellt werden (siehe folgende Graphiken und Abb. 27 und 28).



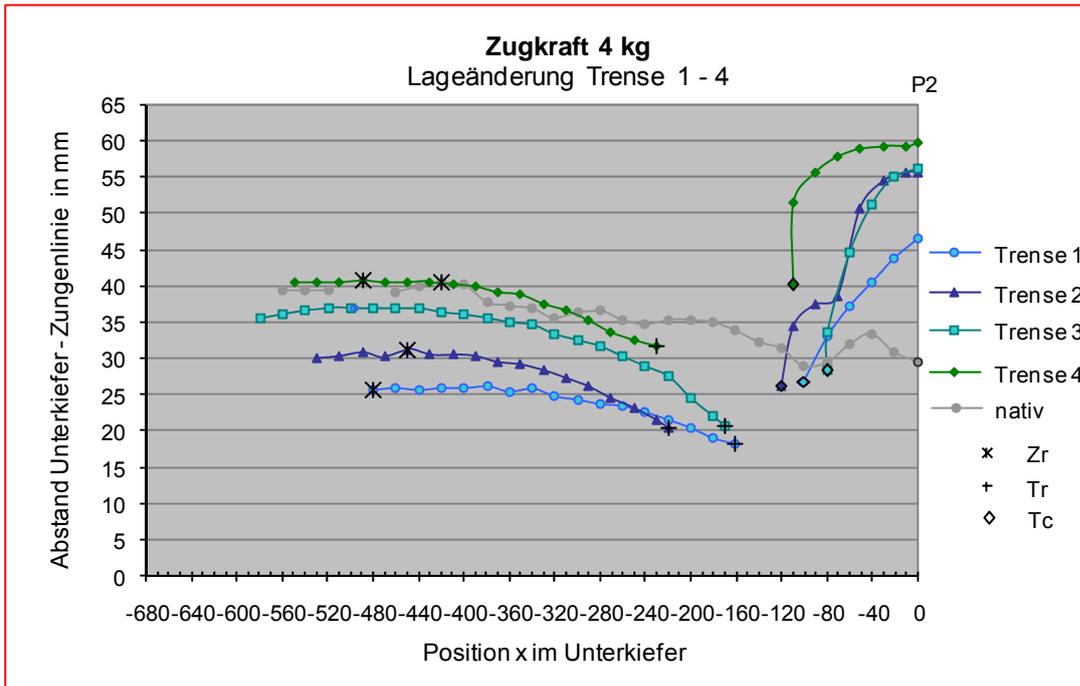
**Graphik 2: Trensenlage und Zungenverlauf bei Zugkraft 0**

Graphik 2 lässt die sehr unterschiedliche Ausgangslage der Trensen am hingeebenen Zügel erkennen, wobei der Zungenverlauf im Vergleich jedoch eher gleichförmig ist (vgl. Anhang Tab.  $\Delta y / \Delta x$  zu 4.1.2). Das Mittelstück der Trense 4 liegt am weitesten rostral, während jenes von Trense 3 so weit kaudal zu liegen kommt, dass es mit seinem rostralen Rand gerade dort beginnt wo die Mittelstücke von Trense 2 und 4 enden. Weiter weist die Zungenlinie bei Trense 4 und 1 den größten Abstand vom Unterkiefer auf. Der auffälligste Einschnitt wird durch die Trensen 2 und 3 verursacht.



**Graphik 3: Trensenlage und Zungenverlauf bei Zugkraft 2**

Bei Zugkraft 2 fällt auf, dass sich das Mittelstück jeder Trense unterschiedlich stark verlagert hat, wie auch aus Tabelle 1 hervorgeht. Trense 4 liegt trotz deutlich kaudaler Verschiebung von T am weitesten rostral, während sich Trense 3 am wenigsten verlagert hat, aber dennoch den kleinsten Abstand zu  $P_2$  aufweist und die größte ventrale Verschiebung festzustellen ist.

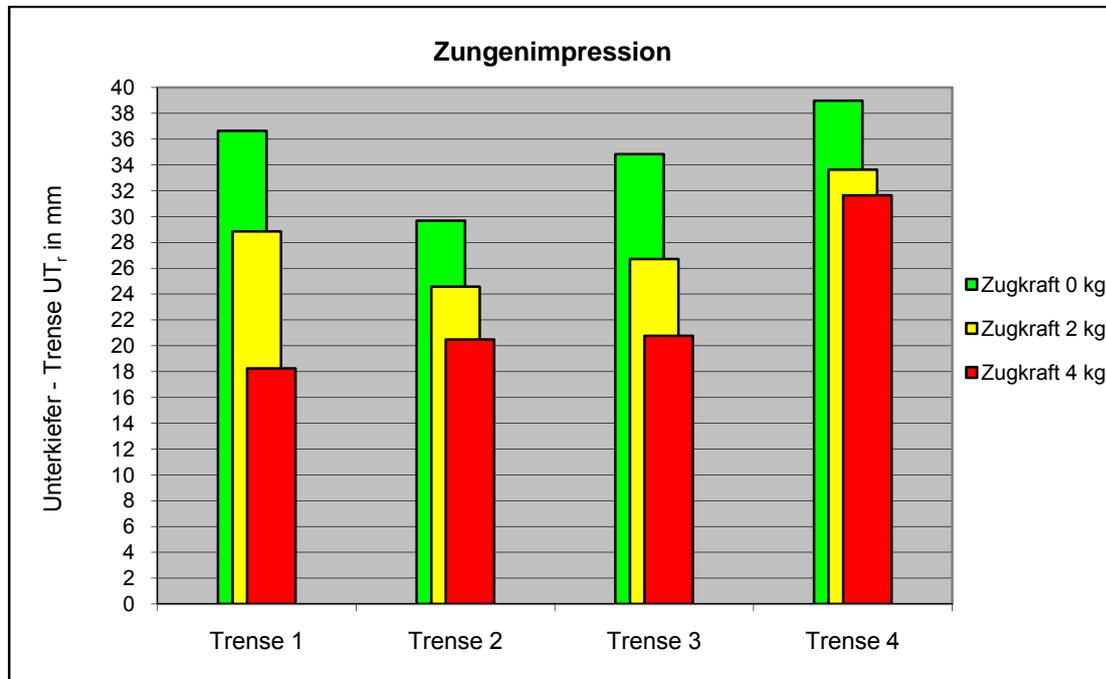


**Graphik 4: Trensenlage und Zungenverlauf bei Zugkraft 4**

Trense 1 ruft bei Zugkraft 4 die stärkste ventrale Verlagerung sowohl bei  $Z_r$ , als auch T hervor. Trense 4 hingegen verzeichnet die geringste Änderung (vgl. Tab. 2 und 3). Die kaudale Verlagerung ist bei Trense 4 am größten. (vgl. Tab. 1 und 2).

### 4.1.3 Einfluss der Zugkraft auf Trense–Zungenimpression

Die Zungenimpression ist durch die ventrale Verschiebung des Mittelstückes beeinflusst. Sie tritt am Punkt  $T_r$  am stärksten hervor. Graphik 5 stellt den Abstand  $UT_r$  für die verschiedenen Zugkräfte bei den einzelnen Trensen dar.



Graphik 5: Zungenimpression am Punkt  $T_r$  in Abhängigkeit der Zugkraft

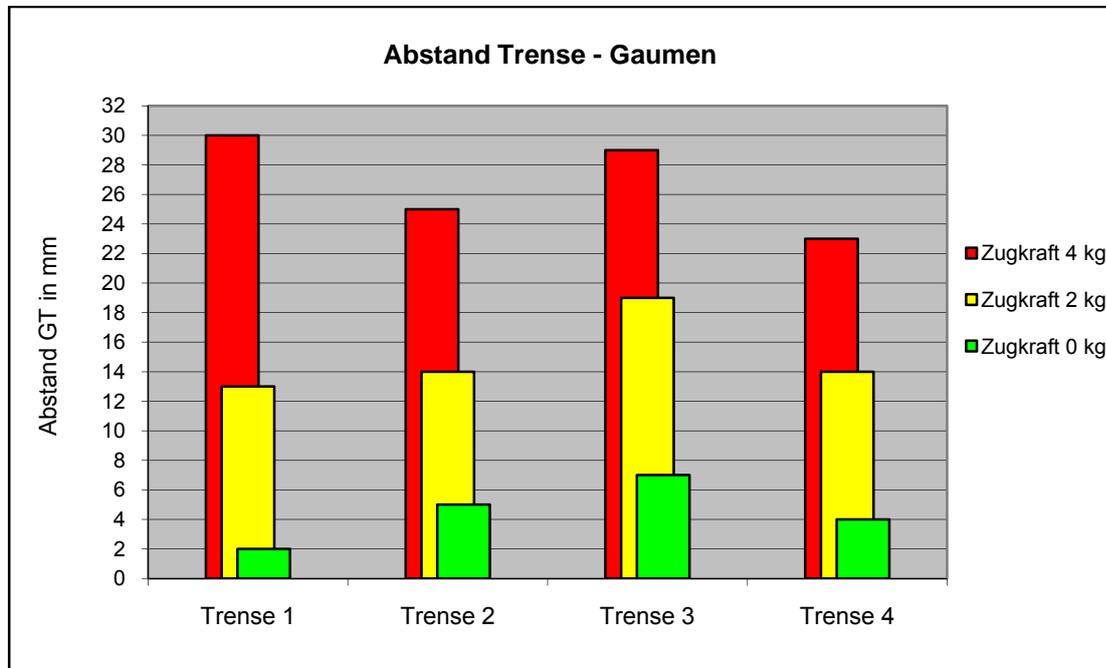
Tabelle 5: Abstand  $UT_r$  in % relativ zur Ausgangslage (Zugkraft 0)

	Trense 1	Trense 2	Trense 3	Trense 4
$UT_r$				
Zugkraft 0	100	100	100	100
Zugkraft 2	78	83	77	87
Zugkraft 4	49	67	60	82

Trense 1 zeigt sowohl absolut die stärkste Impression mit einer Annäherung zur Lade auf 18 mm, als auch die größte relative Kompression im Vergleich der Trensen zueinander. Der Abstand  $UT_r$  verringert sich auf die Hälfte. Trense 3 verschiebt sich um 40%. Die geringste Impression weist Trense 4 auf. Ihr Abstand zur Lade beträgt bei Zugkraft 4 noch immer 32 mm bei einer Gesamtverschiebung von 18% (vgl. Anhang Tab. zu 4.1.3).

#### 4.1.4 Einfluss der Zugkraft auf Trense–Gaumen

Der Abstand zwischen Trense und Gaumen ist von großer Bedeutung bezüglich der Verwendung der Trensen, da bei Verstärkung der Zugkraft der einfach gebrochenen Trense ein schmerzhafter Gaumenkontakt in Verbindung mit dem Nussknackereffekt auftreten soll. Dieser Sachverhalt wird anhand der laterolateralen Aufnahmen dargestellt.



Graphik 6: Abstand der Trense vom Gaumen in Abhängigkeit der Zugkraft

Tabelle 6: Abstand Trense–Gaumen in % relativ zur Ausgangslage

	Trense 1	Trense 2	Trense 3	Trense 4
GT				
Zugkraft 0	100	100	100	100
Zugkraft 2	650	280	271	350
Zugkraft 4	1500	500	414	575

Graphik 6 zeigt, dass bei den Aufnahmen dieser Röntgenbilder weder die einfach gebrochenen, noch die doppelt gebrochenen Trensen in Berührung mit dem Gaumen kamen. Der geringste Abstand zwischen Trense und Gaumen präsentiert sich bei allen Trensen am hingegebenen Zügel ohne reiterliche Einwirkung, wobei das Mittelstück von Trense 1 mit 2 mm sehr nah am Gaumen liegt. Mit steigender Zugkraft entfernen sich alle Trensen deutlich vom Gaumen. Die geringste Änderung des Abstandes auf das Vierfache zeigt Trense 3. Das Mittelstück von Trense 1 entfernt sich insgesamt auf das 15-fache und hat bei Zugkraft 4 kg mit 30 mm den größten Abstand, wobei Trense 4 mit 23 mm hier den geringsten Abstand vom Gaumen zeigt (vgl. Anhang Tab. zu 4.1.4).

#### 4.1.5 Einfluss der Zugkraft auf Trense-Prämolar

Die Ausgangslage der Trensen am hingeebenen Zügel ist unterschiedlich, wie aus Graphik 5 beim Vergleich der Lage der Mittelstücke in der Seitenansicht bereits hervor geht. Für die Beurteilung des Einflusses der Zugkraft auf den Abstand zum Prämolar ist die dv-Aufnahme geeigneter.

Abb. 29 zeigt die unterschiedlichen Ausgangslagen am hingeebenen Zügel. Von Bedeutung ist der Abstand TP zwischen dem kaudalen Rand des Seitenstückes zu  $P_2$  (s. S. 26, Abb. 24).

