

Aus der Klinik für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde
der Universität zu Lübeck
Direktorin: Prof. Dr. med. B. Wollenberg
in Zusammenarbeit mit dem
Institut für Anatomie der Universität zu Lübeck
Direktor: Prof. Dr. med. J. Westermann

**Histomorphometrische Aspekte wasserstrahlpräparierter Äste des
Nervus facialis beim Hund unter Berücksichtigung der klinischen
Fazialisfunktion**

Inauguraldissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde
der Universität zu Lübeck

-Aus der Medizinischen Fakultät-

vorgelegt von

Jana Lörken

aus Frankfurt am Main

Lübeck 2011

1. Berichterstatterin: Priv.-Doz. Dr. med. M. Andratschke

2. Berichterstatter: Priv.-Doz. Dr. med. H. Shekarriz Foumani

Tag der mündlichen Prüfung: 14.02.2012

zum Druck genehmigt. Lübeck, den 14.02.2012

Inhaltsverzeichnis

		Seite
1	Einleitung	1
1.1	Einführung in die Thematik	1
1.2	Anatomische Grundlagen	4
1.2.1	Anatomischer Verlauf und Innervationsgebiete der extrakraniellen Äste des Nervus facialis des Hundes	4
1.2.2	Anatomischer Aufbau eines peripheren Nervs	6
1.2.3	Anatomischer Aufbau einer Nervenfasern	7
1.3	Fragestellung	9
2	Material und Methoden	10
2.1	Material und Geräte	10
2.1.1	Nervenpräparate	10
2.1.2.	Wasserstrahl-Dissektor	10
2.1.3	Axiophot	11
2.1.4	TGZ 3	12
2.2	Methode	12
2.2.1	Operation (Parotidektomie)	12
2.2.2	Gewebepräparation	13
2.2.3	Analyse der Morphologie/ Morphometrie der Nervenpräparate	14
2.2.4	Statistische Auswertung	15
3	Ergebnisse	17
3.1	Morphologische Charakteristika	17
3.2	Morphometrische Befunde	22
3.2.1	Morphologisch unauffällige Nerven bei Anwendung der Düsendurchmesser 120/ 150µm	22
3.2.1.1	Hauptstamm (Druckstärke 40bar)	22
3.2.1.2	Stirnast (Druckstärke 60bar)	24
3.2.1.3	oberer Mundast (Druckstärke 80bar)	25
3.2.1.4	unterer Mundast (Druckstärke 80bar)	26

3.2.1.5	Einfluss der unterschiedlichen Düsendurchmesser 120 und 150µm	27
3.2.1.6	Einfluss der unterschiedlichen Druckstärken (40/ 60/ 80bar) bei 120 bzw. 150µm Düsendurchmesser	28
3.2.2	Morphologisch auffällige Nerven bei Anwendung der Düsendurchmesser 120/ 150µm	32
3.2.2.1	mit klinisch erhaltener Funktion	32
3.2.2.1.1	ein Stirnast der rechten Seite (Druckstärke 60bar)	33
3.2.2.1.2	zwei obere Mundäste der rechten Seite (Druckstärke 80bar)	34
3.2.2.1.3	zwei untere Mundäste der rechten Seite (Druckstärke 80bar)	35
3.2.2.1.4	zwei Stirnäste der linken Seite (Druckstärke 60bar)	36
3.2.2.2	mit klinisch nicht erhaltener Funktion	37
3.2.2.2.1	ein Stirnast der linken Seite (Druckstärke 60bar)	37
3.2.3	Morphologisch auffällige Nerven bei Anwendung des Düsendurchmessers 200µm	38
3.2.3.1	mit klinisch erhaltener Funktion	38
3.2.3.2	mit klinisch nicht erhaltener Funktion	40
4	Diskussion	42
4.1	Morphologisch unauffällige Nerven bei Anwendung der Düsendurchmesser 120/ 150µm	44
4.1.1	Einfluss der unterschiedlichen Düsendurchmesser 120 und 150µm	44
4.1.2	Einfluss der unterschiedlichen Druckstärken (40/ 60/ 80 bar) bei 120 bzw. 150µm Düsendurchmesser	46
4.2	Morphologisch auffällige Nerven bei Anwendung der Düsendurchmesser 120/ 150µm	48
4.2.1	mit klinisch erhaltener Funktion	48
4.2.2	mit klinisch nicht erhaltener Funktion	50
4.3	Morphologisch auffällige Nerven bei Anwendung des Düsendurchmessers 200µm	51
4.4	Einfluss der Nervenfasernzahl auf die klinische Funktion	51
4.5	Schlussfolgerung	53

5	Zusammenfassung	55
6	Literaturverzeichnis	57
7	Anhang	65
7.1	Abkürzungsverzeichnis	65
7.2	Tabellen	67
7.3	Abbildungen	71
8	Danksagung	72
9	Lebenslauf	73
10	Publikationen	75

1 Einleitung

1.1 Einführung in die Thematik

Klinische Zeichen einer Fazialisparese sind sowohl bei Hunden als auch bei Menschen gut dokumentiert (*Braund et al., 1979; Braund et al., 1987; Roob et al., 1999*). Die Einschränkung der Funktion des N. facialis kann zu einer erheblichen funktionellen Beeinträchtigung des Sprechens, der Nahrungsaufnahme und zu Schädigungen des Auges durch mangelnden Lidschluss führen. Darüber hinaus belastet die Stigmatisierung eines gelähmten Gesichtes viele Patienten. Die Ursachen sind vielfältig. Die Lähmung kann im Rahmen von Infektionen mit z.B. Herpes zoster (*Grose et al., 2002; Walther et al., 2004*) oder *Borrelia burgdorferi* (*Lotric-Furlan et al., 1999; Eiffert et al., 2004*), seltener otogen bedingt durch eine akute oder chronische Otitis media (*Yetiser et al., 2002; Popovtzer et al., 2005; Makeham et al., 2007*) auftreten. Des Weiteren kann die Parese bei Tumorwachstum innerhalb der Glandula parotidea (*Terhaard et al., 2006; Alam et al., 2007*) oder Ausbildung eines Schwannoms des N. facialis (*Ulku et al., 2004; Cheong et al., 2006; Wiggins et al., 2006*) vorkommen. Weiterhin kann es nach unterschiedlichen Traumata, wie z.B. der Felsenbeinfraktur (*Darrouzet et al., 2001; Ishman et al., 2004*) zu einer Gesichtsnervenlähmung kommen. Bleibt die Ätiologie unklar, wird die Lähmung als idiopathische Fazialisparese bezeichnet. Ebenfalls kann postoperativ nach Mittelohr- und insbesondere nach Parotisoperationen eine Parese des Nervus facialis auftreten. Gerade in der Ohrspeicheldrüsenchirurgie zeigt sich der Gesichtsnerv durch seinen transglandulären Verlauf und seine intraglanduläre Aufteilung in seine einzelnen Äste stark gefährdet, so dass nach wie vor die Gesichtsnervenlähmung eine der möglichen Hauptkomplikationen bei Parotidektomien ist. Die Inzidenz temporärer postoperativer Fazialispareesen nach Entfernung der Ohrspeicheldrüse variiert in der Literatur zwischen 4,8% (*Dorairajan et al., 2004*), 7,1% (*Castrini et al., 1985*) und 72% (*Debets und Munting, 1992*). Permanente Funktionseinschränkungen werden mit einer Häufigkeit von 0% (*Castrini et al., 1985; Roscic et al., 1985; Woods, 1985; Wennmo et al., 1988; Alajamo et al., 1989; Ferreria et al., 1990; Mra et al., 1993*) bis 26,9% (*O'Brien et al., 1993*) bzw. bis zu 50% (*Marchesi et al., 2006*) angegeben.

In der Industrie kommen Water-Jet-Dissektoren seit längerer Zeit schon routinemäßig zum Einsatz. Hier werden Wasserstrahlen zum präzisen Schneiden von unterschiedlichen Medien verwendet, unter anderem Metalle, Glas, Holz und Lebensmittel (*Jesnitzer et al., 1980; Ansorge, 1986; Labus und Pilarski, 1986; Liao und Huang, 1986; Nishisaka und Yaukava, 1984*).

In der Medizin ist die Wasserstrahltechnologie besonders für den Bereich der Leberchirurgie modifiziert und weiterentwickelt worden (*Papachristou und Barthers, 1982; Kjossev und Losanoff, 2000; Rau et al., 2001; McCormack et al 2005; Vyhnanek et al 2006*). Auch in anderen Disziplinen wie der Neurochirurgie (*Toth et al., 1987; Jakob et al., 2000; Oertel et al., 2003; Oertel et al., 2004*), der Kopf-Hals-Chirurgie (*Siegert et al., 1998; Siegert et al., 2000; Magritz et al., 2001; Lorenz et al., 2005*), der plastischen Chirurgie (*Frohberg, 1997*), der Augenchirurgie (*Lipshitz et al., 1996; Wilhelm et al., 1998; Wilhelm et al., 1999; Wilhelm et al 2002*) sowie der renalen Chirurgie (*Hubert et al., 1996; Basting et al., 2000; Varkarakis et al 2004; Moinzadeh et al 2005*) wurden Erfahrungen gesammelt.

Ein besonderer Vorteil gegenüber konventionellen chirurgischen Schnittverfahren, wie Skalpell oder Laser, macht die Wasserstrahltechnik für medizinische Anwendungen nutzbar: In Abhängigkeit von verschiedenen Parametern, wie Wasserstrahl Druck, Düsendurchmesser, Düsenkonfiguration und Schnittmediumtemperatur, ist es möglich, Gewebestrukturen unterschiedlicher Festigkeit und Elastizität selektiv zu durchtrennen. Durch diesen geweboselektiven Effekt können somit je nach Erfordernis bestimmte Gewebestrukturen, beispielsweise Gefäße, erhalten bleiben, während z. B. das Parenchym herausgespült wird.

So lässt sich dieses Verfahren auch in der Parotischirurgie anwenden (*Siegert et al., 2000; Magritz et al., 2001*). Unter Schonung des Fazialisnerven wird das Parotisparenchym durch den Wasserstrahl heraus geschwemmt. Um den Einfluss der Wasserstrahlen auf die Nervenstruktur genauer zu erfassen und auftretende Veränderungen am Nervengewebe zu untersuchen, sind histomorphologische und histomorphometrische Analysen nötig. In der Literatur lässt sich diesbezüglich nur eine einzige Studie finden, in der der Einfluss der Wasserstrahltechnik auf den N. ischiadicus bei Ratten analysiert wurde (*Kaduk et al., 1999*).

Zu histomorphometrischen Untersuchungen am Nervus facialis existieren bisher nur wenige Studien, die sowohl qualitativ als auch quantitativ aussagekräftig sind. Meist

handelt es sich um einzelne Fallberichte über Läsionen des Gesichtsnerven (*Braund et al., 1979; Podvinec et al., 1982; Sunderland, 1982; Kern et al., 1987; Braund et al., 1987; Wright, 1988*) oder um experimentelle Studien, in denen der N. facialis vorsätzlich geschädigt wurde (*Harada et al., 1982; Millet et al., 1982; Yamaguchi, 1982; Spector et al.; 1991; Spector et al., 1993*).

In nur einer Studie wurden histologische Daten des gesunden und intakten N. buccalis ventralis, einem Mundast des Gesichtsnerven, bei Hunden erhoben (*Braund et al, 1991*). In einer weiteren Untersuchung wurden histomorphometrische Analysen am intakten sowie geschädigten Nervenstamm des N. facialis und des N. hypoglossus beim Menschen durchgeführt (*Asaoka et al, 1999; Kullman et al., 1971*).

Bisher ist jedoch in der Literatur noch keine Arbeit beschrieben, in welcher der Stamm des N. facialis und alle drei daraus hervorgehenden Hauptäste morphometrisch untersucht wurden. An dieser Stelle möchten wir unter anderem mit dieser Studie anknüpfen. Bei der vorliegenden Arbeit wird der gesamte periphere Verlauf des Nervus facialis untersucht.