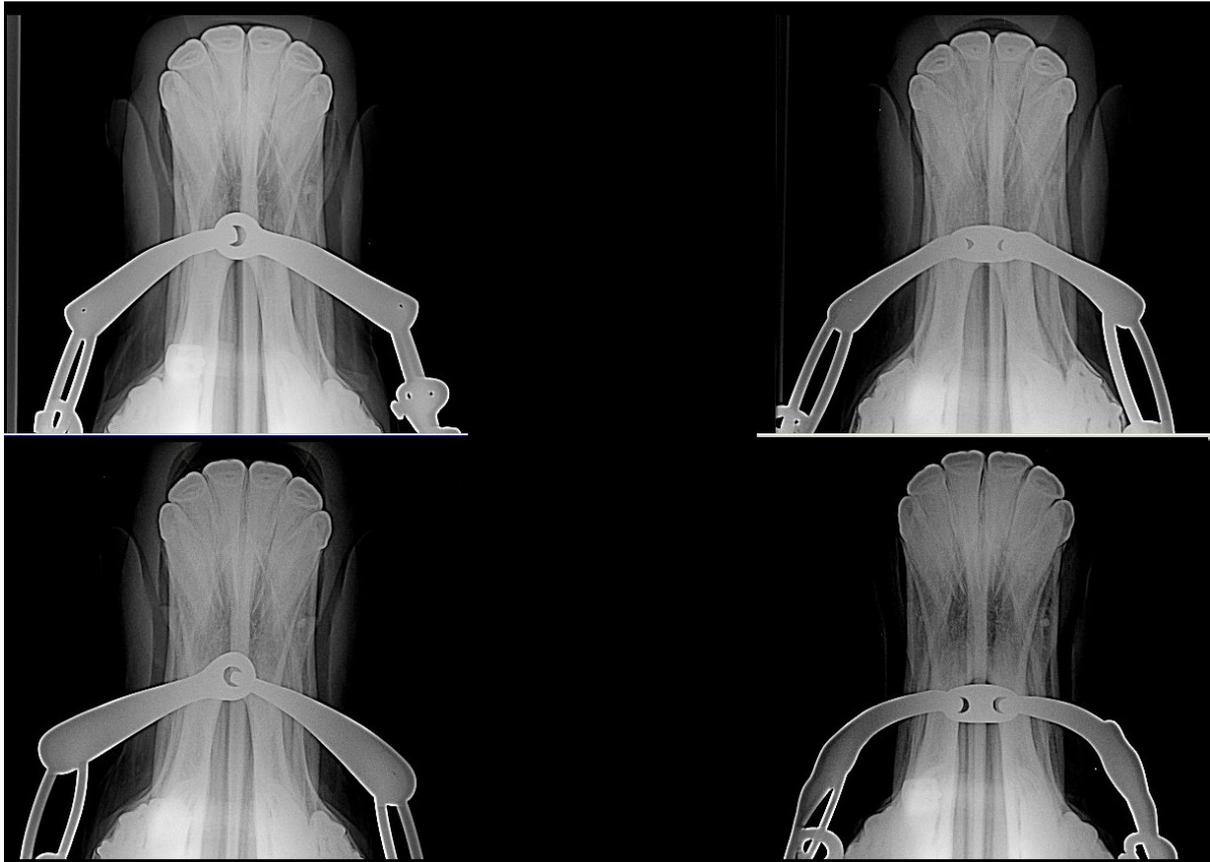
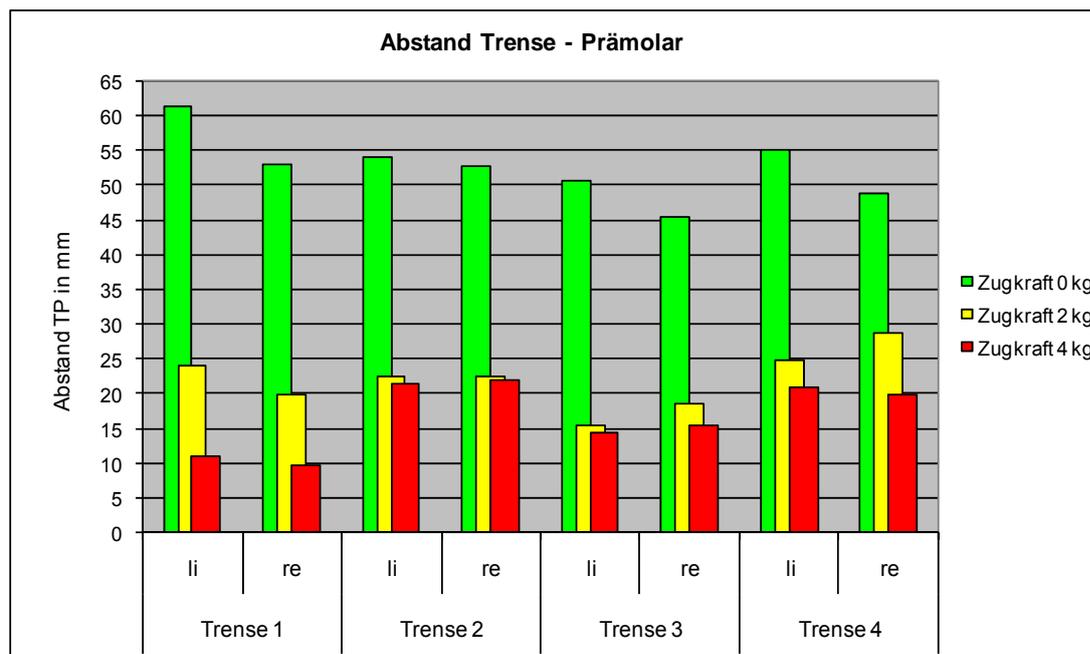


Abb. 28: Gegenüberstellung der Ausgangslagen der Trensen am hingeebenen Zügel. Links oben/ unten - T1, T4 und rechts oben/ unten - T2, T3

Graphik 7 bildet den absoluten Abstand TP der Trensen unter den verschiedenen Belastungen durch die Zugkräfte 0, 2 und 4. In Tabelle 7 sind die Abstände im Vergleich zur Ausgangslage am hingeebenen Zügel als relative Werte in Prozent angegeben.



Graphik 7: Abstand der Trense vom Prämolare in Abhängigkeit der Zugkraft

Tabelle 7: Abstand Trense–Prämolare in % relativ zur Ausgangslage (Zugkraft 0)

	Trense 1		Trense 2		Trense 3		Trense 4	
Abstand TP	li	re	li	re	li	re	li	re
Zugkraft 0	100	100	100	100	100	100	100	100
Zugkraft 2	39	38	43	42	31	42	45	59
Zugkraft 4	18	19	41	41	27	33	38	41

Trense 3 hat in der Ausgangsposition den kleinsten Abstand zu  $P_2$  sowohl im Mittelstück, als auch am Seitenschenkel. Die insgesamt größte Verschiebung weist die einfach gebrochene Trense 1 mit über 80% auf, wobei sich die Trense bei Zugkraft 4  $P_2$  auf 11 bzw. 10 mm annähert (vgl. Anhang Tab. zu 4.1.5). Die zu groß gewählte, einfach gebrochene Trense 4 nähert sich  $P_2$  auf 21 bzw. 20 mm an. Dies entspricht einer Gesamtverschiebung von 59 bzw. 62%.

Bei allen Trensen ist eine deutliche Annäherung an  $P_2$  festzustellen. Dabei tritt die größere Verschiebung zwischen den Zugkräften 0 und 2 auf. Bei der weiteren Erhöhung des Zuges ist insbesondere bei den doppelt gebrochenen Trensen nur noch eine unwesentliche Verschiebung zu beobachten.

Die geringste kaudale Verschiebung der doppelt gebrochenen Gebisse weist Trense 2 auf. Abb. 30 und Abb. 31 zeigen die Annäherung der Trensen an die Prämolaren bei zunehmender Zugkraft.

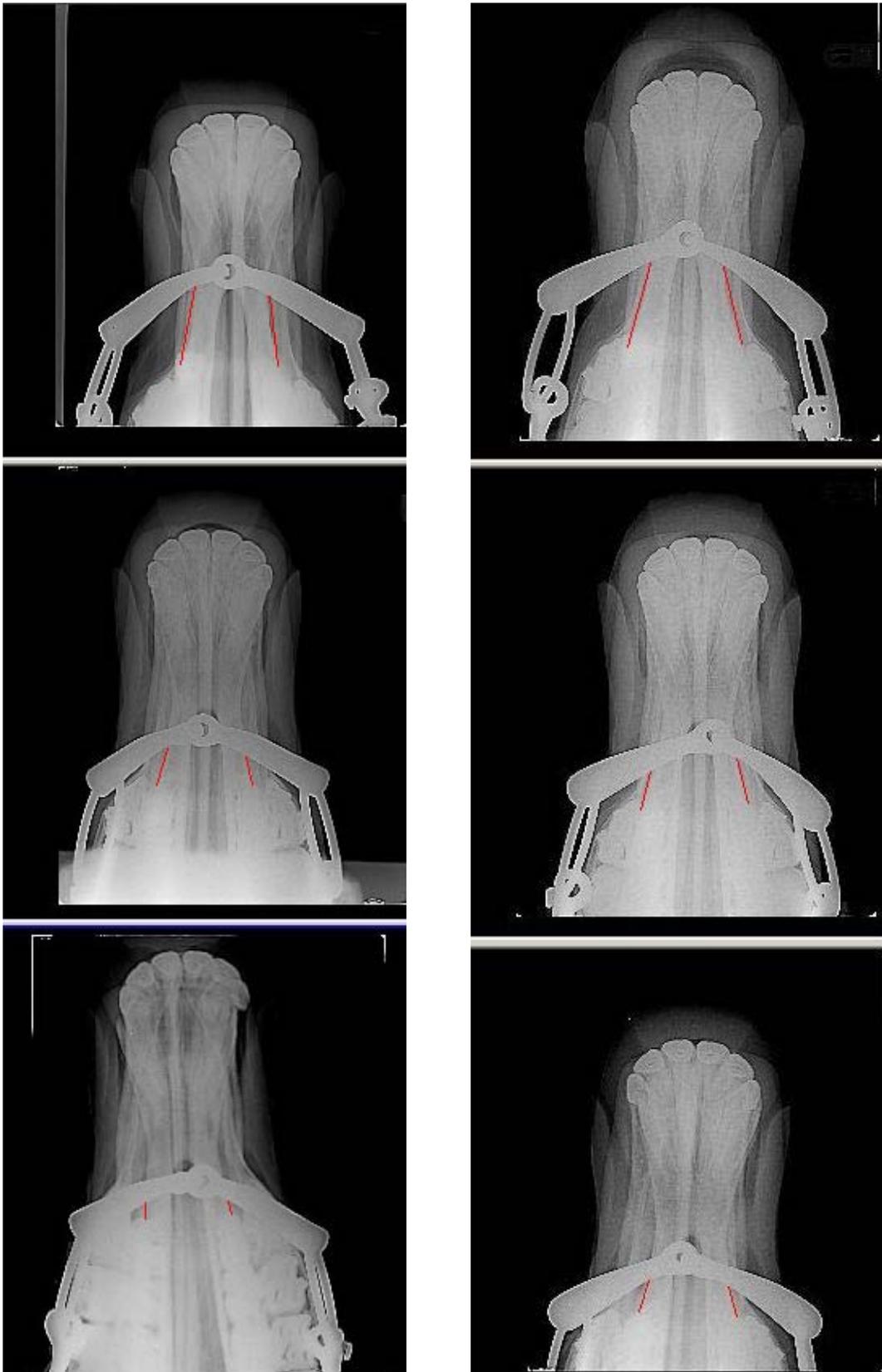


Abb. 29: Gegenüberstellung Abstand TP Trense 1 (li) und Trense 4 (re), zunehmende Zugkraft 0-2-4 von oben nach unten

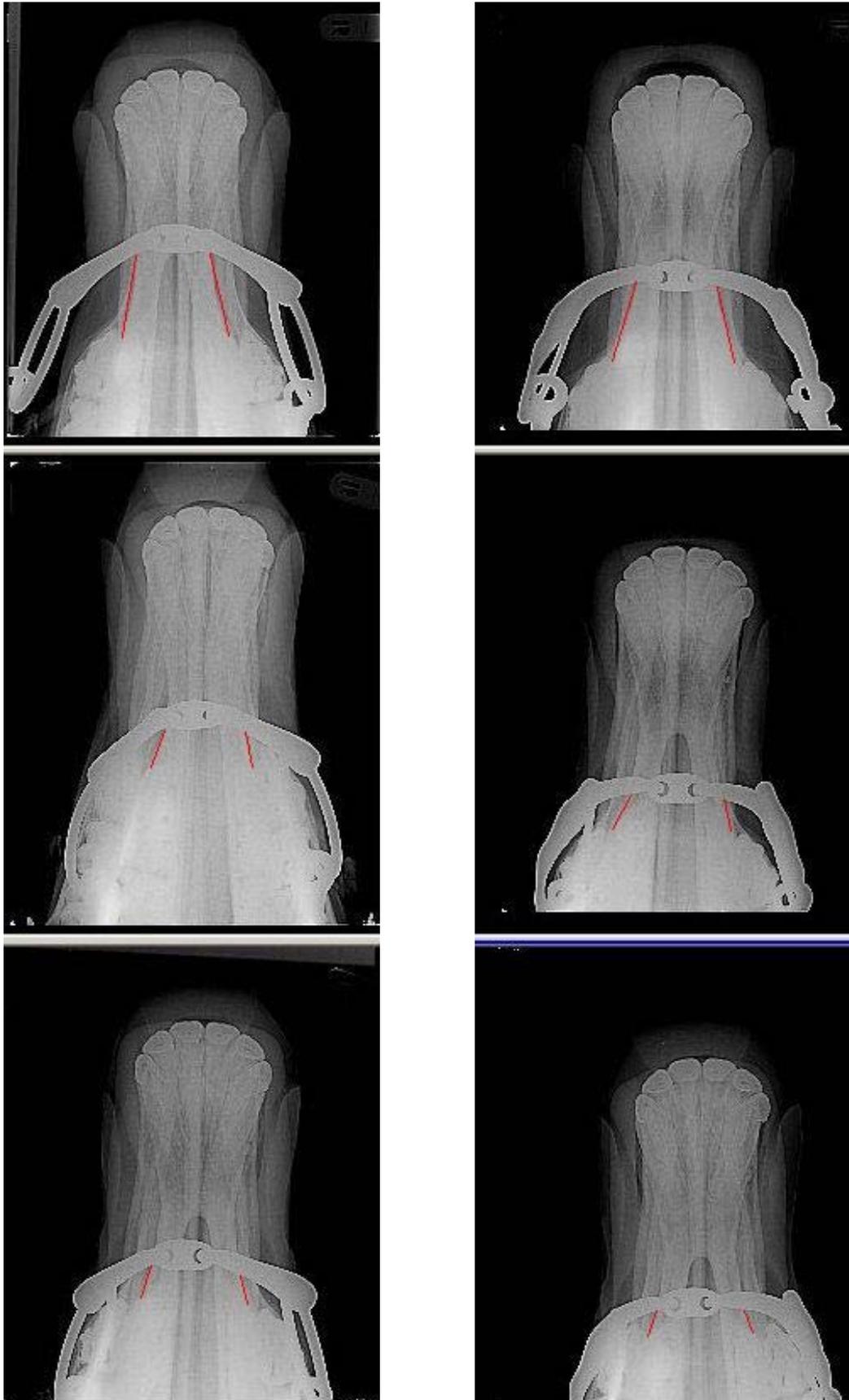
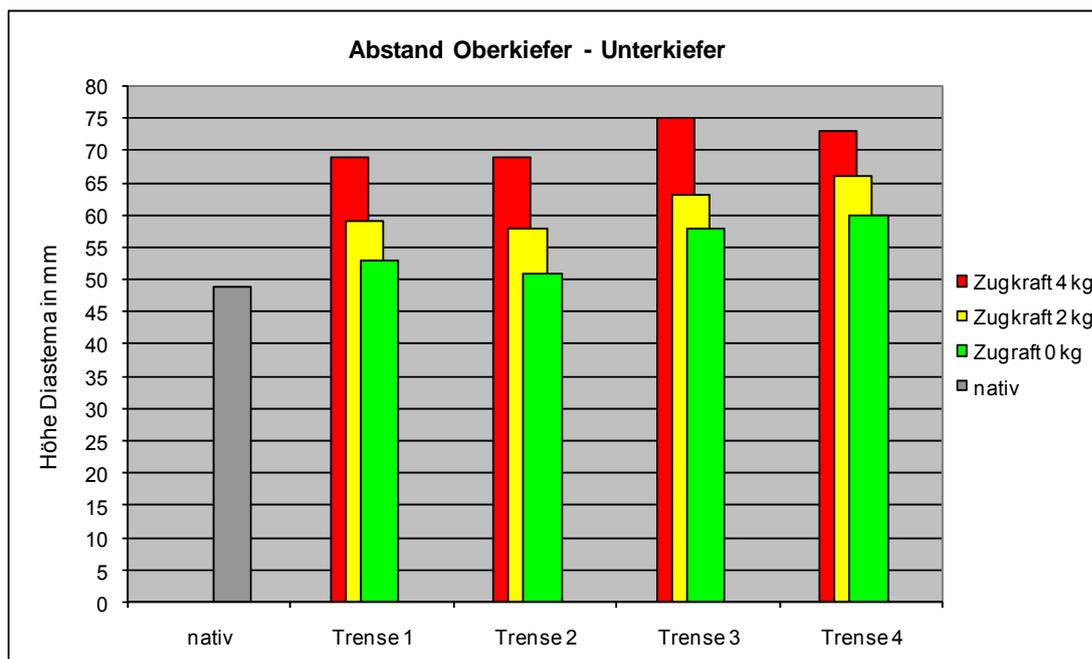


Abb. 30: Gegenüberstellung Abstand TP Trense 2 (li) und Trense 3 (re), zunehmende Zugkraft 0-2-4 von oben nach unten

#### 4.1.6 Einfluss der Trense auf die Kieferhaltung

Der maximale Abstand zwischen Ober- und Unterkiefer (Diastemahöhe  $D_h$ ) wurde ohne und mit eingelegter Trense ermittelt. Die Messwerte ohne Trense sind in Abschnitt 4.1.1 dargestellt. Bei Anlegen der Trensen veränderten sich diese Werte.

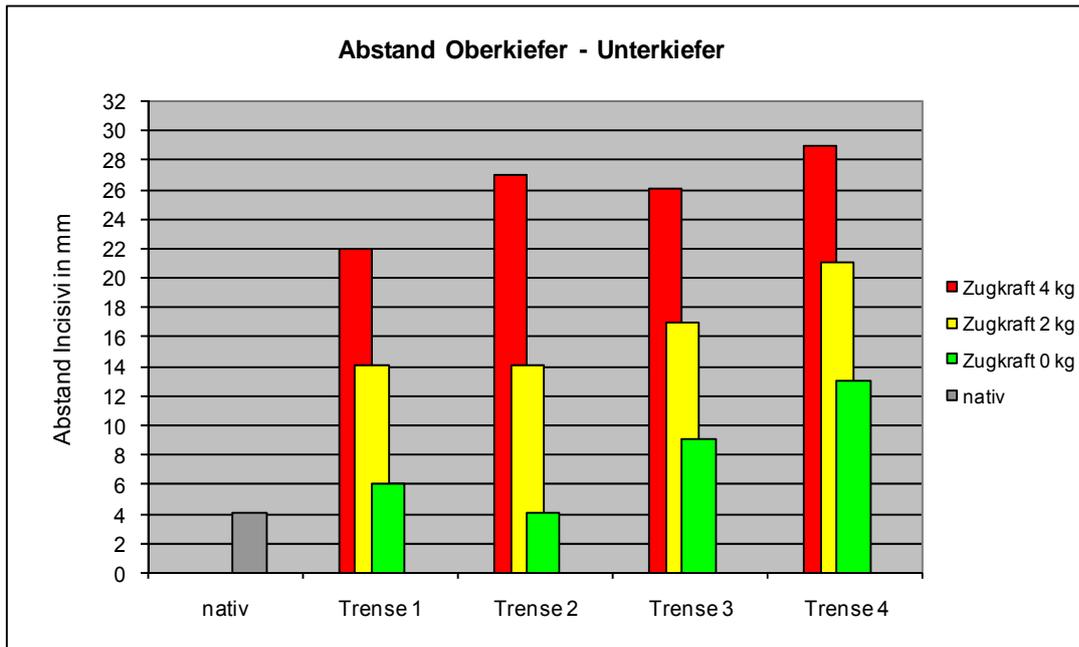
Graphik 8 und 9 zeigen die Veränderung der Kieferstellung mit Trense bei zunehmender Zugkraft im Vergleich zur natürlichen Kieferhaltung ohne Trense anhand der Änderung von Diastemahöhe und dem Abstand der Incisivi voneinander. Tabellen 8 und 9 zeigen die Verlagerungen durch Angabe der Abstände relativ zur Ausgangslage (Zugkraft 0).



Graphik 8: Diastemahöhe in Abhängigkeit der Zugkraft

Tabelle 8: Diastemahöhe in % relativ zur Ausgangslage

	Trense 1	Trense 2	Trense 3	Trense 4
$D_h$				
Zugkraft 0	100	100	100	100
Zugkraft 2	111	114	109	110
Zugkraft 4	130	135	129	122



**Graphik 9: Abstand Incisivi in Abhängigkeit der Zugkraft**

**Tabelle 9: Abstand Incisivi in % relativ zur Ausgangslage**

	Trense 1	Trense 2	Trense 3	Trense 4
I				
Zugkraft 0	100	100	100	100
Zugkraft 2	233	350	189	162
Zugkraft 4	367	675	289	223

In der Röntgenbildserie (Abb. 27 und 28) ist deutlich zu erkennen, dass sich der Kiefer bei den Trensen 3 und 4 schon am hingegebenen Zügel öffnet. Die Backenzähne verlieren ihren Kontakt zueinander. Mit zunehmender Zugkraft vergrößert sich ihr Abstand, die Lippen des Pferdes beginnen sich zu öffnen und der Spalt zwischen den Backenzähnen wird größer.

Bei Trense 4 stellt man die größte Änderung der Abstände bei eingelegter Trense in Ausgangslage, im Vergleich zur nativen Stellung fest.  $D_h$  steigt um 11 mm (22%), I nimmt um 9 mm zu und steigt damit auf mehr als den dreifachen Wert an (vgl. Anhang Tab. zu 4.1.6).

Bei Verstärkung der Zugkraft im Vergleich zur Ausgangslage am hingegebenen Zügel, treten die stärksten Änderungen bei Trense 2 auf.  $D_h$  nimmt um 35% zu, I steigt auf den fast siebenfachen Wert an. Das entspricht einer Vergrößerung des Abstandes um 23 mm.

Absolut betrachtet sind OK und UK im Diastemabereich bei Trense 3, Zugkraft 4 mit 75 mm am weitesten voneinander entfernt. Im Vergleich zur nativen Kieferhaltung entspricht das einer Vergrößerung des Abstandes um mehr als 50%. Der größte Abstand der Incisivi beträgt 29 mm bei Trense 4, Zugkraft 4 (vgl. Anhang Tab. zu 4.1.6).

#### 4.1.7 Gebissstärke und Auflage der Trensen

Die Stärke der Trense ist für die korrekte Anpassung bedeutsam. Der, die Stärke angegebene Trensensdurchmesser ist an den Seitenstücken gemessen. Bedingt durch den konischen Aufbau wird das Mundstück zum Mittelgelenk hin schmaler. Der tatsächliche Durchmesser des Mundstückes an der Auflagefläche auf den Laden des Pferdes unterscheidet sich somit vom angegebenen Durchmesser.

Für den Durchmesser des linken und rechten Schenkels, die in Höhe der Auflagefläche der Laden gemessen wurden, ergaben sich unterschiedliche Messwerte. Tabelle 10 gibt den Mittelwert zwischen der Trensenstärke auf der linken und rechten Seite an, sowie die Differenz zwischen den gemessenen Stärken (vgl. Abb. 30 und 31). Die Mittelung erfolgt auch bezüglich der verschiedenen Zugkräfte. Die Angabe der Differenz zwischen linker und rechter Trensenstärke bezieht sich auf diejenige Zugkraft, bei der die größte Differenz auftrat.

**Tabelle 10: durchschnittlich aufliegende Gebissstärke in mm**

angegebener Trensensdurchmesser in mm	gemessene Stärke (MW)	Durchschnittliche Abweichung von angegebener Stärke	maximale Differenz der Stärke zwischen rechts und links
Trense 1 – 16 mm	12,6	3,4	3,9
Trense 2 – 16 mm	11,3	4,7	2,2
Trense 3 – 14 mm	9,7	4,3	2,7
Trense 4 – 19 mm	11,8	7,2	4,5

Demnach ist der Durchmesser der zu großen und zu dick gewählten, einfach gebrochenen Trense 4 an der Auflagefläche mit 11,8 mm ein deutlich geringer als der für diese Trense angegebene Wert. Ebenso ist dieser aufliegende Durchmesser im Vergleich zur korrekt angepassten Trense 1 kleiner, obwohl Trense 1 generell dünner ist.

Der Durchmesser des linken und rechten Schenkels zeigt unterschiedliche Messwerte. Die größten Differenzen traten bei Trense 4, Zugkraft 2 mit 4,5 mm und Trense 1, Zugkraft 2 mit 3,9 mm auf.

Die einfach gebrochenen Trensen 1 und 4 fallen durch die ungleich langen Schenkel des Mundstückes auf (Abb. 30).

Der Mittelgelenkring des jeweils kürzeren Schenkel steht senkrecht auf der Zunge. Bei Trense 1 liegt der kürzere Schenkel auf der linken Lade, während er bei Trense 4 rechtsseitig aufliegt. Der Gelenkring des langen Schenkels ist vollständig sichtbar und liegt flach auf der Zunge.

In Abb. 30 ist bei Trense 4, Zugkraft 2 eine deutliche Verschiebung der Trense zu erkennen. Der senkrecht stehende rechte Gelenkring ist bis auf die rechte Lade verschoben. Der gemessene Durchmesser des rechten Schenkels ist deutlich kleiner als linksseitig. Ähnlicher Sachverhalt zeigt sich in Abb. 30. Trense 1, Zugkraft 4. Auch hier ist die Trense nach rechts verschoben und die Trensenstärke rechts kleiner als links. Diese Trense verschiebt sich in Richtung des langen Schenkels. Der flache Gelenkring liegt auf der rechten Lade.