1.2 Anatomische Grundlagen

1.2.1 Anatomischer Verlauf und Innervationsgebiete der extrakraniellen Äste des Nervus facialis des Hundes

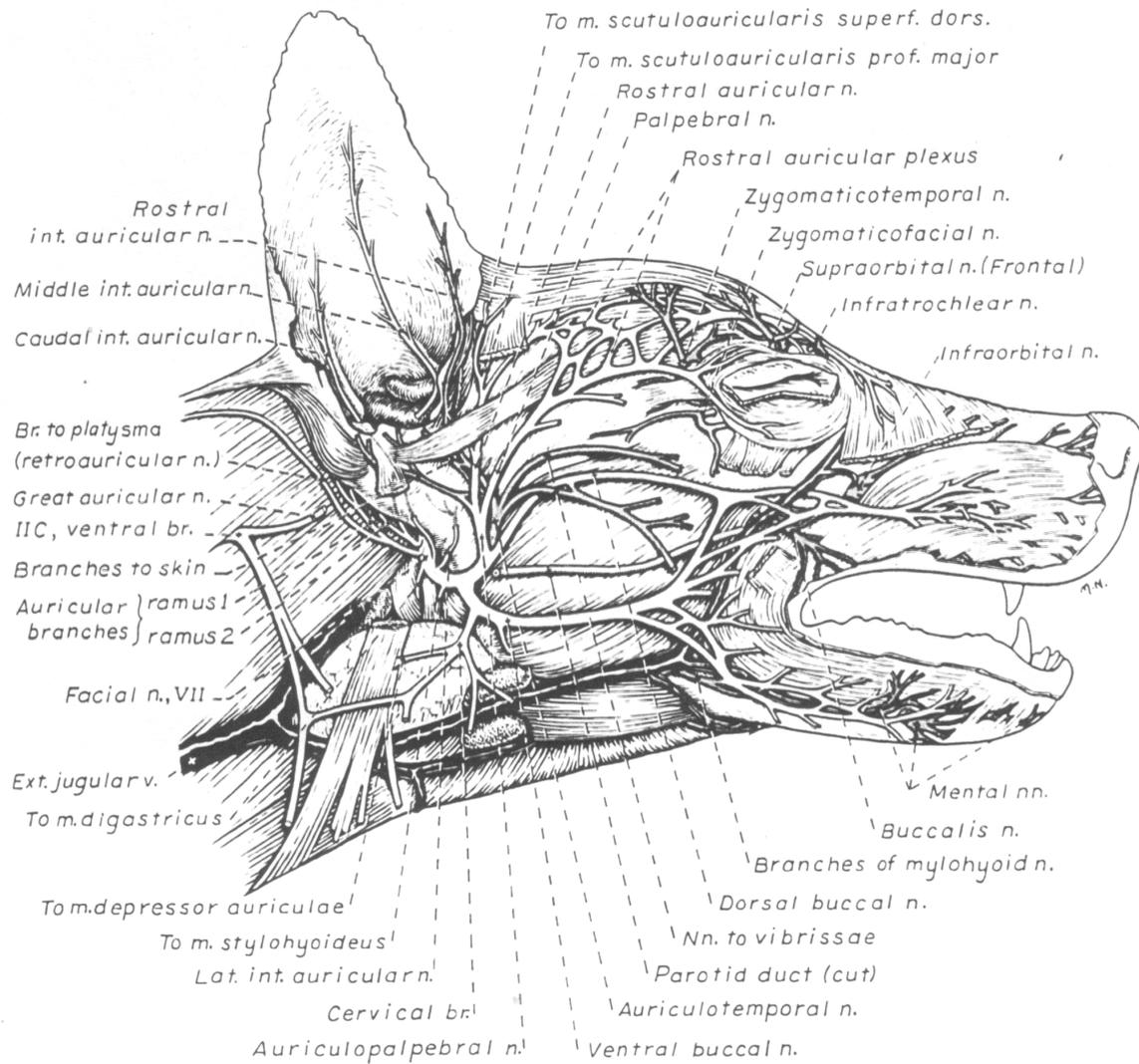


FIG. 10-10. Superficial branches of the facial and trigeminal nerves. Lateral aspect.

Abb. 1 Verlauf der extrakraniellen Äste des N. facialis und des N. trigeminus [aus Miller, 1977]

Der Nervus facialis (s. Abb. 1) gibt nach seinem Austritt aus dem Foramen stylomastoideum zunächst die paarigen Nn. auriculares caudales ab. Sie versorgen die retroauriculäre Muskulatur und geben einen Ast zu Teilen des Platysmas des Halses ab. Danach gehen der N. digastricus, welcher den Venter posterior des gleichnamigen Muskels innerviert und der N. stylohyoideus, welcher zum M. stylohyoideus zieht, ab.

Von größerer Bedeutung für die Studie sind die nun folgenden drei Aufzweigungen des N. facialis, die eigentlichen Terminaläste: N. auriculopalpebralis („Stirnast“), N. buccalis dorsalis („oberer Mundast“) und N. buccalis ventralis („unterer Mundast“), welcher nach ca. 1 bis 2cm den R. colli abgibt.

Der relativ kräftige N. auriculopalpebralis („Stirnast“) zieht in rostradorsaler Richtung um den Ohrmuschelgrund herum, über den Jochbogen hinweg zwischen M. temporalis und der Ohrmuskulatur zur Scheitelgegend. Er innerviert die rostrale auriculäre Muskulatur und die Muskulatur der Augenlider. Ungefähr ein bis zwei Zentimeter nach seinem Ursprung aus dem Hauptstamm spaltet sich der Nerv in den N. auricularis und den N. palpebralis, auch Ramus zygomaticus genannt, auf. Ersterer zieht am Rand des Ohrmuschelknorpels scheidelwärts und versorgt die Mm. scutuloauriculares superficialis dorsalis, scutuloauriculares profundus major und frontalis. Er besitzt zahlreiche Anastomosen zum N. auriculotemporalis, einem Ast des N. trigeminus. Der N. palpebralis verläuft über den Jochbogen hinweg zum Tuber frontale und zu den Augenlidern bis zu den Muskeln des Nasenrückens und ist zuständig für die motorische Innervation der Mm. orbiculares oculi, corrugator supercilii, sowie Teile des M. levator nasolabialis und maxillonasolabialis. Die Rami auricularis, wie auch die Zweige des N. palpebralis, bilden den Plexus auricularis rostralis im Bereich des lateralen Augenwinkels.

Die Aufgabelung in die beiden anderen Terminaläste des N. facialis erfolgt noch innerhalb der Parotisdrüse. Der N. buccalis dorsalis („oberer Mundast“) zieht rostradorsal, formt einen Bogen über den M. masseter hinweg, der fast parallel zum Jochbogen verläuft, und zieht weiter zur oberhalb der Mundöffnung gelegenen Muskulatur. Seine Fasern enden im M. orbicularis oris, M. maxillonasolabialis und M. buccinator. Es bestehen zahlreiche Anastomosen, sowohl zum N. buccalis ventralis im Bereich des Angulus oris als Plexus buccalis, als auch zum N. auriculotemporalis, N. buccalis und N. infraorbitalis des N. trigeminus.

Der N. buccalis ventralis („unterer Mundast“) verläuft zunächst in ventraler Richtung, um dann rostral auf der seitlichen Oberfläche des M. masseters entlang bis zur unterhalb der Mundöffnung gelegenen Muskulatur zu ziehen. Im Bereich des Angulus oris verzweigt er sich in zahlreiche Äste und ist zuständig für die Versorgung der unteren Anteile des M. orbicularis oris. Es bestehen hier wiederum einige Anastomosen zum N. mylohyoideus und N. mentalis des N. trigeminus.

Ungefähr ein bis zwei Zentimeter nach Verlassen des Hauptstammes gibt der Nervus buccalis ventralis („unterer Mundast“) den Ramus colli –einen Zervikalast- ab. Dieser

verläuft in kaudoventraler Richtung durch die Parotisdrüse hindurch, verästelt sich in der Parotis und im Bereich des Kehlkopfes und innerviert den M. depressor auriculae, sowie Teile des Halsplatysmas. Es sind Anastomosen zum N. buccalis ventralis („unterer Mundast“) und N. trigeminus vorhanden. (*Ellenberger und Baum, 1974; Nickel, Schummer und Seiferle, 1975; Miller, 1977*)

1.2.2 Anatomischer Aufbau eines peripheren Nervs

Periphere Nerven bestehen aus Nervenfaserbündeln, die durch Bindegewebe zusammengehalten werden. Es überwiegen in der Regel markhaltige Nervenfasern.

Folgende Bindegewebescheiden umhüllen den Nerv (s. Abb. 2):

-das **Epineurium** besteht aus dichtem Bindegewebe, welches den Nerv als Ganzes umfasst; von ihm dringen gefäßführende Bindegewebescheiden zwischen die Nervenfaserbündel.

-das **Perineurium** bildet eine Perineuralscheide, die jedes Nervenfaserbündel umhüllt; sie ist mehrschichtig und besteht aus epithelartig angeordneten Zellen, welche miteinander durch tight junctions verbunden sind und für die meisten Makromoleküle eine Diffusionsbarriere bilden; zwischen den Perineurallamellen liegen spiralförmig verlaufende Kollagenfasern und elastische Fasern, welche dadurch eine gewisse Dehnung der Nerven zulassen.

-das **Endoneurium** besteht aus lockerem Bindegewebe sowie zarten retikulären Fasern und umgibt jede einzelne Nervenfaser; es führt Blutkapillaren, Mastzellen und Histiozyten (*Vital und Vallat, 1987; Junqueira und Carneiro, 1991*).

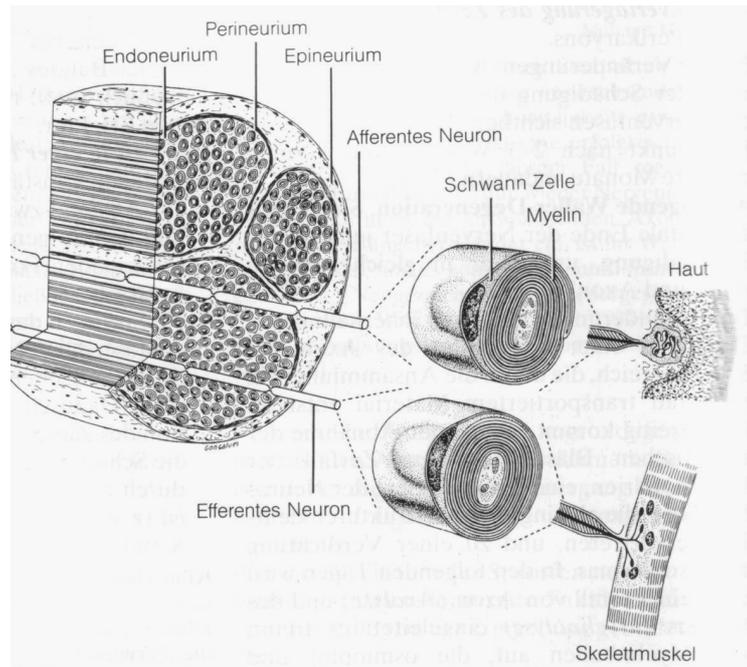


Abb. 2 Schematische Darstellung eines peripheren Nervs
[aus Junqueira und Carneiro, 1991]

1.2.3 Anatomischer Aufbau einer Nervenfasers

Jede Nervenfasers besteht aus einem **Axon** und einer dazugehörigen **Axonscheide**, einer speziellen Hülle, die im peripheren Nervensystem aus Schwann-Zellen und im ZNS aus Oligodendrozyten besteht.

Jede Nervenzelle hat nur ein Axon. Es handelt sich um einen zylindrischen Fortsatz, dessen Länge und Durchmesser vom Typ der Nervenzelle abhängt. Es lässt sich aufteilen in ein Anfangssegment, eine Hauptverlaufsstrecke und eine Endaufzweigung.

Das Anfangssegment ist immer axonscheidenfrei. Danach folgt die Hauptverlaufsstrecke, in welcher der Durchmesser des Axons auf ganzer Länge gleich bleibt. Das Zytoplasma des Axons wird als Axoplasma bezeichnet. Mit Ausnahme von Bläschen und wenigen Mitochondrien fehlen die üblichen Zellorganellen. Es kommen jedoch regelmäßig angeordnete parallel verlaufende Bündel von Mikrotubuli und Neurofilamenten vor, die axoplasmatischen Transportvorgängen dienen. Die Endaufzweigung (Telodendron) bildet den letzten Abschnitt des Axons. Sie ist in der Regel verzweigt und endet mit einer Anschwellung (bouton), die mit anderen Nervenzellen oder Effektoren, z.B. Muskelzellen Kontakt aufnehmen kann; es entstehen Synapsen.

Schwann-Zellen und Oligodendrozyten sind Gliazellen. Sie sind wie die Nervenzellen ektodermaler Herkunft. Diese Hüllzellen können Lamellen bilden. Alle Lamellen (Membranen) zusammen werden als „Mark“ oder „Myelin“ bezeichnet. In Abhängigkeit vom Vorkommen dieser Lamellen spricht man von markhaltigen und marklosen Nervenfasern.

Während der Entwicklung markhaltiger Nervenfasern im peripheren Nervensystem legt sich das Axon in eine Einbuchtung der Schwann-Zelle, welche es zu umfassen beginnt. Im Bereich der Einfaltung legen sich die Membranen der Schwann-Zellen aneinander und bilden das Mesaxon. In der Folgezeit verlagert sich das Mesaxon und wickelt sich wiederholt um das Axon, wobei die Zahl der Umwicklungen die Dicke der Myelinscheide bestimmt –und damit die Dicke der Nervenfasern (*Vital und Vallat, 1987; Junqueira und Carneiro, 1991*).

Bei Untergang oder Durchtrennung eines motorischen Nerven kommt es zur Wallerschen Degeneration der peripheren Axone des geschädigten Nerven. Das Axon und das Myelin zerfallen (Axolyse bzw. Myelinolyse). Die Markscheiden lösen sich in zahlreiche Fragmente auf (Myelinballen). Die Schwann-Zellen beginnen zu proliferieren und bilden sogenannte Büngner-Bänder, d.h. geschlossene Zellsäulen mit zusammenhängender Basalmembran, welche für eine -bei kontinuierlichem Wachstum- erfolgreiche Regeneration wichtig sind. Sie dienen als Leitschiene für die auswachsenden Axonsprossen. Es entstehen Gruppen von Axonen umgeben von Schwann-Zell-Zytoplasma, sog. axonale Cluster. Einige Axone davon werden später myelinisiert (*Laskawi et al., 1985; Vital und Vallat, 1987; Junqueira und Carneiro, 1991*).

1.3 Fragestellung

Aufgrund der nicht unerheblichen Gefahr einer Fazialisparese nach Parotisoperationen stellt sich die Frage, ob sich der Gesichtsnerv durch die Anwendung der Wasserstrahltechnik im Vergleich zu konventionellen Operationstechnik schonender darstellen und hierdurch die Komplikationsrate senken lässt. Hierzu ist es sinnvoll, eine morphologische sowie morphometrische Analyse durchzuführen, um den Einfluss der Wasserstrahlen auf die Nervenstruktur zu erfassen und auftretende Veränderungen zu dokumentieren.

In einer vorangegangenen Studie wurde der Hydro- Jet zur Ohrspeicheldrüsenchirurgie am Tiermodell Hund erprobt (*Magritz et al., 2001*). Die hierbei gewonnenen Nervenäste dienten als Untersuchungsmaterial vorliegender Arbeit.