Die doppelt gebrochenen Trensen 2 und 3 haben gleichlange Seitenschenkel. Das olivenförmige Mittelstück liegt flach auf der Zunge, die jeweils seitlichen Gelenke in einem  $45^\circ$ -Winkel dazu. Das Mittelstück (Breite 33 mm) ist im Verhältnis zum Abstand der Laden (46 mm) relativ breit. Nur bei mittiger Lage kommt es zwischen den Laden zu liegen. Bei seitlicher Verschiebung der Trense verrückt das Mittelstück bis auf die Lade (vgl. Abb. 31 T2 / Z3, 4).

## 4.2 Fotografische Darstellung

Abb. 32 und 33 zeigen Fotoaufnahmen der Trensen bei zunehmenden Zugkräften. Auch bei dieser Betrachtung werden jeweils die einfach gebrochenen Trensen 1 und 4 einander gegenüber gestellt, sowie die doppelt gebrochenen Trensen 2 und 3.

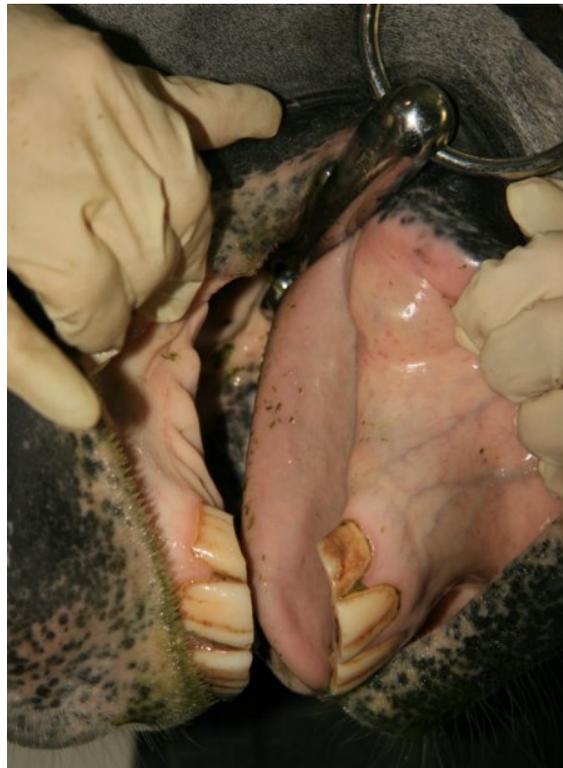
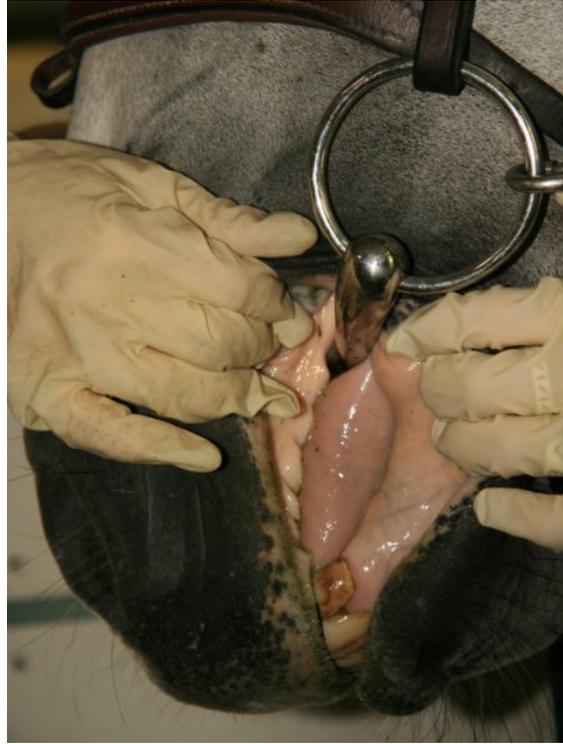
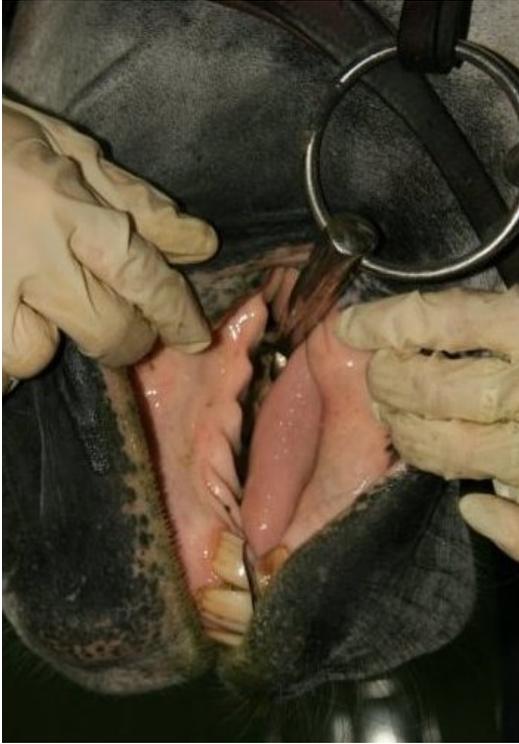


Abb. 31: Einfluss der Zugkraft auf Zungenlage und Kieferhaltung Trense 1 (li), Trense 4 (re), Zugkraft 0 Bild oben, Zugkraft 4 Bild unten

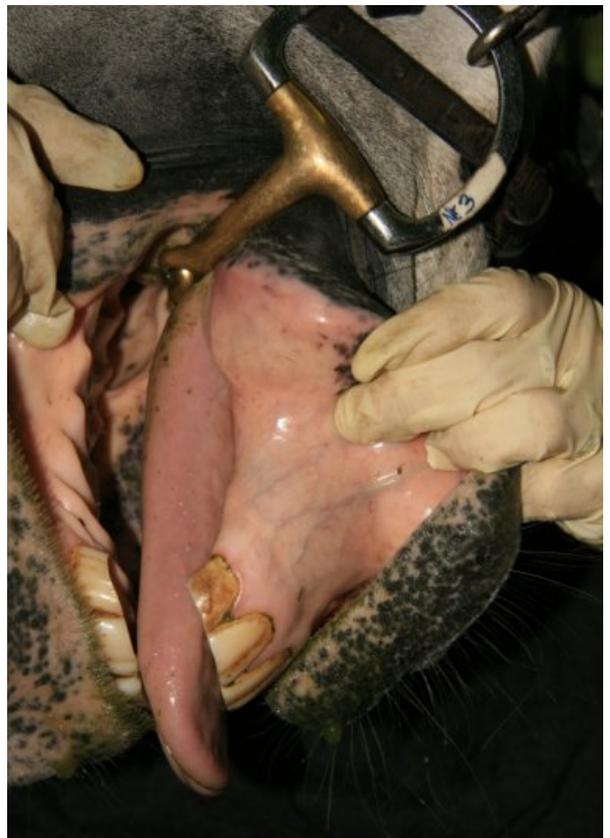


Abb. 32: Einfluss der Zugkraft auf Zungenlage und Kieferhaltung Trense 2 (li), Trense 3 (re), Zugkraft 0 Bild oben, Zugkraft 4 Bild unten

#### 4.2.1 Zungenlage, Impression und Kieferhaltung

Die Aufnahmen am hingeebenen Zügel (Abb. 32, 33 oben) lassen eine relativ entspannte Zungenlage erkennen. Dabei wird deutlich, dass sich die Zunge dem Gaumen anpasst und die Maulhöhle vollständig ausgefüllt ist. Bei Trense 1 zeigt das Pferd eine leicht angespannte Reaktion.

Die Incisivi sind nur wenig geöffnet, der Abstand von Ober- zu Unterkiefer ist jenem ohne Trense relativ ähnlich (vgl. Ergebnisse 4.1.6).

Die Veränderung der Zungenlage und Impression bei Zugkraft 4 (Abb. 32 und 33 unten) ist deutlich zu erkennen. Der Abstand der Incisivi vergrößert sich, Ober- und Unterkiefer entfernen sich voneinander. Das Mittelstück drückt in die Zunge. Kaudal der Trense 1 und 2 ist deutlich der Zungenwulst erkennbar.

#### 4.2.2 Abstand Trense–Gaumen



Abb. 33: Abstand Gaumen–Trense

Abb. 34 zeigt die Berührung zwischen dem Mittelgelenk der Trense und dem Gaumen bei Ausgangslage der Trense. Der aufgestellte Gelenkring des kurzen Schenkels von Trense 1 hat bei hingeebenem Zügel Kontakt zur Gaumenschleimhaut. Bei Trense 4 und 3 war eine Beurteilung nicht möglich. Anhand der Aufnahme von Trense 2 (Abb. 33 oben) ließe sich ein eventueller Kontakt zum Gaumen vermuten. Bei zunehmender Zugkraft war keinerlei Kontakt zum Gaumen feststellbar.

### 4.2.3 Auflage der Trense und Nussknackereffekt



**Abb. 34: Auflage der Trense**

In Abb. 35 ist erkennbar, dass die Kontaktfläche der abgebildeten Trense zu den darunter befindlichen Strukturen Zunge, Laden und Schleimhaut nur aus dem Bereich um das Mittelgelenk besteht. Der Durchmesser der Trense in diesem Bereich ist kleiner als der, außen am Seitenring gemessene. Das leicht angehobene Mittelgelenk in dieser Abbildung könnte einen eventuell bestehenden Nussknackereffekt vermuten lassen.

## 4.3 Fehleranalyse

### 4.3.1 Projektionsfehler

Aufgrund auftretender Differenzen von Projektionsrichtungen und Blickwinkel der einzelnen Aufnahmen, aber auch bedingt durch Messungenauigkeiten bei der Auswertung der Röntgenaufnahmen, wäre ein exakter, direkter Vergleich der einzelnen Bilder nur nach komplizierten Transformationsprozessen möglich. Durch geeignete Skalierungsfaktoren könnte man vergleichbare Werte zwischen allen entsprechenden Aufnahmen errechnen. Dafür können die maximalen Schwankungen der Messwerte herangezogen werden. Stichprobenartige Skalierungen der größten Schwankungen ergaben aber keine Veränderungen im Vergleich der Tendenzen in Verschiebungen und Differenzbeträgen. Da eine exakte Fehleranalyse der Röntgenbildprojektionen den Rahmen dieser Arbeit übersteigt und aufgrund der durchgeführten Rechnungen keine Änderung der festgestellten prinzipiellen Effekte zu erwarten ist, wird auf weitere Ausführungen verzichtet. Auf eine quantitative Angabe der Projektionsfehler bei Angabe der Zahlenwerte muss daher verzichtet werden. Stattdessen werden die gemessenen Werte direkt miteinander verglichen. Der Schwerpunkt dieser Arbeit liegt auf den qualitativen Veränderungen, die insbesondere in den visuellen Darstellungen deutlich erkennbar werden.

### 4.3.2 Messfehler

Die gemessenen Werte wurden mit drei Dezimalstellen Genauigkeit ermittelt, wobei jede Messung 3-6-mal wiederholt wurde. Die Messabweichungen lagen im Bereich der zweiten Dezimalstelle. Diese Unsicherheiten sind für die durchgeführten Betrachtungen irrelevant und insbesondere im Vergleich zu den anzunehmenden Projektionsfehlern vernachlässigbar, deren Vielfältigkeit in der bildgebenden Diagnostik eine eigenständige Thematik darstellt

### 4.3.3 applizierte Zügelzugkraft

Angestrebt wurde eine rechts und links gleichmäßig ausgeübte Zügelzugkraft von 2 kg und 3,75 kg. Tabelle 11 stellt die Mittelwerte der im Versuch tatsächlich applizierten Zugkräfte dar, sowie die maximal aufgetretene Differenz zwischen rechter und linker Seite.

**Tabelle 11: Mittelwert angewendeter Zugkraft in kg**

	Diff. max re/li	MW
Zugkraft 0	0,00	0,100
Zugkraft 2	0,18	2,053
Zugkraft 4	0,25	3,813

Am hingeebenen Zügel entstanden keine Abweichungen. Die maximal aufgetretene Differenz zwischen der applizierten Kraft am linken und rechten Zügel betrug 180 g bei Zugkraft 2 und 250 g bei Zugkraft 4 der Trense 2, wobei die größere Zugkraft am linken Zügel auftrat (vgl. Abb. 31). Die in der Aufnahme ersichtliche Verschiebung der Trense nach links bestätigt dies.

Die Differenzen der Zugkraft waren bedingt einerseits durch die nicht absehbaren Bewegungen des Pferdes bei Zügelzug, sowie der Forderung für die Dauer der Bilderstellung eine ruhige Kopfhaltung zu erlangen.

Die ursprüngliche Planung der Applikation einer Zugkraft von 49,03 N, entsprechend 5 kg, musste verworfen werden. Das Pferd zeigte Abwehrreaktionen. Eine Anwendung stärkeren Zügelzuges wäre nicht vertretbar gewesen. In der anschließenden ausführlichen Untersuchung der Maulhöhle wurden keine Auswirkungen der kurzfristig applizierten Zugkraft festgestellt.

#### **4.3.4 verwendete Trensen**

Für bessere Vergleichbarkeit der doppelt gebrochenen Trensen wäre die Verwendbarkeit des Dynamic RS in Stärke 16 mm wünschenswert gewesen. Da dieses Gebiss bislang aber nur in Stärke 14 mm produziert wird, ist die Vermeidung dieser Diskrepanz nicht möglich gewesen.