•Folgende Fragen sollen anhand dieser Arbeit erörtert werden:

1. Wie stellt sich die Histomorphologie des Gesichtsnervenstammes und der drei daraus hervorgehenden Nervenäste beider Seiten, die mittels Wasserstrahltechnik operiert wurden, dar?
2. Haben unterschiedliche Düsendurchmesser/ Druckstärken des Wasserstrahls einen Einfluss auf die Morphologie/ Morphometrie der einzelnen Nervenäste?
3. Besteht ein Einfluss des Hydrojets auf die klinische Funktion?
4. Wie viel prozentualer Anteil der Nervenstruktur muss erhalten bleiben, um eine Funktion aufrecht erhalten zu können?

2 Material und Methoden

2.1 Material und Geräte

2.1.1 Nervenpräparate

Es wurden insgesamt 106 Präparate des N. facialis von 14 Hunden der Rasse Beagle [12 weiblich, 2 männlich, im Mittel 1,5 Jahre alt (Spannbreite 1-8 Jahre)] gewonnen. Die Nerven wiesen eine Länge von 0,3-0,7cm und einen Durchmesser von 0,7-0,9mm auf.

Bei zwölf der Hunde wurden der Hauptstamm des N. facialis sowie die daraus hervorgehenden Terminaläste N. auriculopalpebralis („Stirnast“), N. buccalis dorsalis („oberer Mundast“) und N. buccalis ventralis („unterer Mundast“) beider Seiten entnommen. Bei zwei weiteren Hunden wurde hingegen nur ein Teil der genannten Nerven entfernt.

Die Bestimmungen des Tierschutzgesetzes des Landes Schleswig- Holstein sind berücksichtigt und eingehalten worden.

2.1.2 Wasserstrahl-Dissektor

Für die Gewinnung der bei vorliegender Studie untersuchten Nerven, wurde ein Hydro- Jet „Müritz 1000“ der Firma Euromed Medizintechnik A. Pein, Schwerin, verwendet.

Die benutzten Punktstrahldüsen hatten einen Durchmesser von 120µm, 150µm und 200µm. Die Druckstärken variierten zwischen 40, 60 und 80bar (s. Tbl. 1). Als Schnittmedium diente eine 0,9-prozentige physiologische Kochsalzlösung mit einer Applikationstemperatur von ca. 21°C.

In Abhängigkeit der verschiedenen Parameter, wie Düsendurchmesser, Wasserstrahl- druck, Düsenkonfiguration und Schnittmediumtemperatur können mit dem Wasserstrahl Gewebestrukturen unterschiedlicher Festigkeit und Elastizität selektiv durchtrennt werden. Durch diesen gewebe- selektiven Effekt ist es möglich, dass bestimmte Gewebestrukturen, beispielsweise Gefäße, erhalten bleiben, während das weiche Parenchym aus der bindegewebigen Matrix herausgespült wird.

Druck	40bar	60bar	80bar
Düse			
120µm	12	12	24
150µm	12	12	24
200µm	2	3	5

Tbl. 1 Anzahl der präparierten Nervenäste in Abhängigkeit vom verwendeten Druck und Düsendurchmesser

2.1.3 Axiophot



Abb. 3 Photomikroskop „Axiophot“ (Fa. C. Zeiss, Oberkochen)

Ein Photomikroskop (s. Abb. 3) für Durchlicht- und Auflichtfluoreszenz der Firma C. Zeiss, Oberkochen, wurde benutzt, um die Fazialispräparate im Photo festzuhalten. Zur Herabsetzung der Helligkeit mussten verschiedene Neutralfilter hinzu geschaltet werden. Es wurde ein 40er Ölobjektiv zur Vergrößerung verwendet.

2.1.4 TGZ 3



Abb. 4 Zählmaschine „TGZ 3“ (Fa. C. Zeiss, Oberkochen)

Zur morphometrischen Auswertung wurde ein Gerät (s. Abb. 4) der Firma C. Zeiss, Oberkochen, verwendet. Mit dem TGZ 3 lassen sich Partikelgrößen ermitteln, z.B. der Nervenfaserdurchmesser (Axon inklusive Markscheide). Am Gerät wurde der verkleinerte Messbereich, eine lineare Teilchengröße- und Häufigkeitsverteilung eingestellt. Ein runder Lichtkegel diente als Messmarke, welcher mit der zu messenden Nervenfaser flächengleich in Einklang gebracht werden musste. War der Abgleich durchgeführt, so konnte durch Drücken einer Fußtaste der Zählvorgang auslöst werden.

2.2 Methode

2.2.1 Operation (Parotidektomie)

Im Rahmen einer vorangegangenen Studie (*Magritz et al., 2001*) wurden alle Hunde unter Intubationsnarkose mit einem Wasserstrahl-Dissektor beidseitig total parotidektomiert. Die Operation wurde zunächst auf einer Seite, und nach 10-14 Tagen auf der Gegenseite durchgeführt. Der Nervenstamm sowie die Nn. auriculopalpebrales („Stirnast“), buccales dorsales („oberer Mundast“) und buccales ventrales („unterer Mundast“) wurden nach einem festgelegtem Operationsplan mit dem Wasserstrahl-Dissektor mit unterschiedlichen Druck- und Düsenstärken einzeln präpariert und dargestellt (s. Tbl. 2). Hierbei wurde der Wasserstrahl möglichst tangential zum vermuteten Nervenverlauf gerichtet. Durch den Ausspüleffekt des Hydro-Jets auf das Parotisdrüsengewebe wurden daraufhin die einzelnen Fazialisäste, unter intakten Bindegewebesepren hindurch, in ihrem Verlauf sichtbar. Am

Ende wurde das noch vorhandene Parotisparenchym mit dem Water-Jet im Sinne einer totalen Parotidektomie entfernt.

Postoperativ wurden die Tiere täglich hinsichtlich der Funktion des N. facialis nachuntersucht. Hierfür fand ein modifizierter Fazialisparenindex nach *Stennert et al.* (1977) Verwendung. Die durchschnittliche Nachbeobachtungszeit betrug 21 Tage (min. 14, max. 32). Nach diesem Zeitraum wurde im Rahmen einer weiteren Operation der Nervus facialis beidseits konventionell chirurgisch dargestellt und Anteile des Stammes, der Nn. auriculopalpebrales („Stirnast“), buccales dorsales („oberer Mundast“) und buccales ventrales („unterer Mundast“) reseziert. Im Anschluss daran wurden die Hunde mit T-61® eingeschläfert.

Druck	40bar	60bar	80bar
Düse			
120µm	rechter Fazialisstamm n=12	rechter Stirnast n=12	rechter oberer und unterer Mundast n=24
150µm	linker Fazialisstamm n=12	linker Stirnast n=12	linker oberer und unterer Mundast n=24
200µm	rechter und linker Fazialisstamm n=2	rechter und linker Stirnast n=3	rechter und linker oberer sowie unterer Mundast n=5

Tbl. 2 Operationsplan zur Präparation der einzelnen Fazialisäste mit unterschiedlichen Düsen- sowie Druckstärken

2.2.2 Gewebepräparation

Die entnommenen Resektate des N. facialis wurden in eine 1,5%-ige phosphatgepufferte Glutaraldehydlösung eingelegt und bei +8°C gelagert. Danach wurde das Gewebe in einer Lösung nach *Monti Graziadei* fixiert (mit einer Endkonzentration von jeweils 0,06M Na-Cacodylatpuffer, 2% Glutaraldehyd, 0,6% Paraformaldehyd, 0,03% Kalziumchlorid) und weiterhin kühl gelagert. Anschließend erfolgte die Einbettung nach Standardmethode für elektronenmikroskopische (EM) Präparate: die einzelnen Gewebeproben wurden mit Cacodylatpuffer ausgewaschen (0,1M), kontrastiert, mit 1% Osmiumtetroxid gehärtet und in einer Ethanolreihe mit aufsteigender Konzentration entwässert. Um eine größere Vielfalt

der Nervenanschnitte zu erhalten, wurden die Präparate in der Mitte halbiert und beide Anteile zur weiteren Präparation genutzt. Zum Schluss erfolgte das Einbetten in Kunstharz (Araldit). Bei Anwendung dieses Verfahrens besteht die Möglichkeit, sowohl licht- als auch elektronenmikroskopische Untersuchungen durchführen zu können. Um morphometrische Analysen bezüglich Nervendurchmesser durchführen zu können, wurden Querschnitte angefertigt.

Da die Präparate zunächst nur mit dem Lichtmikroskop untersucht werden sollten, wurde eine semidünne Schnittdicke, d.h. von 0,7 bis 0,8µm, gewählt. Danach erfolgte die Färbung der Semidünnschnitte nach *Richardson* (Methylenblau-Azur II) zur Darstellung der Markscheiden. In ausgewählten Fällen wurden elektronenmikroskopische Bilder angefertigt. Die ultradünne Schnittdicke bei diesen Präparaten betrug 50nm.

2.2.3 Analyse der Morphologie/ Morphometrie der Nervenpräparate

Von den initial gewonnenen 106 Nervenpräparaten standen nach Abschluss der Gewebefixation noch 102 Nervenpräparate zur weiteren Auswertung zur Verfügung. Vier Präparate mussten aufgrund von Präparationsfehlern verworfen werden.

Mit Hilfe des Photomikroskops „Axiophot“ wurden diese Nervenquerschnitte einzeln im Photo festgehalten.

Als Film fand ein Agfaortho Professional 25 für Schwarz-Weiß-Photographie Verwendung. Jeweils drei unterschiedliche Ausschnitte der einzelnen Nerven wurden mit einem 40er Öobjektiv photographiert. Wichtig war, eine Überlappung der Ausschnitte zu vermeiden. Damit repräsentierten drei verschiedene Photos jeweils einen Nerven.

Die Negative wurden entwickelt und vergrößert. Die Endvergrößerung wurde mittels Objektmikrometer auf 880x bestimmt.

Die Auszählung der Nervenfaserdurchmesser auf den Bildern erfolgte mit Hilfe des Gerätes „TGZ 3“. Die dadurch ermittelten Werte wurden automatisch einem Einzelzählwerk mit einem Raster von 1-48 zugeordnet und gezählt. Dieses Raster entsprach einem Messbereich von 0,4 bis 9,2mm.

Um nur jeweils einen definierten Ausschnitt der Photopositive auszuzählen, wurden zwei Gitterlinien von 14x22 cm auf die Photographien eingezeichnet. Unter Berücksichtigung der Regeln für „forbidden lines“ nach *Gundersen* (1977) wurden nun die Nervenfasern ausgezählt.

Das Auftreten von Alterationen im Nervengewebe wurde dokumentiert und später mit Hilfe von Fachliteratur analysiert. Generell galt bei nicht ganz runden Fasern, bzw. teils längs angeschnittenen Fasern, dass der kleinere (geringere) Durchmesser zu messen war. Bei dreiecksförmigen Fasern wurde die Basis gemessen. Kleeblattförmige Fasern, wie sie bei Anschnitten der paranodalen Regionen entstehen können, wurden nicht gezählt. Nach Beendigung der Ausmessung eines Photos wurden die Werte auf einem Auswertungsblatt notiert und später für die elektronische Datenverarbeitung übertragen.

2.2.4 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung der gemessenen Ergebnisse erfolgte mit Hilfe von Herrn Prof. Dr. Friedrich vom Institut für Medizinische Statistik und Dokumentation der Universität zu Lübeck.

Die Datenanalyse erfolgte mit Hilfe der kommerziellen Computerprogramme MS Excel®- und Sigma Plot®.

Zunächst wurden die einzelnen Werte umgerechnet anhand von vorgegebenen Intervallgrenzen des TGZ 3 und der ermittelten Endvergrößerung (s. Anhang Tbl. 5), so dass eine Zuordnung der Einzelwerte zu Durchmessern von 1µm bis zu 11µm stattfinden konnte. Alle Nervenfasern, die einen kleineren Durchmesser als 1µm aufzuweisen hatten, fielen mit in die Wertung 1µm, respektive alle, die einen größeren Durchmesser als 11µm hatten, wurden zu 11µm hinzugezählt.

Die mittels MS Excel® erstellten Daten wurden zur Darstellung von Liniendiagrammen genutzt. Nach Auswertung der absoluten Faseranzahl bezogen auf die einzelnen Faserdurchmesser wurden zur Darstellung der relativen Verteilung die ermittelten Daten in Prozent zur absoluten Faseranzahl angegeben. Auf diese Weise konnte eine Vorfilterung der einzelnen Nervenäste stattfinden, d.h. wenn diese aus dem üblichen zu erwartenden Verteilungsmuster stark herausfielen wurden sie aus der Wertung genommen und gesondert analysiert.

Weiterhin wurde die nun erhobene Datenmenge zur Anfertigung von Bar-Chart-Graphiken nach Sigma Plot® kopiert. Zusätzlich wurde zur statistischen Evaluation der Test nach *Kolmogoroff* und *Smirnow* angewandt, welcher zum Vergleich zweier unabhängiger Stichproben dient. Es wurden Testwerte für die einzelnen Fazialisäste -Stamm, Stirn- und Mundäste- errechnet (s. Anhang Tbl. 8). Um die Aussage treffen zu können, dass die

jeweiligen Fazialisäste der rechten und der linken Seite aus jeweils der gleichen Grundgesamtheit entstammen, erfolgte eine kumulierte Darstellung der Faseranzahl in Prozent bezogen auf die Faserdurchmesser. Wurde bei direktem Vergleich der Kurvenverläufe der berechnete Testwert nicht überschritten, so wurde davon ausgegangen, dass die Äste beider Seiten aus der gleichen Grundgesamtheit stammen.

3.1 Morphologische Charakteristika

Vier der 106 Nervenpräparate mussten nach der Gewebepräparation aufgrund von präparationsbedingten Fehlern verworfen werden, so dass insgesamt 102 Nervenpräparate zur weiteren Auswertung zur Verfügung standen.