Die ungleich langen Schenkel der einfach gebrochenen Trensen bei Trense 1 und 4 befinden sich jeweils auf den gegenüberliegenden Seiten. Eine symmetrische Verwendung der einfach gebrochenen Trensen hätte die visuelle Darstellung vereinheitlicht, für den Vergleich aber keinen Unterschied gebracht.

## 5 Diskussion

Fokus dieser Arbeit war die Darstellung der Trensenlage im Pferdemaul und die Absicht, die nicht sichtbaren Abläufe und Interaktionen zwischen den Strukturen der Maulhöhle und der Trense bei der Applikation zunehmender Zugkraft näher zu analysieren.

Ausgangspunkt der Untersuchung war die Vermutung, dass die Stärke der ausgeübten Zugkraft die Lage der Trensengebisse im Pferdemaul beeinflusst und verschiedene Auswirkungen auf die Strukturen der Maulhöhle nimmt. Die festgelegten Zugkräfte von 2 und 3,75 kg wurden von der Reiterin aus korrekter reiterlicher Haltung und Zügelführung ausgeübt.

Der Versuchsaufbau unterschied sich dabei in Art und Weise der Applikation und Stärke des Zügelzuges von bisher durchgeführten Studien. ENGELKE und GASSE (2002 und 2003) forschten an toten Pferdeköpfen. Dabei wurde die reiterliche Zügelführung simuliert. Diese Ergebnisse beruhen auf rein mechanischen Wirkungen. Studien am lebenden Pferd berücksichtigen hingegen auch die muskulären Zusammenhänge wie Zungenreaktion oder ggf. abwehrendes Verhalten gegen das Gebiss. Sie sind aus diesem Grunde für die Reiterei von großer Bedeutung.

CLAYTON und LEE (1984) forschten am lebenden Pferd und stellten ihre Ergebnisse in fluoroskopischen Abbildungen dar. MANFREDI et al. (2005), KLAIS (2006) und WITZMANN (2007) nutzten die radiologische Darstellung. Die Röntgenaufnahmen von KLAIS (2006) zeigen die Trensenlage bei einer applizierten Zugkraft von 10 N (entspr. 1 kg) und die sich dabei verändernden Abstände der Trense zu den Prämolaren. Die Pferde waren ausgebunden. Die dabei herrschende Zugkraft des Ausbindezügels wurde nicht gemessen. Die Zugkraft wurde über lange Zügel appliziert, die über den angelegten Longiergurt über die Kruppe liefen. Auch CLAYTON und LEE (1984) und MANFREDI et al (2005) wählten diesen Versuchsaufbau. WITZMANN (2008) liefert erstmals Röntgenaufnahmen von Versuchen am lebenden Pferd in Reitsituation. Der Zügelzug erfolgte durch die Reiterin mit klassischer Zügelhaltung. Die Stärke des Zügelzuges war nicht definiert und somit unbekannt.

In vorliegender Arbeit sollte die Festlegung der Zugkraft mit 2 kg und 3,75 kg das subjektive Empfinden des Kraftaufwandes minimieren und als nachvollziehbare Größe einen konkreten Anhaltspunkt beim Vergleich der Aufnahmen bieten. Zudem stellen die Aufnahmen in Serien zu 3 Bildern pro Trense sowohl im laterolateralen als auch im dorsoventralen Strahlengang einen deutlichen Verlauf dar.

Das Eigengewicht von  $\leq 100$  g pro Zügel bei der Ausgangslage am hingeebenen Zügel stellte schon MANFREDI et al. (2005) in seinen Versuchen fest. Er testete an 8 Pferden 6 verschiedene Gebisse, zu denen auch die hier verwendete einfach gebrochene Wassertrense und das KK-Ultra-Gebiss zählten. Übereinstimmend mit dem Versuchsaufbau der vorliegenden Arbeit wurde bei Verwendung eines englischen Reithalters auf die standardisierte Höhenverschnallung mit 2 Hautfalten am Maulwinkel sowie auf die korrekte Breite der Trense geachtet. Er untersuchte die Abstände Gaumen–Trense, den Abstand vom Mittelgelenk zum  $P_2$  sowie den Winkel zwischen dem Seitenschenkel der Trense und  $P_2$ . Dabei betrug die festgelegte, applizierte Zugkraft  $25 \pm 5$  N, entsprechend  $2 \text{ kg} \leq F \leq 3,06 \text{ kg}$ . Dorsoventrale Aufnahmen führte er nur an einem toten Pferd und ohne Zugkraft durch. Pro Gebiss beschränkt sich die Darstellung somit auf die Gegenüberstellung der zwei Zugkräfte 0 kg und 2–3 kg im laterolateralen Strahlengang. Dafür konnten bezüglich der verschiedenen Gebisse bei gleicher Zugkraft Ergebnisse erlangt werden.

Die Ergebnisse von ENGELKE und GASSE (2002 und 2003) wurden unter 2.1.5 aufgeführt. Für das hier zur Verfügung stehende Pferd wurde mit einer Diastemahöhe von 49 mm ein hoher Wert gemessen. Die Werte für die Länge des Diastemas und den kleinsten Abstand der Laden voneinander lagen in den gemessenen Bereichen von ENGELKE und GASSE (2002 und 2003). Sie befanden die Betrachtung der Röntgenaufnahmen allein allerdings für unzureichend, um die Abstände zwischen Trense und umgebenden anatomischen Strukturen exakt zu bestimmen. Die unterschiedliche Zungenform rostral und kaudal der Trense zeigten sie anhand rostrokaudaler Schnitte. Die Verwendung von Bariumsulfat verdeutlichte die Konturen der Zunge und auch WITZMANN (2007) und KLAIS (2006) arbeiteten mit Kontrastmittel.

Alle Röntgenbilder dieser Arbeit wurden ohne die Verwendung von Kontrastmittel angefertigt. Sowohl Trense und Gaumen als auch die Zungenkontur sind sehr gut erkennbar. Lediglich die Zungenlage im DV-Strahlengang ließ sich ohne Kontrastmittel nicht beurteilen. Die Verwendung des Programmes iQ-View ermöglichte eine graphische Darstellung des Zungenverlaufs und des Trensenmittelstückes.

Anhand aller Diagramme und Röntgenaufnahmen ließ sich in diesem Versuch für alle Trensen die Aussage treffen, dass der rostrale Teil der Zunge mit zunehmender Zugkraft flacher wurde, während die Zungendicke im kaudalen Teil sichtbar zunahm und verbunden war mit einer deutlichen Aufwölbung der Zungenlinie. Die Betrachtung des rostrokaudalen Zungenquerschnitts stand zwar hier nicht zur Verfügung, doch können aus den Ergebnissen des Zungenverlaufs mögliche Parallelen zu den Ergebnissen von ENGELKE und GASSE (2002 und 2003) gezogen werden. Sie beschreiben die Zungenform rostral als flach-oval, während kaudal der Trense eine runde Form zu erkennen ist. Diese kaudale Formänderung wurde auch in allen anderen Studien beobachtet. WITZMANN (2007) erlangte sehr eindrucksvolle Aufnahmen bei maximal festgezogenem Reithalter, wobei sich das Pferd dem Zügelzug nicht mehr durch Öffnen des Mauls entziehen konnte. Die Aufwölbung reicht bis zur Bildung eines Zungenwulstes, der deutlich hervorquillt.

Als Ursache dafür ist die kaudoventrale Verlagerung der Trense anzuführen, die sich in der Zungenimpression und der Änderung des Abstandes der Seitenstücke zu den zweiten Prämolaren ausdrückt. Sowohl CLAYTON und LEE (1984), ENGELKE und GASSE (2002 und 2003) als auch MANFREDI et al (2005), WITZMANN (2007) und KLAIS (2006) kamen in ihren Untersuchungen zu diesem Schluss, was die hier präsentierten Ergebnisse unterstützt.

Trotz standardisierter Verschnallung lagen die Trensen unterschiedlich hoch im zahnfreien Zwischenraum, bezogen auf die Länge des Diastemas. Übereinstimmend mit den Beobachtungen von CLAYTON und LEE (1984) und MANFREDI et al (2005) lag die einfach gebrochene, zu groß gewählte Trense im Mittelgelenk am weitesten rostral, während das anatomisch geformte Gebiss die höchste Ausgangslage aufwies. Gründe für diese Unterschiede liegen unter anderem in der Bauart der Trense. So bildet das einfach gebrochene Gebiss einen spitzen Winkel Richtung der Schneidezähne. Dagegen zeigt besonders das anatomisch geformte, doppelt gebrochene Gebiss eine eher stangenähnliche Form. Passt man beide nach gleicher Regel an, bedingen besonders anatomisch gebogene Trensen eine höhere Lage, was auch schon PREUSCHOFT (1990) und HOLTAPPEL (1997) beschrieben.

Wie auch bei KLAIS (2006) ergab die Höhenverschnallung der hier untersuchten Trensen einen durchschnittlichen Abstand von 53 mm zwischen dem Seitenschenkel der Trense und dem jeweiligen zweiten Prämolaren. Das anatomisch geformte Dynamic RS zeigte am hingeebenen Zügel und bei Zugkraft 2 den kleinsten Abstand zu den Prämolaren.

Die durchschnittliche Gesamtverschiebung (rechts und links) pro Trense bei 3,75 kg lag zwischen 32 und 47 mm. Dabei war die erste Änderung bei 2 kg mit 25–35 mm deutlich größer als die weiteren 0,8–12 mm bei zusätzlichen 1,75 kg Zugkraft. Die festgestellten Tendenzen entsprechen den durchschnittlichen Werten von KLAIS (2006). Erwähnt werden muss, dass in ihrem Versuch sowohl die Zugkraft der mit Ausbindern hergestellten Ausgangslage als auch die gesamtwirkende größte Zugkraft unbekannt war, da die Zugkraft der Ausbinder nicht gemessen wurde. In vorliegender Arbeit zeigte die einfach gebrochene Trense 1 sowohl die größte Bewegung als auch den kleinsten Abstand zu den zweiten Prämolaren bei Zugkraft 4. Am Mittelstück der Trense 1 wurde die größte kaudale Verschiebung festgestellt.

Zum Wert der Zungenimpression merkten MANFREDI et al. (2005) an, dass der tatsächliche Abstand des Seitenschenkels zur Lade des Unterkiefers verdeckt und schlecht bestimmbar war. Dafür wäre die rostrokaudale Betrachtung geeignet, die allerdings am lebenden Pferd nicht durchführbar ist.

In dieser Arbeit wurde deshalb zur Veranschaulichung der Zungenimpression der Abstand vom Unterkiefer zum Trensenmittelgelenk am Berührungspunkt mit der Zunge gewählt. Dies gibt zwar keinen Aufschluss über die tatsächliche Zungendicke zwischen Lade und Trense und die potentielle Polsterfunktion der Zunge zum Schutz der empfindlichen Laden vor Druck, ist aber dennoch zur Darstellung der Interaktion zwischen Trense und Zunge sehr gut geeignet. So wird das Zusammenpressen der Zunge und Einquetschen zwischen Trense und Unterkiefer bei ausgeübter Zugkraft sehr deutlich.

Während sich die Zunge ohne Trense dem Gaumenverlauf anpasst und die gesamte Maulhöhle ausfüllt, stellte sich schon mit Trense am hingeebenen Zügel eine sichtbare Veränderung ein. Die doppelt gebrochenen Trensen 2 und 3 lagen tiefer in die Zunge gedrückt, als die einfach gebrochenen Trensen. Auch bei Zugkraft 2 war die Impression bei Trense 2 und 3 am Mittelstück deutlicher.

Aufgrund dieses exemplarischen Versuchs kann natürlich keine allgemeingültige Aussage getroffen werden, zumal bei Zugkraft 4 die korrekt passende, einfach gebrochene Trense 1 den kleinsten Abstand  $UT_r$  zeigte. Allerdings kamen auch MANFREDI et al. (2005) zum Ergebnis, dass das doppelt gebrochene Gebiss (entspr. Trense 2 und 3) die größte Veränderung Richtung Unterkiefer zeigte und dabei die deutlichste Zungenimpression verursachte. Auch weisen PREUSCHOFT (1990) und BENNETT (2007) darauf hin, dass doppelte gebrochene Trensen generell stärkeren Druck auf die Zunge ausüben als einfach gebrochene Trensen. Dieser Nachteil ergibt sich laut BENNETT (2007) aufgrund der veränderten Hebelwirkungen zugunsten der Minderung der seitlich klemmenden Wirkung, die seiner Meinung nach bei einfach gebrochenen Trensen stärker auftritt. Der Druck durch Auflage an den Laden erhöht sich weiter, je breiter (unpassender) die Trense im Verhältnis zur Maulbreite gewählt wird.

Die eigenen Untersuchungen gaben keinen Aufschluss zur seitlichen Wirkung auf Unterkiefer und Zunge. Jedoch wurde der Abstand der Trense vom Gaumen untersucht, um Erkenntnisse über die Aufwärtsbewegung des Mittelgelenkes zu erlangen. Diese wird in der Reitliteratur hauptsächlich der einfach gebrochenen Trense zugeschrieben. PREUSCHOFT (1990) und BENNETT (2007) sehen diese als eine Druckentlastung der Zunge, während OVER (1994) der Meinung ist, die Zunge würde gerade bei diesem Vorgang gequetscht.