Bei allen verbliebenen Nervenpräparaten, die mit einem Düsendurchmesser von 120 (n=48) bzw. 150µm (n=44) dargestellt wurden, zeigten sich makroskopisch keine Kontinuitätsunterbrechungen der intakten Nervenstruktur. Mikroskopisch sah man ein zum Teil aufgelockertes Epineurium, ein jedoch intaktes Perineurium mit in der Regel erhaltenen endoneuralen Gefäßen (s. Abb. 5). Das endoneurale Gewebe präsentierte sich überwiegend in seiner Struktur erhalten, wies jedoch bei einigen Nervenästen zum Teil ausgeprägte Alterationen auf, deren Charakteristika im Folgenden näher beschrieben werden.

Bei insgesamt 22 Nervenästen zeigten sich einige durch histologische Aufarbeitung bedingte Veränderungen, wie vereinzelte Schrumpfarthefakte oder Einblutungen. Bei manchen erschienen einige Axone ausgefüllt („Kugellagerphänomen“), teilweise auch mit Vakuolen versehen (s. Abb. 6). Einige Nervenfasern wiesen Markscheiden auf, die verdickt und nach innen eingefaltet imponierten (s. Abb. 7). Auch diese Alterationen sind typische bei der histologischen Präparation des Gewebes entstandene Artefakte.

Zum anderen präsentierten sich histologische Besonderheiten, die in allen Fällen nicht durch die Gewebepräparation bedingt erklärbar waren.

Darunter fielen insgesamt 8 Nervenäste. Sieben davon zeigten sich klinisch intakt (s. Tbl. 4, Seite 32). Fünf dieser Nerven entstammten der rechten Seite und wurden mit einem Düsendurchmesser von 120µm präpariert. Die zwei Nerven der linken Seite wurden mit einem Düsendurchmesser von 150µm dargestellt. Morphologisch bot sich bei allen 5 Nervenästen der rechten Seite eine deutliche Reduktion an normal myelinisierten Nervenfasern. Statt dessen zeigten sich sehr viele kleine, nur dünn myelinisierte, gehäuft in Gruppen auftretende Fasern. Große Anteile des endoneuralen Gewebes erschienen im Sinne einer Fibrose alteriert (s. Abb. 8, s. Pkt. 3.2.2.1 ff). Auch bei den geschädigten Nervenästen der linken Seite -zwei Stirnäste- zeigte sich das endoneurale Bindegewebe zu einem großen Teil stark fibrosiert. Die epineuralen Gefäße waren erhalten. Es war ein

deutlicher Nervenfaserverlust zu verzeichnen. Zusätzlich ließen sich noch wenige in Wallerscher Degeneration befindliche Fasern erkennen (s. Abb. 9, s. Pkt. 3.2.2.1.4).

Nur ein Nervenast zeigte sich postoperativ paretisch. Er wurde mit einem Düsendurchmesser von 150µm dargestellt. Histologisch sah man kaum noch erhaltene endoneurale Nervenstrukturen. Es waren nur vereinzelte Nervenfasern zu sehen. Das Endoneurium war fast komplett durch fibrotisches Bindegewebe ersetzt, welches sich kaum von der Perineuralscheide abgrenzen ließ. Nur sehr wenige in Regeneration befindliche Nervenfasern, welche in Gruppen angeordnet auftraten, ließen sich finden. Daneben befanden sich Abbauprodukte wie Myelinballen, welche typischerweise bei degenerativen Prozessen entstehen (s. Abb. 10, s. Pkt. 3.2.2.2.1).

Eine weitere Ausnahme bildeten die mit einem Düsendurchmesser von 200µm präparierten zehn Nervenäste. Auch hier konnte bei keinem der Äste makroskopisch eine Unterbrechung der Kontinuität erkannt werden. Die klinisch noch funktionstüchtigen Nerven (n=8) zeigten jedoch mikroskopisch eine teilweise aufgelockerte Nervenstruktur. Zum Teil fanden sich sehr große endoneurale Zwischenräume. Anteile des epineuralen Bindegewebes waren ebenfalls betroffen. Das Perineurium erschien im Vergleich zu den als morphologisch intakt definierten Nervenästen ausgedünnt. Insgesamt erschienen die Nervenfasern wie aufgeschwemmt und vergrößert im Vergleich zu jenen, welche mit einem Düsendurchmesser von 120 bzw. 150µm präpariert wurden. Häufig fanden sich keine typisch runden Nervenfasern mehr (s. Abb. 11, s. Pkt. 3.2.3.1).

Bei zwei der zehn mit dem Düsendurchmesser von 200µm behandelten Ästen kam es postoperativ zu einer Parese: Der Stirnast wurde mit einem Druck von 60bar, der Mundast mit 80bar präpariert. Mikroskopisch erwies sich die Nervenstruktur als stark zerstört. Es zeigte sich eine ausgedehnte Fibrose. Normales Nervengewebe war kaum erkennbar. Eine Trennung von peri- und endoneuralen Strukturen war nicht mehr möglich. Nur vereinzelt waren intakt aussehende Nervenfasern erhalten geblieben. Im Gegensatz dazu waren viele sich in Regeneration befindliche Fasern zu verzeichnen, die axonale Sprossenbildung und schwach myelinisierte Fasern in Gruppen aufwiesen. Bei beiden Nervenästen fehlten hingegen oben beschriebene endoneurale Zwischenräume (s. Abb. 12, s. Pkt. 3.2.3.2).

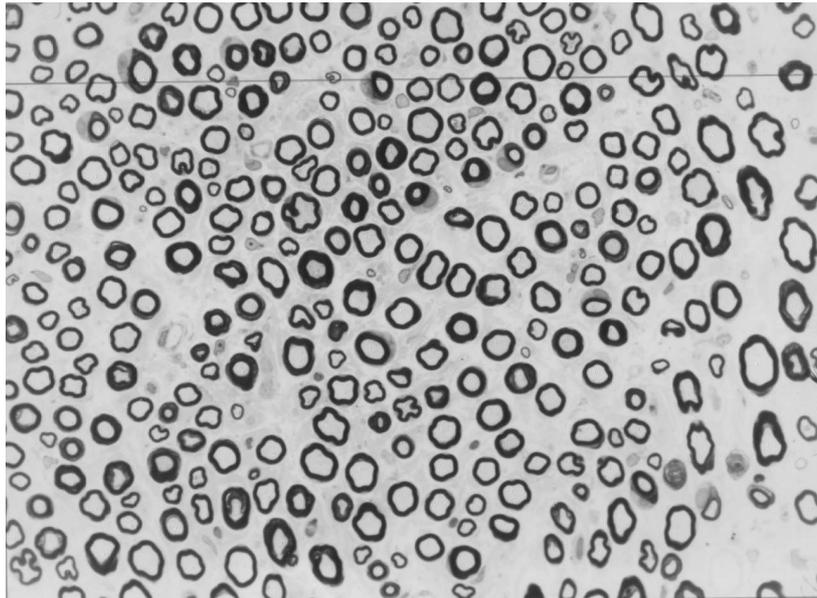


Abb. 5 Ausschnitt aus einem histologisch intakten Stirnast der rechten Seite nach Präparation mit einem Düsendurchmesser von 120µm und einem Druck von 60bar (Semidünnschnitt, Originalvergrößerung x 880)

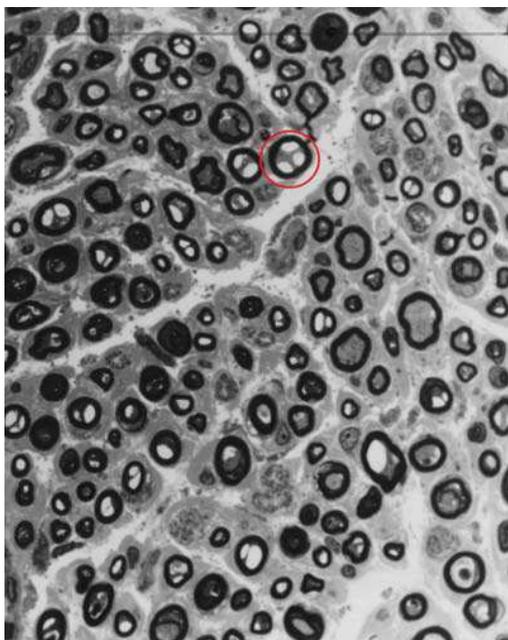


Abb. 6 Ausschnitt aus zwei klinisch intakten Nervenästen zur Demonstration durch Gewebepreparation bedingte Alterationen: „Kugellagerphänomen“, beispielhaft rot eingekreist (Abb.6) / nach innen gefaltete Markscheiden, beispielhaft rot eingekreist (Abb. 7) (jeweils Semidünnschnitt, Originalvergrößerung x 880)

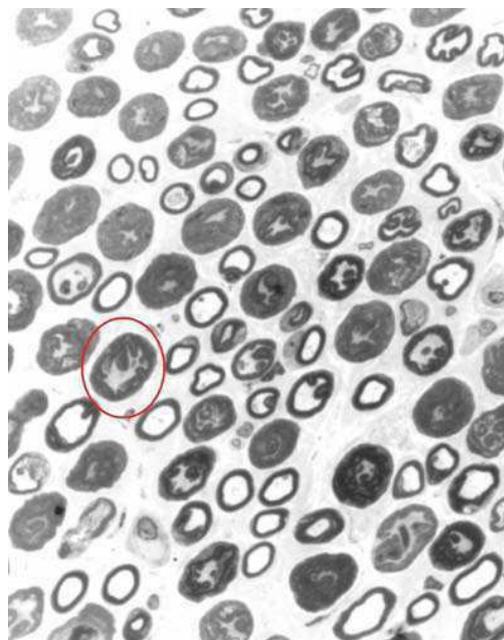


Abb.7

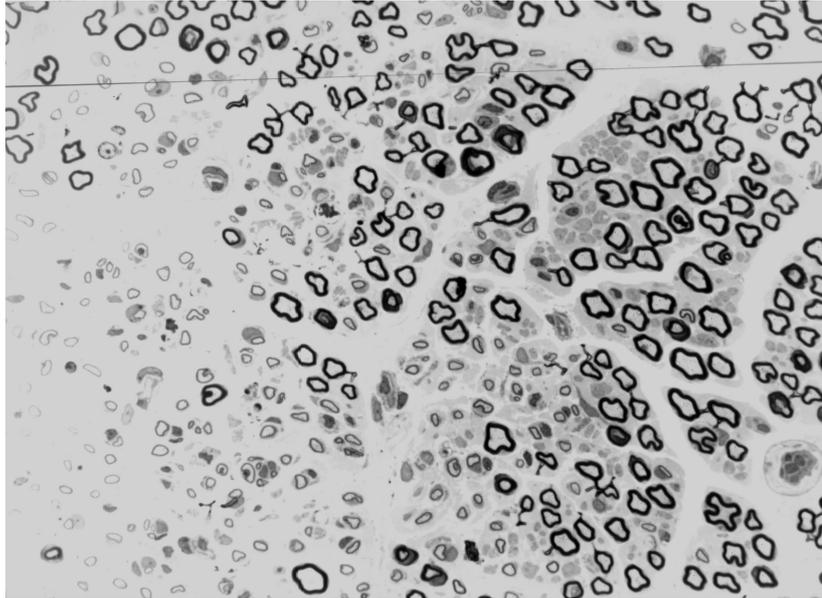


Abb. 8 Ausschnitt aus einem histologisch geschädigten, jedoch klinisch intaktem oberem Mundast der rechten Seite nach Präparation mit einem Düsendurchmesser von 120 μ m und einem Druck von 80bar mit einem Nervenfaserverlust (Semidünnschnitt, Originalvergrößerung x 880)

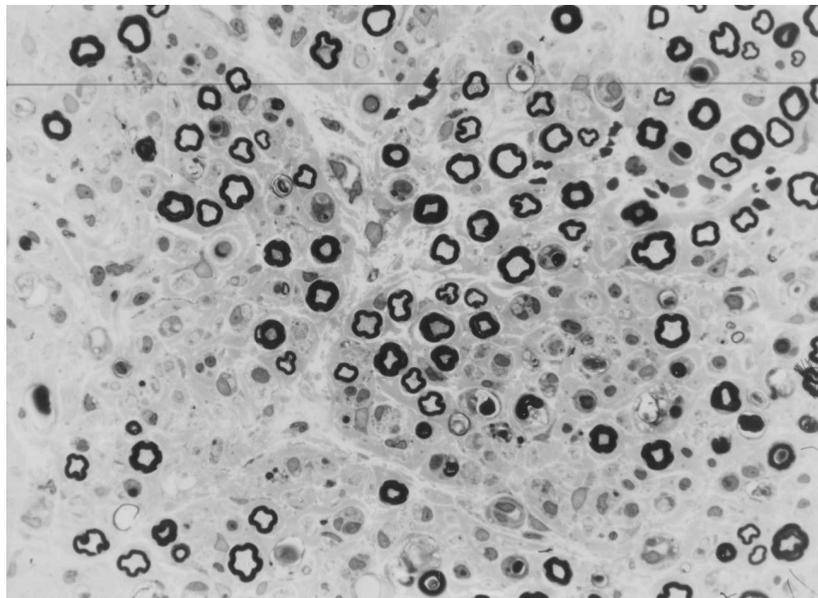


Abb. 9 Ausschnitt aus einem histologisch geschädigten, jedoch klinisch intaktem Stirnast links nach Präparation mit einem Düsendurchmesser von 150 μ m und einem Druck von 60bar mit einem Nervenfaserverlust (Semidünnschnitt, Originalvergrößerung x 880)