Eng im Zusammenhang damit steht der in der Fachsprache allseits bekannte Nussknackereffekt der einfach gebrochenen Trense. Allerdings muss spätestens an dieser

Stelle eine genaue Erläuterung dieses Begriffes vorgenommen werden, liegt doch die Vermutung nahe, dass darunter verschiedene unerwünschte Wirkungen der einfach gebrochenen Trense verstanden werden und eine klare Abgrenzung nicht immer gegeben ist. Vielen Reitern fällt bei dem Wort Nussknackereffekt häufig zuerst der Kontakt der Trense zum Gaumen ein. Das ist durchaus korrekt, dennoch tritt dieser Sachverhalt, wenn überhaupt, nur als Begleiterscheinung der zunehmenden Zugkraft auf. Tatsache ist, dass sich im hier untersuchten Fall alle Trensen bei applizierter Zugkraft massiv vom Gaumen entfernten. So vergrößerte sich sogar bei der zu weiten, einfach gebrochenen Trense 4 der Abstand GT auf das 3,5-fache schon bei Zugkraft 2 und auf das knapp 6-fache bei Zugkraft 4. Interessant war dabei, dass Trense 4 absolut gesehen unter hoher Zugkraft dennoch den kleinsten Abstand zum Gaumen aufwies. Betrachtet man dies in Verbindung mit dem Ergebnis der geringsten Zungenimpression sowohl bei Zugkraft 2 als auch 4, könnte dies ein möglicher Hinweis für die seitlich klemmende Wirkung an den Laden sein. Die Vergrößerung des Abstandes zum Gaumen bei dieser Trense liegt scheinbar weniger in der Zungenimpression begründet, als in anderen Ursachen. Die passend einfach gebrochene Trense dagegen zeigte in der Ausgangslage den geringsten Abstand GT, der sich bei Zugkraft 4 auf das 15-fache erhöhte. Damit war bei dieser Trense die größte Entfernung zwischen Gaumen und Mittelstück zugleich mit der stärksten Zungenimpression festzustellen.

Die Abstandsänderung GT der doppelt gebrochenen Trensen fielen gegenüber den einfach gebrochenen Trensen relativ zur Ausgangslage geringer aus. Absolut gesehen war bei Trense 3 - Dynamic RS ein größerer Abstand zum Gaumen zu erkennen, verbunden mit einer starken Zungenimpression relativ zur Ausgangslage.

In den Röntgenaufnahmen am hingeebenen Zügel wurde kein Kontakt zum Gaumen festgestellt. Der kleinste Abstand GT ergab sich bei den einfach gebrochenen Trensen mit immerhin noch 2 mm bei der passenden Trense. Bedingt durch die Art des Mittelgelenkes steht der Verbindungsring des jeweils kürzeren Schenkels senkrecht auf der Zunge, während das Mittelstück der doppelt gebrochenen Trensen flach auf der Zunge aufliegt. Hier ist zu erwähnen, dass die Messungen von der gleichmäßig sichtbarsten Kontur der Gaumenschleimhaut vorgenommen wurden und nicht jede einzelne, tief in die Maulhöhle ragende Gaumenstaffel berücksichtigt wurde. Allerdings stellt dies durchaus reellere Werte dar als der Abstand zum Gaumendach, der in den vorangegangenen Studien gewählt wurde. Die fotografischen Aufnahmen ergaben interessanterweise bei Trense 1 einen sichtbaren Gaumenkontakt am hingeebenen Zügel. Der senkrecht stehende Gelenkring berührt sehr deutlich die Rugae palatinae. Bei Trense 2 und 3 kann dies anhand des Fotos nicht beurteilt werden. Das Mittelstück liegt dort zwischen zwei Gaumenstaffeln. Trense 3 ist aber mit 14 mm dünner als die anderen und auch in den Röntgenaufnahmen ergab sich ein sichtbarer Abstand zum Gaumen. Bei Trense 4 sind die Seitenschenkel so dick, dass hier eher ein Kontakt seitlich am Gaumen zu vermuten ist als am Mittelstück.

Hinsichtlich der Bewegung des Mittelgelenkes der Trense als Aufwärtsbewegung der Seitenschenkel kann anhand dieser Ergebnisse keine Aussage getroffen werden. Eindeutig aber ist, dass die schmerzhafte Berührung des Gaumens als Auswirkung des Nussknackereffektes bei zunehmender Zugkraft, zumindest für diese Trensen, unter den beschriebenen Gegebenheiten keine Relevanz hat. Die primäre Wirkung des Nussknackereffektes aufgrund einer beidseitig gleichgroß wirkenden Zugkraft liegt aller Wahrscheinlichkeit nach eher bei der seitlich klemmenden Wirkung der Seitenschenkel bzw. der quetschenden Wirkung auf die Zunge.

MANFREDI et al. (2005) maßen den Winkel zwischen Prämolar relativ zu den Seitenschenkeln. Auffällig war, dass bei der einfach gebrochenen Trense und dem KK-Ultra der Winkel kleiner wurde. Dies zeigt die kaudale Rotation des Mittelstückes um seine eigene Achse. ENGELKE und GASSE (2002 und 2003) betrachteten die Verbindungsringe der Mittelgelenke genauer und stellten daran die Rotation des Mundstückes fest. Bei der einfach gebrochenen Trense sahen sowohl MANFREDI et al. (2005), als auch ENGELKE und GASSE (2002 und 2003) dies als ein Indiz für die Aufrichtung des Mittelgelenkes gegen den Gaumen.

OVER (1994) schreibt, dass besonders zu große Trensen die klemmende Wirkung an den Laden verursachen. Ihrer Meinung nach spürt das Pferd zuerst die seitliche Klemmwirkung, bevor der Druck auf die Zunge einsetzt. Inwieweit sich ihre Aussagen auf praktische Untersuchungen stützen, erschließt sich nicht aus der Literatur.

WRANGEL (1927) dagegen spricht den doppelt gebrochenen Gebissen überhaupt diese zangenähnliche, zusammenklemmende Wirkung auf das Maul zu, in Verbindung mit dem Nachteil der höheren Druckwirkung auf die Zunge. Er bevorzugte die einfach gebrochene Trense. Betrachtet man die Ergebnisse des Abstandes der Trense zum Gaumen, so ist auch WITZMANN (2007) der Meinung, dass die einfach gebrochene Trense keinesfalls schlechter ist als die doppelt gebrochene.

Die Meinungen diesbezüglich divergieren noch immer stark. Tatsache ist allerdings, dass die Zunge sowohl dem Druck von oben als auch den sich ändernden Winkeln und eventueller Quetschung nicht ausweichen kann.

Vorliegende Ergebnisse bestätigen jene von CLAYTON, LEE (1984) und WITZMANN (2007). Auch in keiner dieser Studien konnte der seitlich klemmende Effekt eindeutig festgestellt werden, ebenso wenig wie bei zunehmender Zugkraft ein Kontakt der Trense mit dem Gaumen entstand. Erst bei einer über 2 cm zu weit gewählten Trense stellten ENGELKE und GASSE (2002 und 2003) die Aufrichtung gegen den harten Gaumen fest, wobei sich die Einwirkung der Trense vom dorsalen Druck zunehmend nach lateral verlagerte. Selbst beim Vergleich einer einfach gebrochenen Trense bei maximal zugeschnürtem Reithalter unter applizierter Zugkraft kam es nicht dazu, dass sich das Mittelgelenk „in den Gaumen bohrt“, wie OVER (1994) schreibt. WITZMANN (2007), der diesen Versuch durchführte, betonte die immensen Kräfte, die entstanden, da es dem Pferd dennoch gelang, die Maulspalte minimal zu öffnen. Das Gebiss verursachte dabei eine derart tiefe Impression, dass röntgenologisch sogar ein deutlicher Hohlraum sichtbar wurde. PREUSCHOFT (1990) äußert, dass der Nussknackereffekt nur zustande kommen kann, wenn bei symmetrischer Trensenlage beidseitig eine gleich große Zugkraft ausgeübt wird. WITZMANN (2007) stellte bei seinen Versuchen fest, dass das System Trense–Zunge sehr labil ist. So kam es schon bei minimal ungleichem Zügelzug zur asymmetrischen Lage der Trense.

Bezüglich der Reitliteratur stellt sich die Frage über den zukünftigen Umgang mit dem Schlüsselwort Nussknackereffekt, welches häufig verwendet wird, ohne detaillierte Betrachtungen dazu anzuführen.

Die Gaumenberührung am hingeebenen Zügel ist allerdings durchaus ein ernst zu nehmender Faktor. Ist die Trense in Relation zur Maulhöhle zu dick gewählt, kann diese durchaus als störend vom Pferd empfunden werden. So sind von ENGELKE und GASSE (2002 und 2003) eine minimale Höhe des Diastemas von 25 mm gemessen worden. Dieser Fakt hat dann

Bedeutung, wenn dem Reiter beim Kauf einer Trense Stärken bis zu 23 mm zur Auswahl stehen.

Des Weiteren waren die Ergebnisse für den tatsächlichen Durchmesser der Trensens an ihrer Auflagefläche direkt über den Laden interessant. So lagen die Trensens durchschnittlich mit einem ca. 4 mm kleineren Durchmesser auf. Dabei hatte das nur 14 mm starke Dynamic RS immer noch 10 mm Auflage, während die mit 19 mm angegebene Trense 4 in Höhe der Laden gerade noch 12 mm Stärke aufwies. Diesbezüglich wäre bei der Anpassung auf das Verhältnis der Breite einer Trense zur Stärke der konischen Verjüngung in Richtung Mittelgelenk zu achten. Die Abweichung der Stärken zwischen rechtem und linkem Schenkel sprechen für die Aussage WITZMANNs (2007). Die Trense kommt schon bei gering ungleicher Zügelführung asymmetrisch im Pferdemaul zu liegen. Bei doppelt gebrochenen Trensens ist darauf zu achten, dass das Mittelstück nicht zu breit ist. Im Verhältnis zum schmalen Unterkiefer besteht die Gefahr, dass die Gelenkverbindungen bei schiefer Lage der Trense direkt auf den Laden zu liegen kommen und Schmerzen verursachen. Bedenklich ist dies auch bei der einfach gebrochenen Trense. Bei stark asymmetrischer Lage käme die Wirkung der Trense einer stangenartigen gleich, wobei der senkrecht stehende Gelenkring sehr wahrscheinlich schmerzhaften Druck auf der Lade ausüben würde.

Alle Trensens, die dem Pferd angelegt wurden, riefen eine Änderung der Kieferhaltung hervor, besonders im Vergleich zur natürlichen Haltung mit geschlossenem Kiefer.

Schon in der Ausgangslage ist bei Trense 3 und 4 deutlich das Öffnen des Kiefers festzustellen. Die Backenzähne haben knapp keinen Kontakt mehr. Sowohl die Diastemahöhe als auch der Abstand der Incisivi voneinander ist bei Trense 4 am größten. Obwohl bei Zugkraft 2 die Lippen des Pferdes noch bei allen Trensens geschlossen sind, erkennt man anhand der Backenzähne, dass das Pferd den Kiefer weiter geöffnet hat und mit zunehmender Zugkraft die Lippen öffnet.

Ausführliche Betrachtung zur Dicke der Trensens wurden in 2.2.3 und 2.2.4 angeführt. Für die richtige Anpassung der Gebisse ergeben sich daraus gravierende Beratungsunterschiede. Vor dem Einsatz dicker Trensens sollte die Struktur der Maulhöhle also genau betrachtet werden, damit die Trense dem Pferd nicht schon beim bloßen Tragen Schmerzen bereitet. Ettl (2001) plädiert dafür, die mildere Wirkung dicker Gebisse aufgrund ihrer größeren Auflagefläche gegenüber der korrekten Anpassung ans Pferdemaul als sekundär zu betrachten. So gilt zu entscheiden, ob ein weniger konisch zulaufendes, dünneres Gebiss im Maul möglicherweise sogar angebrachter wäre. Zweifelsfrei haben dünne Gebisse eine deutlichere Wirkung, allein durch ihre geringere Auflagefläche bedingt. Jedoch wirkt letztlich jedes Gebiss immer nur so scharf wie die Hand, die es führt.

Die Höhenverschnallung ist ebenso von Bedeutung. So kann es in der Impulsreiterei kontraproduktiv sein, das Gebiss nach den Regeln der FN anzupassen. Es würde mit dauerhaftem Zug auf die Lippen wirken. Andererseits muss auf die Gefahren der tiefen Verschnallung hingewiesen werden. Der Unterkiefer wird rostral immer schmaler, so dass sich die Auflagefläche für das Gebiss mindert und bei permanenter Anlehnung schädigende Auswirkungen haben kann. Auch kann die tiefe Verschnallung Probleme mit sich bringen, da es dem Pferd leichter möglich ist, die Zunge über das Gebiss zu legen und sich der Einwirkung zu entziehen. Jedoch sollte die zwingende Kombination mit der Impulsreiterei und der dementsprechend geringen Anlehnung eine Abwehrreaktion beim Pferd gar nicht erst hervorrufen.

KLAIS (2006) konnte bei ihren Probanden keine gruppentypische Einschnallhöhe erkennen. Da an dieser Studie allerdings nur FN-Reiter unterschiedlicher Sparten teilnahmen, nicht aber Reiter aus der Western -oder iberischen Reitweise, kann kein wirklicher Vergleich gezogen werden.

Die Verwendung des RH spielt eine große Rolle und steht in engem Zusammenhang mit der praktizierten Reitweise. Die korrekte Verschnallung, die dem Pferd das Öffnen des Kiefers ermöglicht, sollte selbstverständlich sein. So wäre das Reithalfter auch nicht als Zwangsinstrument anzusehen, sondern gewährleistet durchaus einen gewissen Schutz des Pferdemauls, weil der Druck des Gebisses auf das Maul und den Nasenrücken verteilt wird (BÜRGER, 2006). Im Reitsport wird diese Regel heutzutage leider oft missachtet und mit Hilfe flaschenzugartiger Reithalfter wird das exzessive Zuschnüren der Pferdemauler noch unterstützt. Die Wirkungen der Gebisse treten so noch stärker auf.

Auf Basis der vorliegenden Ergebnisse und den Erkenntnissen bereits durchgeführter Studien kann, innerhalb der Betrachtung der hier zur Verfügung stehenden Parameter, die der Arbeit zugrunde liegende Hypothese bestätigt werden. Mit zunehmender Zugkraft steigen die Wirkungen der Trense. Die Veränderung der relevanten Strukturen nimmt in ähnlichem Maß zu bzw. ab. Für eine statistisch gesicherte Aussage sind allerdings weiterführende Untersuchungen anhand repräsentativer Stichproben unerlässlich.

Von großem Interesse wäre auch, die differenzierte Wirkungsweise der Gebisse aufgrund ihrer Bauart am lebenden Pferd nachzuweisen und diese einem Versuch mit maximal zugeschnürtem Reithalfter gegenüber zu stellen.

Sperrt das Pferd den Kiefer vorrangig aufgrund der starken Zungenimpression auf oder versucht es eher dem seitlichen Druck an den Laden auszuweichen und sind die spezifischen Wirkungen der Trense tatsächlich nur der jeweiligen Bauart zuzuschreiben?

Ursache aller Reaktionen ist zweifelsfrei die Ausübung der Zugkraft durch den Reiter. Dabei wurden in Studien zur Zügelkraftmessung alarmierende Zahlen festgestellt. FELSINGER (2004) fasste die Ergebnisse von PREUSCHOFT et al. (1999), WITZMANN (2007) und CLAYTON et al. (2003) zusammen, aus denen eindeutige Unterschiede zwischen den verschiedenen Reitweisen feststellbar waren.

So blieben die Zügelkräfte bei Iberischen- oder Westernreitern fast immer unter dem Messwert von 1 kg und schnellten nur bei ganzen Paraden kurzfristig auf 2–5 kg. Hingegen wurden bei manchen Dressurreitern schon im Schritt dauerhafte Kräfte um 2 kg gemessen. In verschiedenen Lektionen und bei ganzen Paraden herrschten Kräfte bis zu 12,5 kg und mehr pro Zügel. Diese Kräfte präsentierten sich nicht als gleichmäßige Anlehnung, sondern traten in Spitzen auf, die sich in Abhängigkeit der Geschwindigkeit und dem Rhythmus der Gangart änderten. CLAYTON et al. (2003) stellten fest, dass ein gleichmäßiger Zügelzug vom Reiter niemals zustande kam und auch WITZMANN (2007) zeigte, dass die vom Reiter gefühlte gleich große Kraft immer zu einer asymmetrischen Lage des Gebisses im Pferdemaul führte. STAHLCKER (2007) fand heraus, dass unserem Auge der Zügel schon gestreckt und in Anlehnung stehend erscheint, wenn dieser vom Reiter noch gar nicht aktiv in Spannung gehalten wird. Stellt der Reiter aktiv eine feine Zügelanlehnung her, indem er diesen nur gerade straff hält, wird die Zunge schon mit mehr als 4 kg belastet.

Aus den Untersuchungen geht hervor, dass die in der Reitlehre geforderte feine, gleichmäßige Anlehnung praktisch nicht existiert. Die vom Reiter vermeintlich präzisen Zügelhilfen in weicher

Anlehnung enden im Pferdemaul als diffuse Signale, die sich pro Sekunde mehrmals verändern. Laut FELSINGER (2004) und STAHLLECKER (2007) unterschätzen die meisten Reiter die Kräfte, die sie am Zügel ausüben, wie auch Aussagen der teilnehmenden Testreiter PREUSCHOFTs (1993) bestätigten.

Einigkeit besteht darüber, dass eine dauerhafte Belastung von 5 kg nicht vertretbar ist, in der Praxis aber existiert. Deutlich sollte man sich vor Augen halten, dass am Gebiss die doppelte Kraft beider Zügel wirkt und aufgrund der speziellen Wirkungsweise jeder Trense noch mit einem Faktor zwischen 2–3,5 multipliziert werden muss (PREUSCHOFT 1993). Die hier applizierte Zugkraft von 3,75 kg verursacht bei passender Trense allein im Halten Kräfte von ca. 15 kg im Pferdemaul.

Dauerhaft hohe Zugkräfte, unpassend gewählte Trensen sowie falscher Gebrauch führen beim Pferd unweigerlich zu Abwehrreaktionen. Lokale Mechanismen sind z.B. das Aufsperrn des Mauls, Zähne knirschen oder Zungenrollen und -strecken. Aber auch das Verwerfen im Genick, Ruckartiges gegen den Zügel stoßen bis hin zum Steigen und Durchgehen sind Abwehrreaktionen, um dem Schmerz zu entgehen (SCOGGINS, 1989; COOK, 2003).

Die hohe Motilität und Kontraktionsfähigkeit der Zunge schützt den empfindlichen Unterkiefer bis zu einem gewissen Grad vor Verletzungen. Die deutlich erkennbare Zungenwulst kaudal der Trense steht für den möglichen Versuch des Pferdes, das Gebiss aus dem Maul drücken zu wollen. Bei hoher Anlehnung arbeitet das Pferd demnach mit stetiger Zungenkontraktion gegen den Druck des Gebisses. (PREUSCHOFT 1999). Die Zunge selbst ist einer Verletzungsgefahr durch die ventrale Verlagerung des Mundstückes ausgesetzt. Fotoaufnahmen aus dem Dressur-Spitzensport zeigen, dass Kräfte wirken, die sogar die Blutzufuhr der Zunge derart einschränken, dass diese blau anläuft.

WITZMANN (2008) als langjähriger FEI-Veterinär und LK-Tierarzt berichtet, dass mehr als die Hälfte der Beanstandungen auf Turnieren Verletzungen des Mauls betreffen, davon wiederum fallen 84,6 % auf Verletzungen der Maulwinkel. Weitere akute Verletzungen sind Zahnfleischbluten, Schleimhautirritationen und Zungenläsionen. Manche Pferde versuchen auch die Zunge über das Gebiss zu legen, um dem Druck zu entgehen. Die dadurch entstehende Wirkung auf die Laden ist oftmals noch schmerzhafter. Ulzeration der Maulschleimhaut, Osteomyelitis und Knochensequesterbildungen und sogar Unterkieferfrakturen sind Folgen dauerhaft hohen Zügelzuges (SCOGGINS, 1989; COOK, 2000; JANNSON et al. 1998; DIXON, 2005). Eigene Erfahrungen zeigten, dass schon nach einer Reiteinheit Schleimhautrötungen auftraten, wenn das Gebiss durch häufige Beeinflussung mit Zugkräften zwischen 2-5 kg im Maul häufiger hin und her rutschte.

Als genereller Gegner der Einwirkung mit Hilfe der Trense sieht COOK (2000) diese als Auslöser vieler Probleme, z.B. eingeschränkter Leistungsfähigkeit, von Rittigkeitsproblemen sowie Steifheit der Gänge und von kontraproduktiver Genickwinkelung. Auch GEYER und WEISHAUPT (2006) schreiben dem Gebiss über Maul und Kopf hinausführende, schädliche Wirkungen zu. So vermuten sie einen Zusammenhang zwischen der harten Handeinwirkung mit hohen Zugkräften und den, in den letzten Jahren vermehrt bei Reitpferden diagnostizierten Arthrosen der kaudalen Halswirbelgelenke. COOKs (2000) Untersuchungen ergaben, dass die Gebisszäumung mögliche Ursache der Verlagerung des Gaumensegels, der Behinderung der Atemwegsfunktionen und sogar von Headshaking sein kann. Für ihn ist die Einwirkung über das Maul grundsätzlich der falsche Ansatz für den Umgang mit dem Pferd. Er plädiert vehement für die gebisslose Zäumung mit einem speziellen Akkupressur-Reithalter.

Ob dies der einzige Lösungsweg zum harmonischen Umgang mit dem Pferd ist, steht weiter zur Diskussion. Ein großer Schritt in Richtung des respektvollen Umgangs mit dem Pferd und zum tatsächlichen Happy Athlet ist schon getan mit dem sinnvollen und gefühlvollen Einsatz der Zäumung.

## 6 Zusammenfassung

Ziel war die Darstellung der Lage und Wirkungsweise verschiedener Trensen im Pferdemaul. Zwei einfach gebrochene Wassertrensen, die sich in Größe und Stärke voneinander unterschieden, wurden einem KK-Ultra und dem Dynamic RS gegenübergestellt. Von allen Trensen wurde jeweils am hingegebenen Zügel, bei 2 kg und 3,75 kg applizierter Zugkraft eine Röntgenbild -und eine Fotoserie angefertigt. Die Interaktionen der Trense mit den Strukturen der Maulhöhle, besonders der Zunge waren sehr gut zu erkennen.

Bei allen Trensen war eine kaudoventrale Verlagerung festzustellen. Es zeigten sich aber Unterschiede in der Ausgangslage und auch in der Stärke der Bewegung unter Zugkraft. Das anatomisch geformte Dynamic RS lag im geringsten Abstand zum Prämolare am hingegebenen Zügel. Die einfach gebrochene Trense verzeichnete die größte Bewegung in Richtung Prämolare bei Zügelzug. Alle Trensen verursachten mit zunehmender Zugkraft eine deutliche Impression der Zunge. Dabei bildete sich kaudal der Trensen eine stark ausgeprägte Zungenwulst. Diese ist Zeichen dafür, dass massiver Druck auf die Strukturen der Maulhöhle wirkte. Das Pferd versuchte das Gebiss nach vorne aus dem Maul zu schieben, begleitet vom Aufsperrern des Mauls soweit es das Reithalter gestattete. Keine der Trensen kam mit zunehmender Zugkraft in Berührung mit dem harten Gaumen. Bei allen vergrößerte sich der Abstand zum Gaumen sehr deutlich. Potentielle Berührungen des Gaumens wurden dagegen am hingegebenen Zügel beobachtet.

Die Trense hat eine sehr instabile Lage im Pferdemaul. Geringe Unterschiede der Zugkraft bewirkten eine asymmetrische Lage. Dabei kann sich das Mittelgelenk mit seinen Verbindungsringen bis auf die Lade verschieben. Dies birgt Verletzungsrisiken sowohl für Zunge und Maulschleimhaut, als auch für die Lade in sich.

Für feine Hilfengebung und den korrekten Gebrauch einer Trense ist die optimale Anpassung nach anatomischen Gesichtspunkten unerlässlich. Die Breite, vor allem aber die Stärke der Seitenschenkel sind entscheidende „Wohlfühlkriterien“. Auch Verwendungszweck und Art der Reitweise müssen bei der Auswahl der Trensenart in die Betrachtungen mit einbezogen werden, um vom Pferd gute Mitarbeit erwarten zu können.

Schlüsselwörter: Trensengebiss, Mundhöhle, Anatomie, Radiologie, Pferd, Reiten Zugkraft, Zügelzug

---

## 7 Summary

The objective of this study was to describe the position and function of different types of bits within in the horse's oral cavity. The two used single jointed snaffle-bits varied in width and thickness. Their actions and positions within the oral cavity were compared to the double jointed KK-Ultra and to the Dynamic RS bit.

Three lateral and dorsoventral X-ray images as well as a three-part photo series were taken of each bit respectively without rein tension, with 2 kg and 3.75 kg bilateral rein tension. The interaction between the bit and the structures of the oral cavity, particularly the tongue were clearly recognizable. Tightening of the reins caused all bits to relocate caudally, to squeeze the tongue and to rotate on their own axes. The position of the bits without tension on the reins differed from each other. The relocation in direction of the 2<sup>nd</sup> premolar in response rein tension was different as well. Dynamic RS were closer to the premolar teeth without rein tension compared to all other bits. The exactly fitting single jointed snaffle-bit showed the greatest level of dislocation movement while tightening the reins.

High tension of the reins resulted in compression of the tongue between the bit and the lower jaw and also between the bit and the premolar teeth. As a reaction to 3.75 kg tension applied to the reins, the horse reacted by opening the mouth as much as possible. By elevation and retraction of the tongue the horse tried to remove the bit out of the mouth. None of the bits got contact with the hard palate when tension was applied. Using the reins asymmetrically, bits were displaced. the bits got out of place. Due to this, especially due to the ventral forces the tongue and lower jaw are at risk of injury.