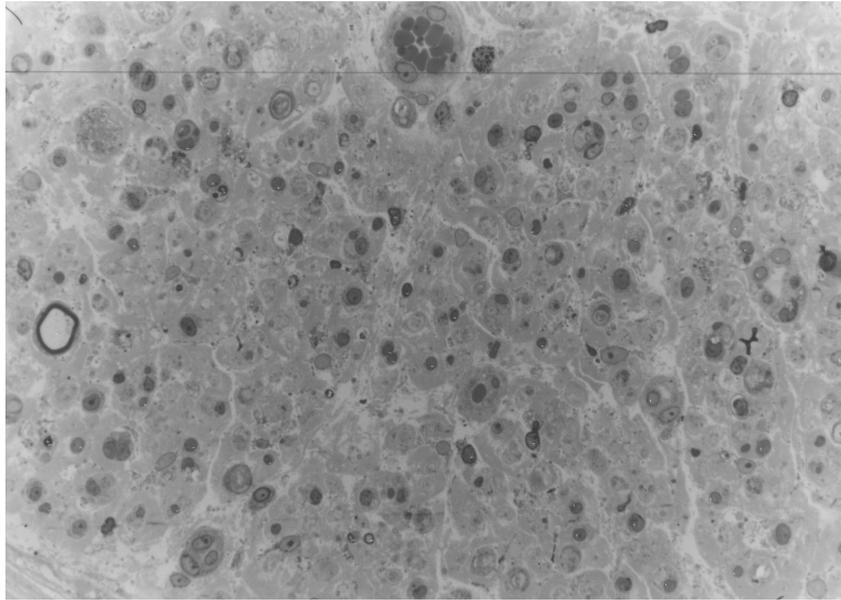


Abb. 10 Ausschnitt aus einem histologisch schwer geschädigten, klinisch paretischem Stirnast links nach Präparation mit einem Düsendurchmesser von 150µm und einem Druck von 60bar mit ausgedehnter Fibrose (Semidünnschnitt, Originalvergrößerung x 880)

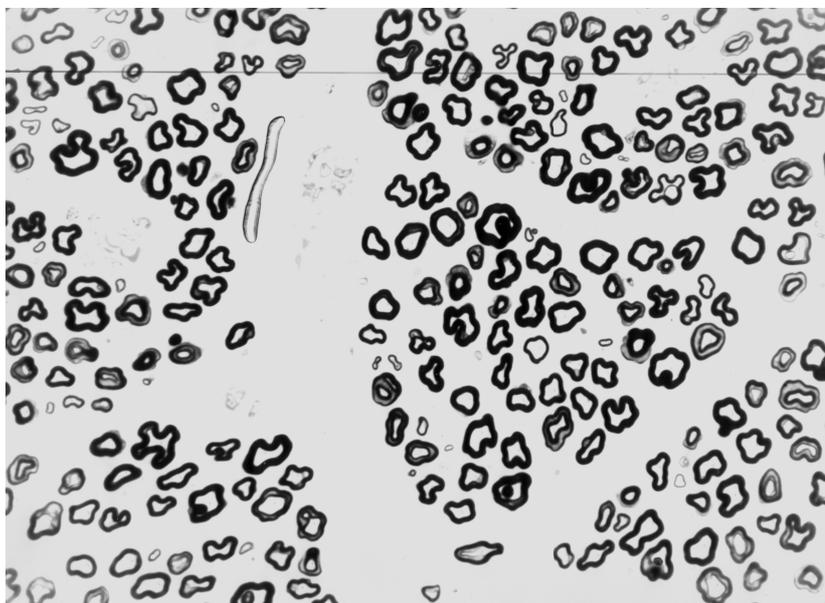


Abb. 11 Ausschnitt aus einem histologisch geschädigten, jedoch klinisch intaktem Stirnast links nach Präparation mit einem Düsendurchmesser von 200µm und einem Druck von 60bar mit großen endoneuralen Zwischenräumen (Semidünnschnitt, Originalvergrößerung x 880)

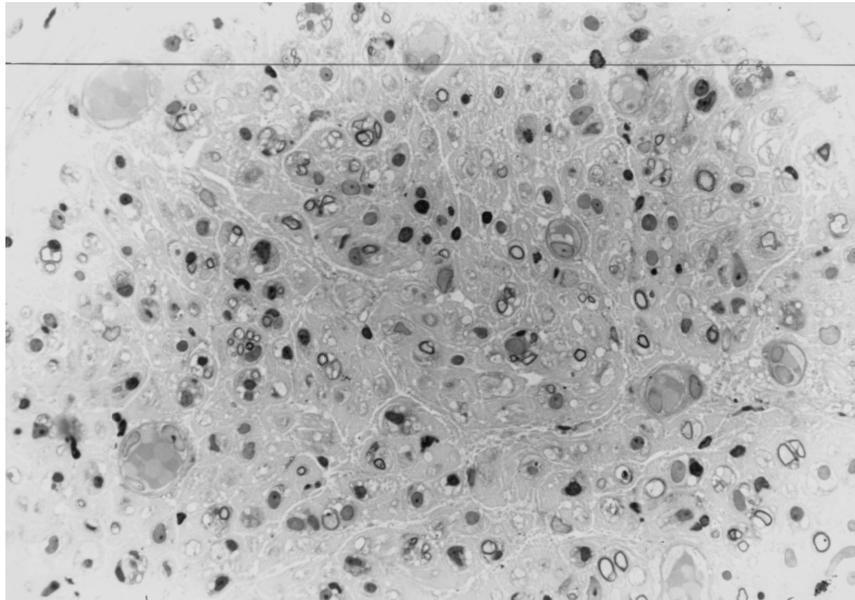


Abb. 12 Ausschnitt aus einem histologisch schwer geschädigten, klinisch paretischem Stirnast rechts nach Präparation mit einem Düsendurchmesser von 200µm und einem Druck von 60bar mit ausgeprägter Fibrose (Semidünnschnitt, Originalvergrößerung x 880)

3.2 Morphometrische Befunde

3.2.1 Morphologisch unauffällige Nerven bei Anwendung der Düsendurchmesser 120/ 150µm

3.2.1.1 Hauptstamm (Druckstärke 40bar)

Von ehemals 24 Fazialisstämmen kamen insgesamt 22 in die Auswertung. Zwölf Nerven, welche der rechten Seite entstammten, wurden mit einem Düsendurchmesser von 120µm, 10 der Gegenseite mit einem Düsendurchmesser von 150µm präpariert. Zwei Nervenäste der linken Seite mussten aufgrund von histologischen Präparationsfehlern verworfen

werden. Alle restlichen 22 Stämme zeigten sich sowohl klinisch als auch morphologisch unauffällig.

Rechte wie linke Nervenstämme weisen einen ähnlichen mittleren Faserdurchmesser auf (re $6,18 \pm 0,43 \mu\text{m}$ Standardabweichung (SD) versus li $6,13 \pm 0,52 \mu\text{m}$ SD) (s. Anhang Tbl. 6). Überwiegend liegt die Faserverteilung bei einem Durchmesser von 5 bis $8 \mu\text{m}$ (re 75% vs. li 76%), wovon der Hauptanteil der Fasern zwischen 6 und $7 \mu\text{m}$ (re 44% vs. li 46%) zu finden ist (Abb. 13).

Anhand des *Kolmogoroff und Smirnow*-Test lässt sich beweisen, dass beide Nervenstämme aus der gleichen Grundgesamtheit stammen. Für die beiden Stämme errechnet sich ein Testwert von 6. Da dieser Wert bei einem direkten Kurvenvergleich nicht überschritten wird, lässt sich folgern, dass die Nervenstämme aus der gleichen Grundgesamtheit stammen. (s. Anhang Tbl. 8)

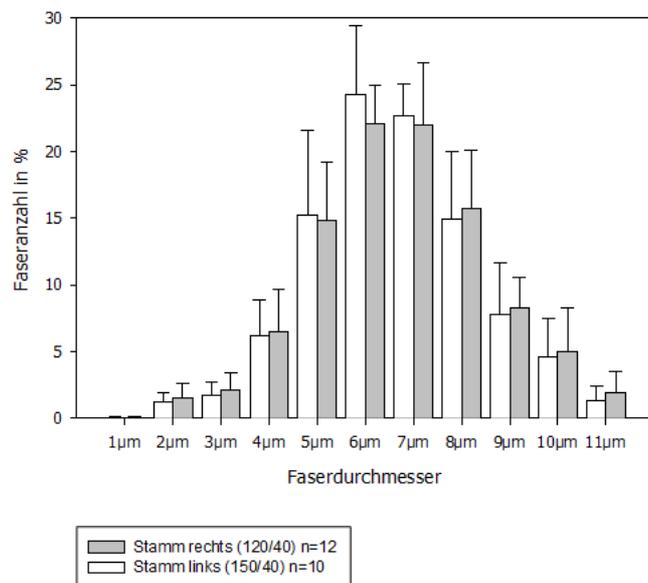


Abb. 13 Vergleich der Düsendurchmesser 120 und $150 \mu\text{m}$ bei Druckstärke 40bar [angegeben sind Mittelwert (MW) und Standardabweichung (SD), in Klammern angefügt sind Düsendurchmesser (DD)/ Druckstärke (DS)]

3.2.1.2 Stirnast (Druckstärke 60bar)

Vergleichbare Befunde fanden sich bei den Stirnästen beider Seiten. Von ursprünglich vorhandenen 24 Stirnästen waren insgesamt 20 morphologisch intakt und funktionstüchtig. Elf der Nervenäste entstammten der rechten, neun der linken Seite. Die Stirnäste der rechten Seite und wurden mit einem Düsendurchmesser von 120µm behandelt, die Äste der Gegenseite mit einem Düsendurchmesser von 150µm dargestellt.

Ein Nervenast der rechten Seite sowie drei der Gegenseite zeigten sich histologisch geschädigt und wurden daher gesondert ausgewertet (s. Pkt. 3.2.2.1.1, Abb. 23; Pkt. 3.2.2.1.4, Abb. 26; Pkt 3.2.2.2.1, Abb. 27).

Der mittlere Faserdurchmesser beider Seiten ist vergleichbar (re 6,4 ±0,49µm SD vs. li 6,44 ±0,51µm SD) (s. Anhang Tbl. 6). Der Hauptanteil der Fasern fällt auf die Durchmesser 6 bis 8µm (re 57% vs. li 57%) (Abb. 14).

Anhand des *Kolmogoroff und Smirnow*-Test lässt sich beweisen, dass rechte und linke Stirnäste aus der gleichen Grundgesamtheit stammen. Für die beiden Stirnäste errechnet sich ein Testwert von 6. Da dieser Wert bei einem direkten Kurvenvergleich nicht überschritten wird, lässt sich folgern, dass die Äste aus der gleichen Grundgesamtheit stammen. (s. Anhang Tbl. 8)

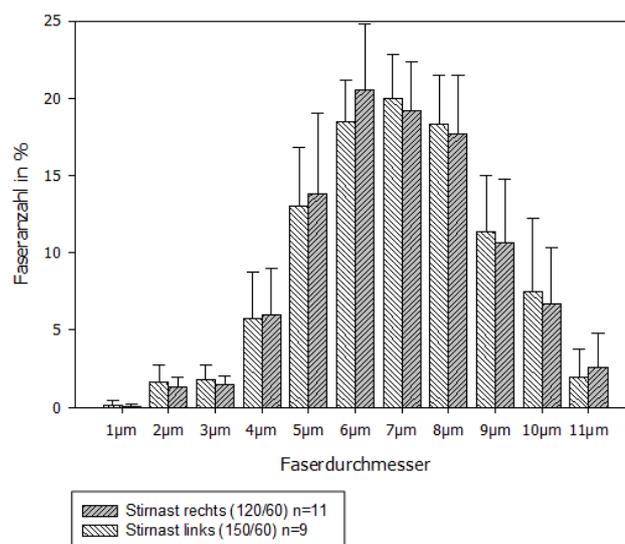


Abb. 14 Vergleich der Düsendurchmesser 120 und 150µm bei Druckstärke 60bar [angegeben sind MW und SD, in Klammern angefügt DD/DS]

3.2.1.3 oberer Mundast (Druckstärke 80bar)

Ebenso zeigten sich bei den oberen Mundästen kaum Seitendifferenzen. Von ehemals 24 wurden 21 obere Mundäste, die sich sowohl klinisch als auch morphologisch unauffällig zeigten, in die Wertung einbezogen. Zehn entstammten der rechten und 11 der linken Seite. Zwei Nervenäste der rechten Seite zeigten sich histologisch geschädigt und wurden gesondert ausgewertet (s. Pkt. 3.2.2.1.2, Abb. 24).

Ein Nervenast der linken Seite musste wegen gewebepräparationsbedingten Artefakten verworfen werden.

Wie bei allen zuvor genannten Nervenästen kamen auf der rechten Seite ein Düsendurchmesser von 120 μ m und auf der Gegenseite von 150 μ m zur Anwendung

Der mittlere Faserdurchmesser dieser Gruppe liegt bei 5,66 (\pm 0,51 μ m SD) für die rechte Seite und bei 5,69 (\pm 0,51 μ m SD) für die Gegenseite (s. Anhang Tbl.6). Der Hauptanteil der Fasern zeigt sich bei Faserdurchmessern von 5 bis 7 μ m (re 73% vs. li 72%). Davon liegen 28% der Fasern beider Seiten bei einem Durchmesser von 6 μ m (Abb. 15).

Anhand des *Kolmogoroff und Smirnof*-Test lässt sich beweisen, dass rechte und linke obere Mundäste aus der gleichen Grundgesamtheit stammen. Für die beiden Mundäste errechnet sich ein Testwert von 5. Da dieser Wert bei einem direkten Kurvenvergleich nicht überschritten wird, lässt sich folgern, dass die Äste aus der gleichen Grundgesamtheit stammen. (s. Anhang Tbl. 8)

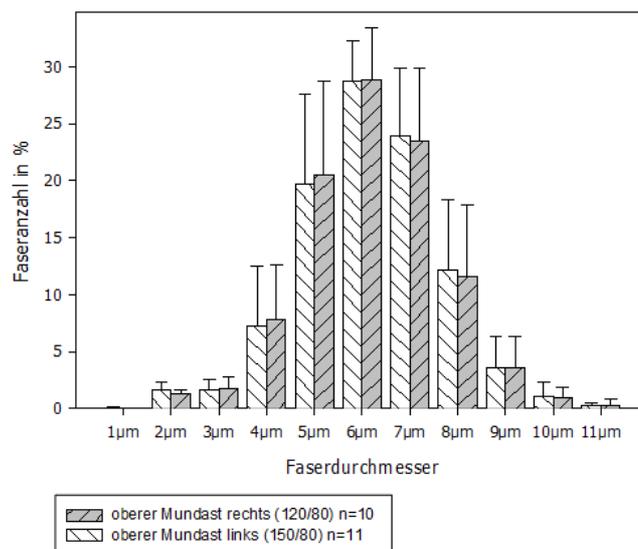


Abb. 15 Vergleich der Düsendurchmesser 120 und 150 μ m bei Druckstärke 80bar [angegeben sind MW und SD, in Klammern angefügt DD/DS]

3.2.1.4 unterer Mundast (Druckstärke 80 bar)

Ähnliche Ergebnisse finden sich bei beiden unteren Mundästen der rechten und linken Seite. Hier kamen von ursprünglich 24 Nervenästen 21 in die Auswertung, 10 der rechten und 11 der linken Seite. Zwei Mundäste der rechten Seite wiesen histologische Schädigungen auf und wurden gesondert ausgewertet (s. Pkt. 3.2.2.1.3, Abb. 25). Ein linker Nervenast konnte nicht analysiert werden, da sich histologische Präparationsfehler zeigten. Alle verbliebenen waren hinsichtlich ihrer Funktion und Morphologie als intakt einzustufen.

Die unteren Mundäste der rechten Seite wurden mit einem Düsendurchmesser von 120µm dargestellt und die der linken mit einem Düsendurchmesser 150µm präpariert.

Der mittlere Faserdurchmesser dieser Äste ist vergleichbar mit denen der oberen Mundäste (re $5,6 \pm 0,26\mu\text{m}$ SD vs. li $5,65 \pm 0,52\mu\text{m}$ SD) (s. Anhang Tbl. 6). Die meisten Fasern entfallen auf die Durchmesser 5 bis 7µm (re 74% vs. li 71%). Es imponiert insbesondere der Faserdurchmesser von 6µm (re 30% vs. li 28%) (Abb. 16). Anhand des *Kolmogoroff und Smirnow*-Test lässt sich beweisen, dass rechte und linke Mundäste aus der gleichen Grundgesamtheit stammen. Für die beiden Mundäste errechnet sich ein Testwert von 5. Da dieser Wert bei einem direkten Kurvenvergleich nicht überschritten wird, lässt sich folgern, dass die Äste aus der gleichen Grundgesamtheit stammen. (s. Anhang Tbl. 8)

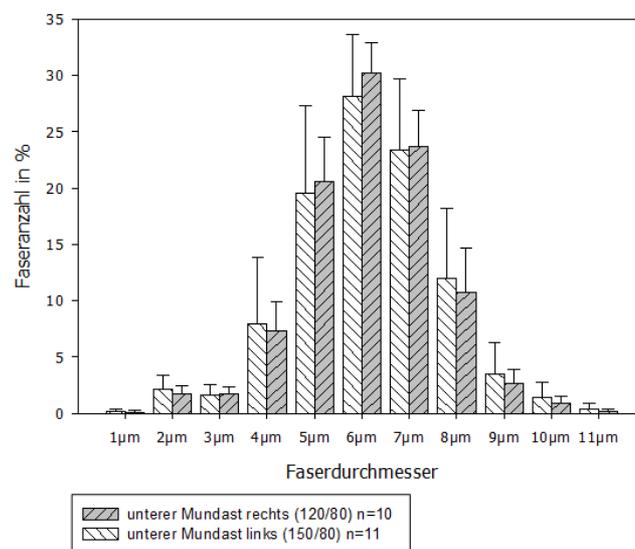


Abb. 16 Vergleich der Düsendurchmesser 120 und 150µm bei Druckstärke 80bar [angegeben sind MW und SD, in Klammern angefügt DD/DS]

3.2.1.5 Einfluss der unterschiedlichen Düsendurchmesser 120 und 150µm

In den Abbildungen 17 und 18 erfolgt eine Darstellung im Liniendiagramm. Zur besseren Verständlichkeit wird die kumulierte Summenhäufigkeit der Faserdurchmesser dargestellt. Hierbei lässt sich erkennen, dass die mit 120 und 150µm Düsendurchmesser bearbeiteten Mundäste der rechten und linken Seite eine nahezu identische Summenhäufigkeit der Faserdurchmesser haben. Ähnliches gilt für die Hauptstämme und Stirnäste beider Seiten. Hier zeigt sich jeweils nur eine geringe Differenz der Summenhäufigkeit der Faserdurchmesser (s. Abb. 17).

Fasst man alle Nervenäste, die mit einem gleichen Düsendurchmesser dargestellt wurden, zusammen, ungeachtet der unterschiedlichen Druckstärken, zeigt sich, dass die Summenhäufigkeit der Faserdurchmesser der mit einem Düsendurchmesser von 120 und 150µm präparierten Nervenäste nahezu identisch ist (s. Abb. 18).

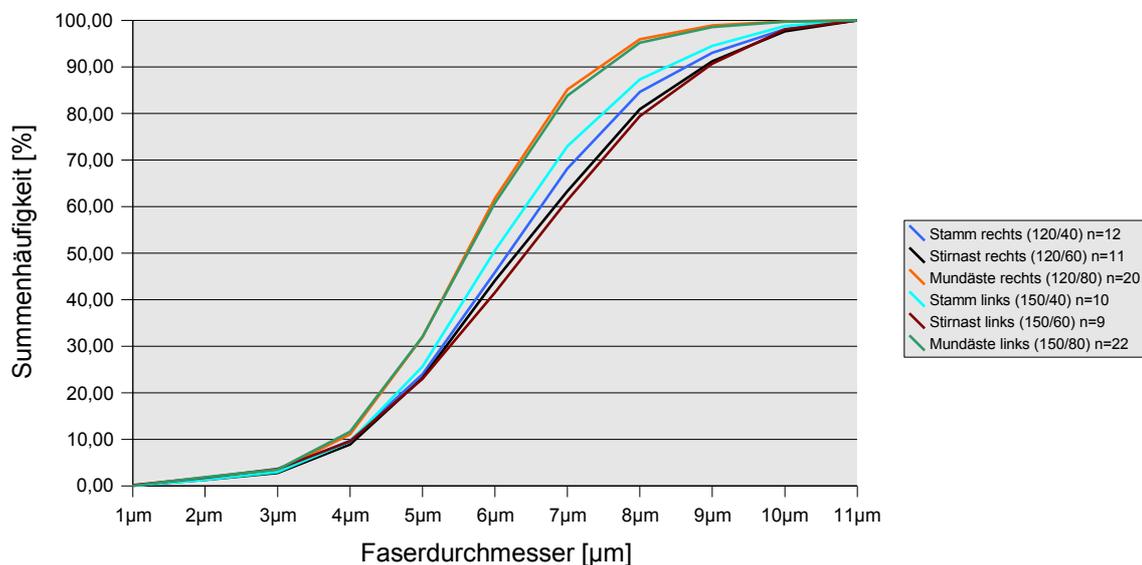


Abb. 17 Vergleich der Düsendurchmesser 120 und 150µm bei Druckstärken 40, 60 und 80bar
[angegeben ist die kumulierte Summenhäufigkeit der Faserdurchmesser in Prozent, in Klammern angefügt DD/DS]

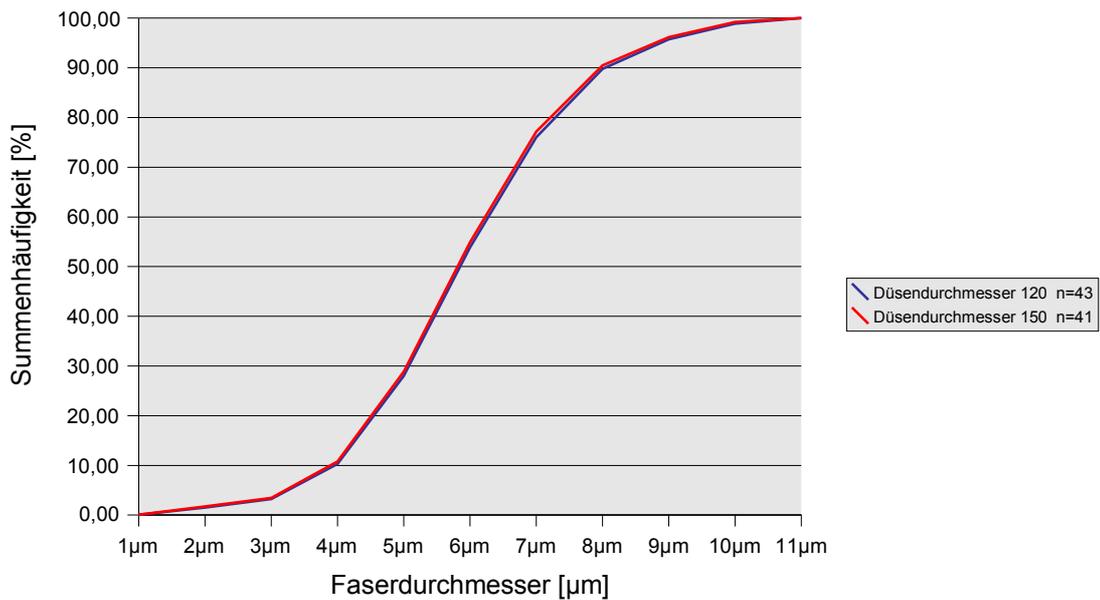


Abb. 18 Vergleich Düsendurchmesser 120 und 150µm [angegeben ist die kumulierte Summenhäufigkeit der Faserdurchmesser in Prozent]

3.2.1.6 Einfluss der unterschiedlichen Druckstärken (40/ 60/ 80bar) bei 120 bzw. 150µm Düsendurchmesser

Es lassen sich anhand der Histogramme einige Unterschiede in der jeweiligen Faserverteilung aufzeigen. Im Vergleich zum Fazialisstamm, der seinen Hauptteil der Nervenfasern im Bereich der Faserdurchmesser 5 und 8µm zu verzeichnen hat, fallen beim Stirnast über die Hälfte der Fasern auf die Durchmesser 6 bis 8µm. Hingegen liegt der Hauptanteil des oberen sowie unteren Mundastes im Bereich der Faserdurchmesser 5 bis 7µm (s. Abb. 19 und 20).

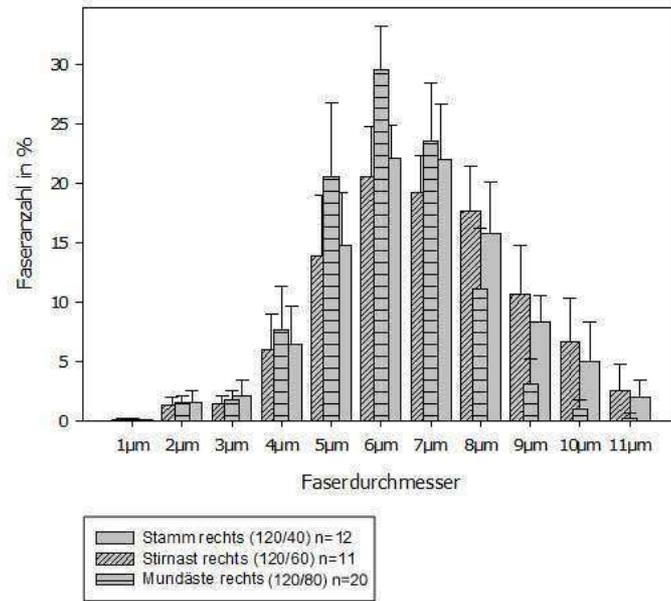


Abb. 19 Vergleich der Druckstärken 40, 60, 80bar bei Düsendurchmesser 120µm [angegeben sind MW und SD, in Klammern angefügt DD/DS]

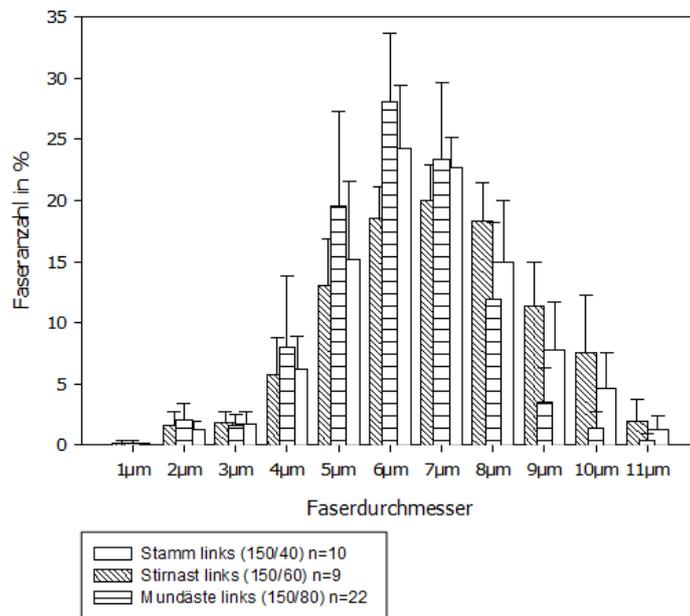


Abb. 20 Vergleich der Druckstärken 40, 60, 80bar bei Düsendurchmesser 150µm [angegeben sind MW und SD, in Klammern angefügt DD/DS]

Zur besseren Anschaulichkeit erfolgt die Darstellung im Liniendiagramm (Abb. 21). Es wird die kumulierte Summenhäufigkeit der Faserdurchmesser dargestellt.