Choosing the bit it is absolutely necessary to pay attention to the anatomy of the horse's oral cavity. Furthermore it is essential to adapt the thickness and the width of the bit exactly. Neglecting these details the horse will not be able to perform according to the rider's expectation

Keywords: snaffle bit, oral cavity, radiology, horse, dressage, rein tension

## 8 Literaturverzeichnis

BAKER, G.J. (2005): Physiologie der Zähne. In: Baker, G. und Easley, J.: Zahnheilkunde in der Pferdepraxis. 2. Auflage, Elsevier GmbH, München, S. 54-58.

BENNETT, D.G. (2005): Gebisse, Zaumzeug und Zubehör. In: Baker, G. und Easley, J.: Zahnheilkunde in der Pferdepraxis. 2. Auflage, Elsevier GmbH, München, S. 9-24.

BARTZ, J. (2005): dick oder dünn, Doppelt oder einfach gebrochen? Kavallo **7**, 36-39.

BFV FÜR REITEN UND FAHREN IN ÖSTERREICH, (1996): Pferdesport – FENA Lehrbuch zu den Lizenzprüfungen und zu den Sonderprüfungen. S. 60-74.

BÜRGER, U. (2006) Vollendete Reitkunst, Müller Rüschlikon Verlag, S.168.

CLAYTON, H.M., LEE, R. (1984): A fluoroscopic study of the position and action of jointed snaffle bit in the horse's mouth. J. Equine Vet. Sci. **4**, 193-196.

CLAYTON, H.M., SINGLETON, W.H., LANOVAZ, J.L., CLOUD, G.L. (2003) Measurement of rein tension during horseback riding, using gage transducers. Experimental Techniques, **5/6** 2003, 34-36.

COOK, W.R. (1999): Pathophysiologie of bit control in the horse. J. Equine Vet.Sci. **19**, 196-204.

COOK, W.R. (2000): Störung der Atemwegsfunktion und andere durch das Gebiss verursachte Probleme des Pferdes – ein Ansatz zur Problemlösung. Pferdeheilkunde **16**, 333-351.

COOK, W.R. (2003): Bit induced pain: a cause of fear, flight and facialneuralgia in the horse. Pferdeheilkunde **19**, 75-82.

DEUTSCHE REITERLICHE VERINIGUNG, (1997): Richtlinien Für Reiten und Fahren Band 1, 28. Auflage 2005.

DIXON, M. (2005): Zahnanatomie In: Baker, G. und Easley, J: Zahnheilkunde in der Pferdepraxis. 2. Auflage, Elsevier GmbH, München, S. 44-52.

EDWARDS, E.H. (1988): Pferde, Begleiter des Menschen durch die Geschichte. Albert Müller Verlag, AG, Rüschlikon-Zürich, S.185.

ENGELKE, E., GASSE, H. (2002): Zur Lage unterschiedlicher Trensengebisse im Pferdemaul, Pferdeheilkunde **18**, 367-372.

ENGELKE, E., GASSE, H. (2003): An anatomical study of the rostral part of the equine oral cavity with respect to position and size of a snaffle bit. Equine Vet. Educ. **15**, 158-163.

- ETTL, R. (2001): Sanfte Hände – präzise Gebisse. Cadmos, Lüneburg, S 90-94.
- FELSINGER, C. (2004): In die Hand gedrückt. Cavallo **5**, 16-29.
- GEYER, H. und WEISHAUPT, A. (2006): Der Einfluss von Zügel und Gebiss auf die Bewegungen des Pferdes – Anatomisch-funktionelle Betrachtungen. Pferdeheilkunde **22**, 597-600.
- GREET, R. (2007): Die Versorgung oraler Traumata, In: Baker, G. und Easley, J., Zahnheilkunde in der Pferdepraxis, 2. Auflage, Elsevier GmbH, München, S. 85-92.
- HEERESDIENSTVORSCHRIFT 12 (1937): Reitvorschrift, Berlin 1937, und D.V.E.Nr.12 Reitvorschrift von 1912 Verlag von F.G: Mittler & Sohn, 23ff.
- HOLTAPPEL, A. (1997): Die beste Zäumung für mein Pferd, Kosmos Verlag, Stuttgart, S. 11 f, 20 ff, 29, 88.
- JANNSON, N., HESSELHOLT, M., FALMER-HANSEN, J. (1998): Extirpation of a mandibular canine tooth in a horse as a treatment for severe bit-induced trauma to the bar. Equine Vet. Education **10**, 143-145.
- KAPITZKE, G. (2001): Zügelführung mit Gefühl, BLV Verlagsgesellschaft mbH München, 47 ff, 81, 86, 119 f
- KLAIS, S. (2006): Lage der Trense am lebenden gezäumten Pferd vor und nach dem Anbringen von Bit Seats. Dissertation, Vet. Med. Univ. Wien.
- KÖNIG und LIEBIG (2005): Anatomie der Haussäugetiere. 3. Auflage, Schattauer GmbH 46, 62-69, 111, 303 ff, 322, 665 ff.
- KRELING, K. (2007): Knackpunkt Kopf. Reiter Revue **1**, 12-23.
- MANFREDI, J. CLAYTON, H. M., ROSENSTEIN, D. (2005): Radiographic study of bit position within the horse's oral cavity. Equine and Comparative Exercise Physiologie **2**, 195-201.
- OESE, E. (1992): Pferdesport. Band 1, 6. Auflage, Sportverlag GmbH Berlin, S. 269-276.
- OVER, U. (1994): Zäumungen und Gebisse. Müller Rüschnikon Verlags AG, 6330 CH – Cham, S. 63.
- PREUSCHOFT (1999): Über die Wirkung gebräuchlicher Zäumungen auf das Pferd. Dtsch. Tierärztl. Wschr. **106**, 169-175.
- PREUSCHOFT (1990): Mit wie viel Kilogramm Gewicht hängt der Mensch dem Pferd im Maul? Freizeit im Sattel **1**, 8-10.

PREUSCHOFT (1993): Zügelführung sensibler machen. *Pferdespiegel* **9**, 41-44.

SCHULTE, B., BAUMANN, H., (2006): Führen mit Gefühl. 2. Auflage, Sprenger GmbH, S. 72, 74

SCOGGINS, R.D. (1989): Bits and mouth injuries. *J. Equine Vet. Sci.* **9**, 101-102.

SPRENGER, Firma: persönliche Mitteilung.

STAHLECKER, F. (2007): Wie straff dürfen die Zügel sein? *Reiterjournal* **7**, 118f.

WISSDORF, H., GERHARDS, H., HUSKAMP, B., DEEGEN, E. (2002): Praxisorientierte Anatomie und Propädeutik des Pferdes. 2. Auflage, S.84, 160, 95-99, 162-171.

WITZMANN, P. (2008): Denkanstöße. *Sankt Georg* **7**, 46-50.

WITZMANN, P. (2008): Mysterium Maul. *Sankt Georg* **8**, 48-51.

WITZMANN, P. (2007, 2008): Das im Dunkeln sieht man doch! Teil I-III, *Reiterjournal* **12/ 07**, 112f, **1/08**, 118f, **2/08**, 20f.

WRANGEL, C.G. (1927): Das Buch vom Pferde. Verlag von Schickardt & Ebner, Stuttgart, S.261-268.

## 9 Anhang

### Federwaagen:

- Super Samson Präzisions-Federwaage Nr. 23
- Ausstattung:
- 25g Abstufung
- robustes, glasfaserverstärktes Kunststoffgehäuse
- 2 Stahlhaken
- Überlastsicherung
- Tariermöglichkeit
- Genauigkeit 1 % vom Skalenendwert
- Durchmesser 25 mm



Heinrich Griffit Waagenbau GmbH, 73728 Esslingen, [www.griffitwaagen.de](http://www.griffitwaagen.de))

### Röntgengerät:

- Gierth HF 100 plus

### Entwickleranlage:

- FUJIFILM FCR XG-1, Firma Fuji

### Röntgenfilme:

- FUJIFILM DI-AT 100NIF, Format 25,7x36,4cm, Firma Fuji

## Zu 4.1.2 Einfluss der Zugkraft auf Trensenlage und Zungenverlauf

**Tabelle: Abstand Unterkiefer - Zungenlinie UZ<sub>r</sub>, rostral in mm**

UZ <sub>r</sub> nativ	41				
	Trense 1	Trense 2	Trense 3	Trense 4	
Zugkraft 0	41	37	46	45	
Zugkraft 2	39	35	41	41	
Zugkraft 4	26	31	37	41	

**Tabelle: Verminderung UZ<sub>r</sub> in mm**

	Trense 1	Trense 2	Trense 3	Trense 4
V 0-2	-2	-2	-5	-4
V 2-4	-13	-4	-4	0
V 0-4	-15	-6	-9	-4

**Tabelle: Abstand UZ<sub>c</sub> - Zungendicke an P<sub>2</sub> in mm**

	Trense 1	Trense 2	Trense 3	Trense 4
Zugkraft 0	44	45	47	49
Zugkraft 2	50	48	53	56
Zugkraft 4	47	56	56	60

**Tabelle: Erhöhung Zungendicke an P<sub>2</sub> in mm**

	Trense 1	Trense 2	Trense 3	Trense 4
V 0-2	6	3	6	7
V 2-4	-3	8	3	4
V 0-4	3	11	9	11

**Tabelle: Anstieg mittlere Sekante kaudal; Differenz zw. T r - P in x und y**

	Trense 1	Trense 2	Trense 3	Trense 4
$\Delta y / \Delta x$				
Zugkraft 0	0,02	0,03	0,07	0,03
Zugkraft 2	0,11	0,11	0,22	0,09
Zugkraft 4	0,20	0,25	0,35	0,18

**Tabelle: Anstieg mittlere Sekante rostral; Differenz zw. T r - Z in x und y**

	Trense 1	Trense 2	Trense 3	Trense 4
$\Delta y / \Delta x$				
Zugkraft 0	0,06	0,06	0,08	0,07
Zugkraft 2	0,04	0,04	0,06	0,04
Zugkraft 4	0,03	0,05	0,05	0,03

#### Zu 4.1.3 Einfluss der Zugspannung auf Zungenimpression

**Tabelle: Abstand Trense–UK in mm, Werte Graphik 8**

	Trense 1	Trense 2	Trense 3	Trense 4
Abstand UT r				
Zugkraft 0	37	30	35	39
Zugkraft 2	29	25	27	34
Zugkraft 4	18	20	21	32

**Tabelle: Verminderung y-Wert Zungenimpression UT, in mm**

	Trense 1	Trense 2	Trense 3	Trense 4
V 0-2	-8	-5	-8	-5
V 2-4	-11	-5	-6	-2
V 0-4	-19	-10	-14	-7

## Zu 4.1.4 Einfluss der Zugkraft auf Trense–Gaumen

**Tabelle: Abstand Trense–Gaumen in mm, Werte zu Graphik 9**

	Trense 1	Trense 2	Trense 3	Trense 4
Zugkraft 0	2	5	7	4
Zugkraft 2	13	14	19	14
Zugkraft 4	30	25	29	23

**Tabelle: Änderung GT in mm**

	Trense 1	Trense 2	Trense 3	Trense 4
V 0-2	+ 11	+ 9	+ 12	+ 10
V 2-4	+ 17	+ 11	+ 10	+ 9
V 0-4	+ 28	+ 20	+ 22	+ 19

## Zu 4.1.5 Einfluss der Zugspannung auf Trense–Prämolar

**Tabelle: Abstand Trense–Prämolar in mm, Werte Graphik 10**

	Trense 1		Trense 2		Trense 3		Trense 4	
	li	re	li	re	li	re	li	re
Abstand TP								
Zugkraft 0	61	53	54	53	51	45	55	49
Zugkraft 2	24	20	23	22	16	19	25	29
Zugkraft 4	11	10	22	22	14	15	21	20

**Tabelle: kaudale Verschiebung Trense in mm**

	Trense 1		Trense 2		Trense 3		Trense 4	
	li	re	li	re	li	re	li	re
TP								
V 0-2	37	33	32	31	35	26	30	20
V 2-4	13	10	1	0	2	4	4	9
V 0-4	50	43	33	31	37	30	34	29

## Zu 4.1.6 Einfluss der Trense auf Kieferhaltung

**Tabelle: Höhe Diastema in mm, Werte Graphik 10**

D <sub>h</sub> nativ	49			
D <sub>h</sub>	Trense 1	Trense 2	Trense 3	Trense 4
Zugkraft 0	53	51	58	60
Zugkraft 2	59	58	63	66
Zugkraft 4	69	69	75	73

**Tabelle: Änderung Höhe Diastema in mm**

	Trense 1	Trense 2	Trense 3	Trense 4
V nativ - Trense	4	2	9	11
V 0-2	6	7	5	6
V 2-4	10	11	12	7
V 0-4	16	18	17	13
V nativ - 4 kg	20	20	26	24

**Tabelle: Abstand Incisivi in mm, Werte Graphik 11**

I nativ	4			
I	Trense 1	Trense 2	Trense 3	Trense 4
Zugkraft 0	6	4	9	13
Zugkraft 2	14	14	17	21
Zugkraft 4	22	27	26	29

**Tabelle: Änderung Abstand Incisivi in mm**

	Trense 1	Trense 2	Trense 3	Trense 4
V nativ - Trense	2	0	5	9
V 0-2	8	10	8	8
V 2-4	8	13	9	8
V 0-4	16	23	17	16
V nativ - 4 kg	18	23	22	25