Im Vergleich zu den mit einer Druckstärke von 40bar präparierten Nervenästen (Fazialisstamm) lässt sich erkennen, dass es zu einer Linksverschiebung zu kleineren Faserdurchmessern hin für die mit einer Druckstärke von 80bar behandelten Mundäste kommt. Hingegen zeigt sich eine Rechtsverschiebung zu größeren Durchmessern hin für die mit einer Druckstärke von 60bar dargestellten Stirnäste. Fasst man nun Stirn- und Mundäste zusammen (Druckstärke 60 und 80bar), ergibt sich im Vergleich zu den Fazialisstämmen jedoch weiterhin eine Verschiebung der Kurve nach links, d.h. eine Verschiebung zu kleineren Faserdurchmessern hin.

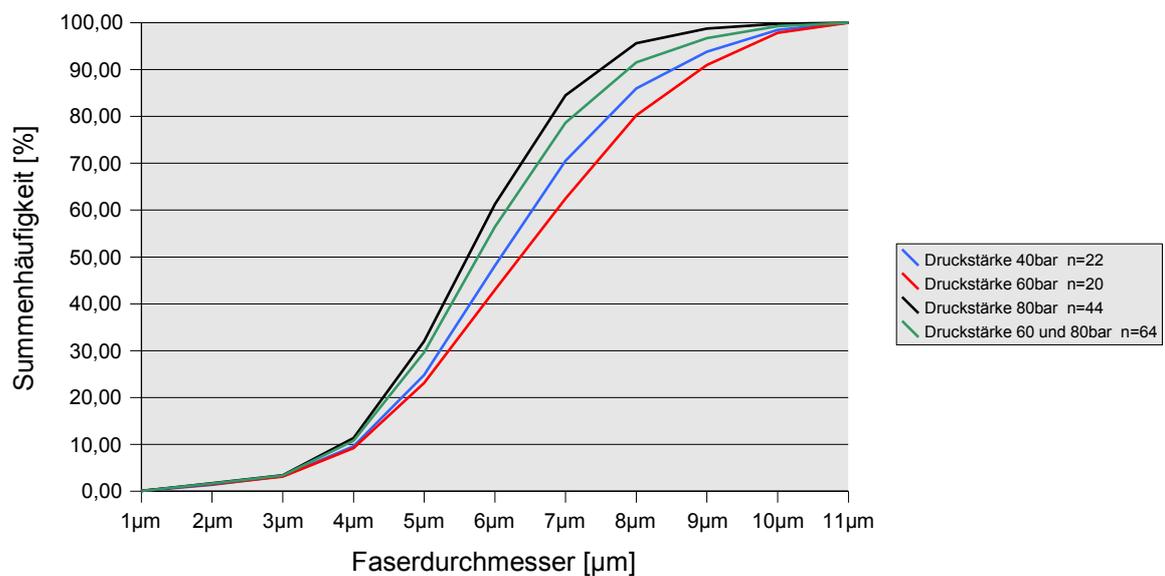


Abb. 21 Vergleich der Druckstärken 40, 60 und 80bar [angegeben ist die kumulierte Summenhäufigkeit der Faserdurchmesser in Prozent]

Zum Ausschluss potentiell methodischer Fehler, da nur drei ausgesuchte Ausschnitte exemplarisch für einen Nerven ausgewählt und ausgezählt wurden, wurden bei einem Hund die gesamten Nerven im Photo festgehalten und alle Nervenfasern gezählt.

Histologisch präsentierten sich alle 8 Nervenäste unauffällig. Es zeigten sich weder degenerative noch regenerative Prozesse. Alle Nerven waren neurologisch intakt.

Es zeigt sich, dass es auch bei kompletter Auszählung der gesamten Nervenfasern aller Nervenäste eines Hundes weiterhin zu eine Linksverschiebung der Kurve der Stirn- und Mundäste zusammen im Vergleich zum Kurvenverlauf der Stämme kommt (s. Abb. 22).

Bei Addition der Gesamtfaseranzahl der Stirn- und beider Mundäste ist die Summe geringer als die des Hauptstammes des N. facialis (s. Tbl. 3). Auf der rechten Seite fehlen im Vergleich zur der Gesamtfaseranzahl der Stämme 9% der Nervenfasern, linksseitig fehlen 1% der Fasern.

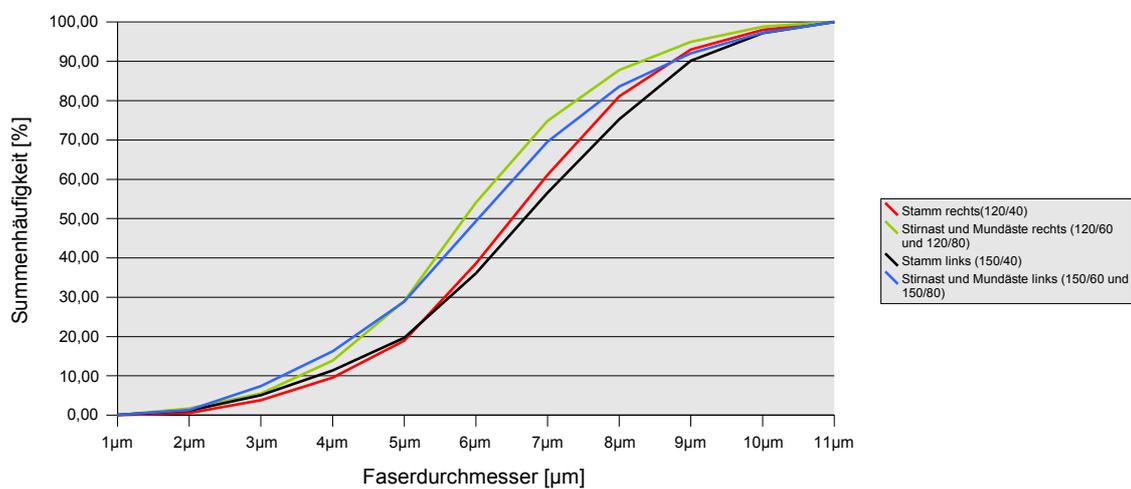


Abb. 22 Vergleich aller Nervenäste eines Hundes, alle Nervenfasern ausgezählt [angegeben ist die kumulierte Summenhäufigkeit der Faserdurchmesser in Prozent; in Klammern angefügt DD/ DS]

Nervenäste	Rechte Seite	Linke Seite
Nervenstamm	7520	7154
Stirn- und Mundäste	6836	7060
Stirnast	2966	2490
oberer Mundast	1363	2437
unterer Mundast	2507	2133

Tbl. 3 Gesamtfaseranzahl morphologisch intakter Nervenäste beider Seiten eines Hundes

3.2.2 Morphologisch auffällige Nerven bei Anwendung der Düsendurchmesser 120/ 150µm

3.2.2.1 mit klinisch erhaltener Funktion

Es fanden sich insgesamt 7 histologisch auffällige Nervenäste, die sich klinisch jedoch intakt zeigten. Alle 5 Äste der rechten Seite wurden mit einem Düsendurchmesser von 120, die 2 der Gegenseite mit 150µm präpariert (s. Tbl. 4).

Druck	40bar	60bar	80bar
Düse			
120µm	0	1	4
150µm	0	2	0

Tbl. 4 Anzahl der morphologisch geschädigten, jedoch klinisch intakten Nervenäste in Abhängigkeit vom verwendeten Druck und Düsendurchmesser

In ihrer Faserverteilung -bezogen auf ihre Faserdurchmesser- kommt es bei allen Nervenästen der rechten Seite zu einer ausgeprägten Linksverschiebung zu kleineren Durchmessern hin und zu einem gravierenden Verlust an Nervenfasern mit mittleren und größeren Durchmessern (s. Abb. 8, 23, 24, 25). Die Nervenäste der linken Seite jedoch bieten keine Linksverschiebung ihrer Faserverteilung. Es zeigt sich nur ein ausgeprägter Verlust der mittleren und größeren Faserdurchmesser (s. Abb. 9, 26).

3.2.2.1.1 ein Stirnast der rechten Seite (Druckstärke 60bar)

Ein Stirnast zeigt ein deutliches Überwiegen der Faseranzahl bei kleineren Durchmessern unter 3 μ m. Bei größeren Faserdurchmessern sind kaum noch Fasern zu verzeichnen. Im Vergleich zu den morphologisch unauffälligen Stirnästen betrug die Gesamtfaseranzahl nur 75% der durchschnittlichen Fasern (Abb. 23).

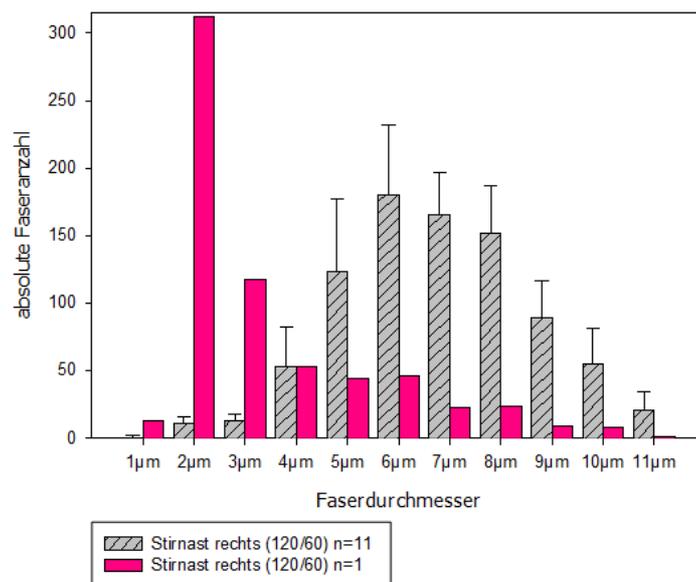


Abb. 23 Vergleich des morphologisch auffälligen Stirnastes mit den morphologisch unauffälligen Stirnästen der rechten Seite
[schraffiert = morphologisch unauffällig, pink = morphologisch auffällig; angegeben sind MW und SD, in Klammern angefügt DD/DS]

3.2.2.1.2 zwei obere Mundäste der rechten Seite (Druckstärke 80bar)

Ein ähnliches Muster weisen zwei obere Mundäste der rechten Seite auf. Diese zeigen eine relative Vermehrung ihrer Fasern mit einem Durchmesser kleiner 4 bzw. 3µm. Insgesamt zeigen diese Nervenäste eine überwiegend normale Verteilung der mittleren und größeren Fasern bei deutlich reduzierter Faseranzahl. Die Gesamtfaseranzahl lag im Vergleich zu den morphologisch unauffälligen Mundästen bei 54% bzw. 97% der durchschnittlichen Fasern (Abb. 8, 24).

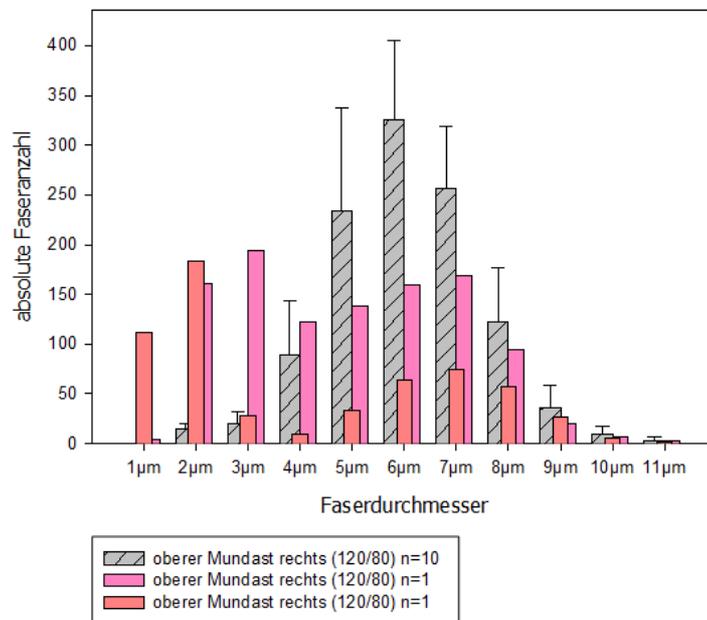


Abb. 24 Vergleich der morphologisch auffälligen oberen Mundäste mit den morphologisch unauffälligen oberen Mundästen der rechten Seite [schraffiert = morphologisch unauffällig, rosa/ rot = morphologisch auffällig; angegeben sind MW und SD, in Klammern angefügt DD/DS]

3.2.2.1.3 zwei untere Mundäste der rechten Seite (Druckstärke 80bar)

Bei zwei weiteren unteren Mundästen zeigt sich wiederum eine starke Verschiebung nach links zu kleineren Faserdurchmessern unter $3\mu\text{m}$ hin. Im Vergleich zu den morphologisch unauffälligen unteren Mundästen betrug die Gesamtfaseranzahl bei diesen Nerven 58% bzw. 91% der durchschnittlichen Fasern (Abb. 25).

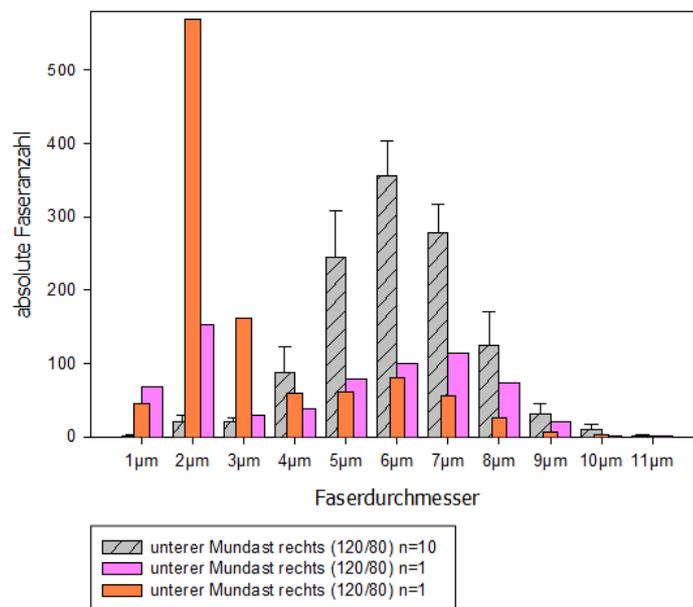


Abb. 25 Vergleich der morphologisch auffälligen unteren Mundäste mit den morphologisch unauffälligen unteren Mundästen der rechten Seite [schraffiert = morphologisch unauffällig, rosa/ orange = morphologisch auffällig; angegeben sind MW und SD, in Klammern angefügt DD/DS]

3.2.2.1.4 zwei Stirnäste der linken Seite (Druckstärke 60bar)

In der Faserdistribution dieser histologisch auffälligen linken Nerven bezogen auf ihre Faserdurchmesser zeigt sich ein gravierender Verlust der mittleren und größeren Fasern (Abb. 9, 26). Die Anzahl der kleineren Fasern unter 3µm sowie der größeren über 11µm erscheint weitgehend erhalten. Die Gesamtfaseranzahl beider Nerven lag bei 26% bzw. 39% der durchschnittlichen Fasern der morphologisch unauffälligen Stirnäste.

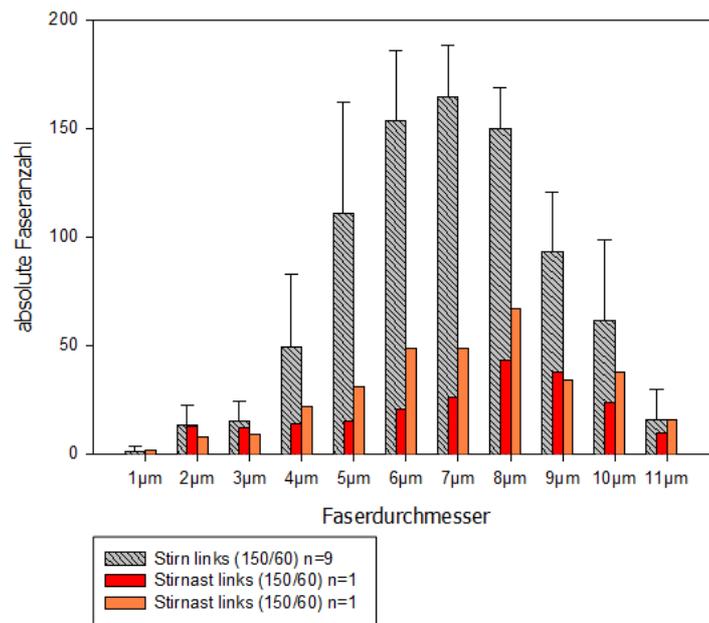


Abb. 26 Vergleich der morphologisch auffälligen Stirnäste mit den morphologisch unauffälligen Stirnästen der linken Seite
[schraffiert = morphologisch unauffällig, orange/ rot = morphologisch auffällig; angegeben sind MW und SD, in Klammern angefügt DD/DS]

3.2.2.2 mit nicht erhaltener klinischen Funktion

3.2.2.2.1 ein Stirnast der linken Seite (Druckstärke 60bar)

Ein Stirnast der linken Seite, welcher mit einem Düsendurchmesser von 150 μm und einer Druckstärke von 60bar präpariert wurde, zeigte eine postoperative Parese.

Auffällig ist ein gravierender Faserverlust aller Durchmesser mit Ausnahme von 2 μm . Bei Faserdurchmessern von 7 bis 10 μm lassen sich überhaupt keine Fasern registrieren. Insgesamt umfasste der Nerv lediglich 27 erhaltene Fasern (Abb. 10, 27).

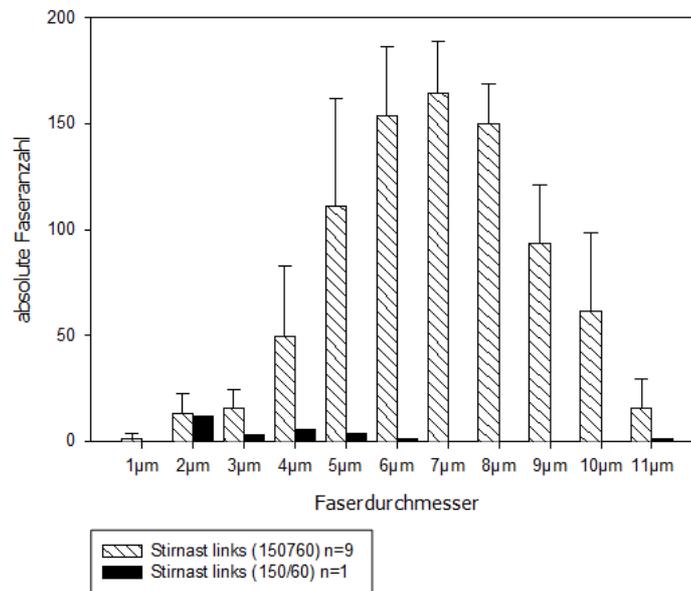


Abb. 27 Vergleich eines morphologisch auffälligen Stirnastes mit den morphologisch unauffälligen Stirnästen der linken Seite
[schraffiert = morphologisch unauffällig, schwarz = morphologisch auffällig; angegeben sind MW und SD, in Klammern angefügt DD/DS]

3.2.3 Morphologisch auffällige Nerven bei Anwendung des Düsendurchmessers 200µm

Alle mit einem Düsendurchmesser von 200µm präparierten Nervenäste wurden gesondert ausgewertet, da sie bezogen auf die Verteilung ihrer Faserdurchmesser und/oder ihrer Morphologie deutliche Unterschiede zu den mit einem Düsendurchmesser von 120 und 150µm dargestellten Nerven zeigten (s. Abb. 11, 12).

Sieben Nervenäste entstammten der linken Seite, drei der Gegenseite. Zwei dieser 10 Nerven wiesen postoperativ eine Parese auf. Wie auch bei allen anderen Nerven wurden die Stämme mit einem Druck von 40bar, die Stirnäste mit 60bar und die Mundäste mit 80bar behandelt (s. Tbl. 1 und 2).

In die Auswertung wurden von diesen 8 nur 6 Nervenäste hineingenommen, da diese jeweils ein Vergleichspaar aufzuweisen hatten, d.h. dass jeweils zwei Äste somit auch untereinander zu vergleichen waren. Alle klinisch intakten Nervenäste entstammten der linken Seite.

3.2.3.1 mit klinisch erhaltener Funktion

In ihrer Faserverteilung bezogen auf ihre Faserdurchmesser sieht man einen zum Teil massiven Verlust der mittleren Durchmesser zwischen 5 und 6µm. Des weiteren zeigt sich eine starke Rechtsverschiebung der Fasern zu größeren Durchmesser hin, ab 8µm beim Stamm, bzw. ab 9µm bei den übrigen Nervenästen. Zusätzlich bietet sich eine leichte Linksverschiebung zu kleineren Durchmessern von 2 und 3µm hin, mit Ausnahme zweier unterer Mundäste der linken Seite (Abb. 28, 29, 30).

Im Vergleich zu den morphologisch unauffälligen Nerven, die mit einem Düsendurchmesser von 150µm präpariert wurden, betrug die Gesamtfaseranzahl bei den Nervenstämmen 90% bzw. 78% der durchschnittlichen Fasern. Ein Stirnast wies 79% der durchschnittlich vorhandenen Nervenfasern auf, bei einem weiteren zeigte sich überhaupt kein Faserverlust. Bei zwei Mundästen waren 45% bzw. 22% der durchschnittlichen Fasern vorhanden.

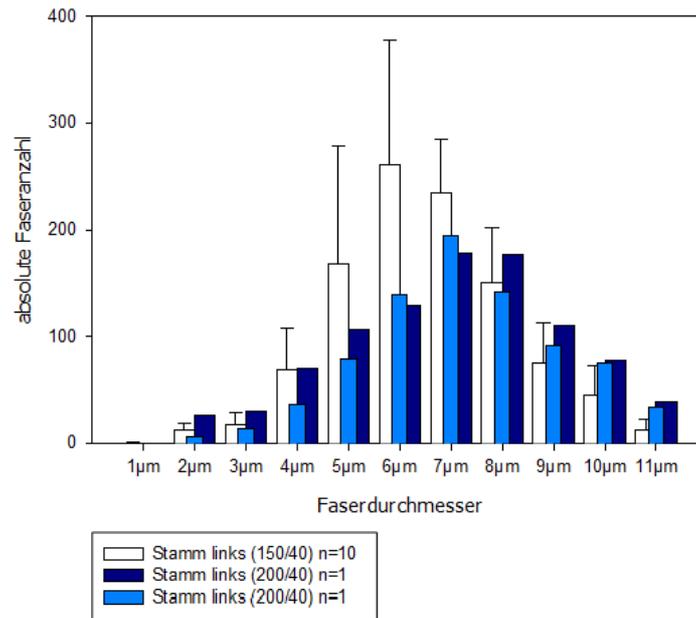


Abb. 28 Vergleich der morphologisch auffälligen Nervenstäme mit den morphologisch unauffälligen Nervenstämmen der linken Seite [weiß = morphologisch unauffällig, hell-/ dunkelblau = morphologisch auffällig; angegeben sind MW und SD, in Klammern angefügt DD/DS]

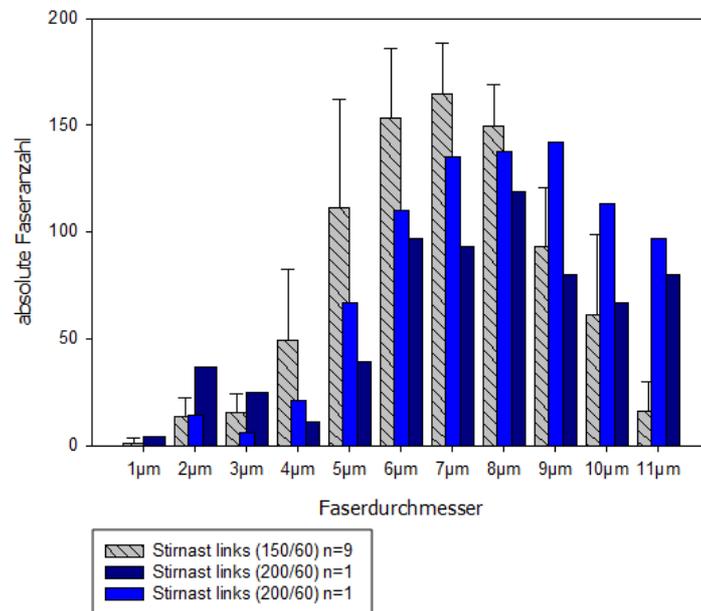


Abb. 29 Vergleich der morphologisch auffälligen Stirnäste mit den morphologisch unauffälligen Stirnästen der linken Seite [schraffiert = morphologisch unauffällig, hell-/ dunkelblau = morphologisch auffällig; angegeben sind MW und SD, in Klammern angefügt DD/DS]

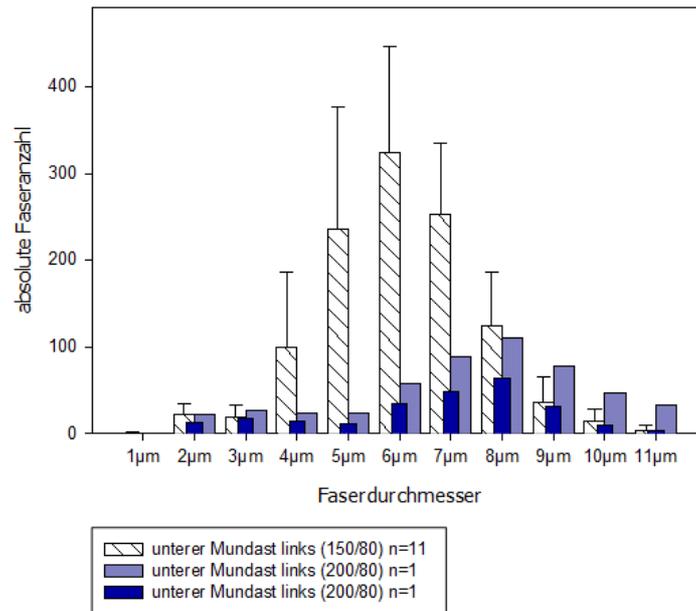


Abb. 30 Vergleich der morphologisch auffälligen Mundäste mit den morphologisch unauffälligen Mundästen der linken Seite [schraffiert = morphologisch unauffällig, hell-/ dunkelblau = morphologisch auffällig; angegeben sind MW und SD, in Klammern angefügt DD/DS]

3.2.3.2 mit nicht erhaltener klinischer Funktion

Bei zwei Nerven -einem Stirnast und einem oberen Mundast der rechten Seite- kam es zu einer postoperativen Parese.

Bezüglich der Nervenfaserverteilung beider Nerven lassen sich ab einem Faserdurchmesser von 5µm kaum noch Fasern registrieren. Der Hauptanteil ihrer Fasern liegt bei 2 und 3µm, bzw. kleiner, wenn man die axonalen Sprossen mit einbeziehen würde (Abb. 31, 32). Die Gesamtfaseranzahl betrug für den Stirnast 22% und für den Mundast nur 13% der durchschnittlichen Fasern der morphologisch unauffälligen mit einem Düsendurchmesser von 120µm dargestellten Nervenäste.

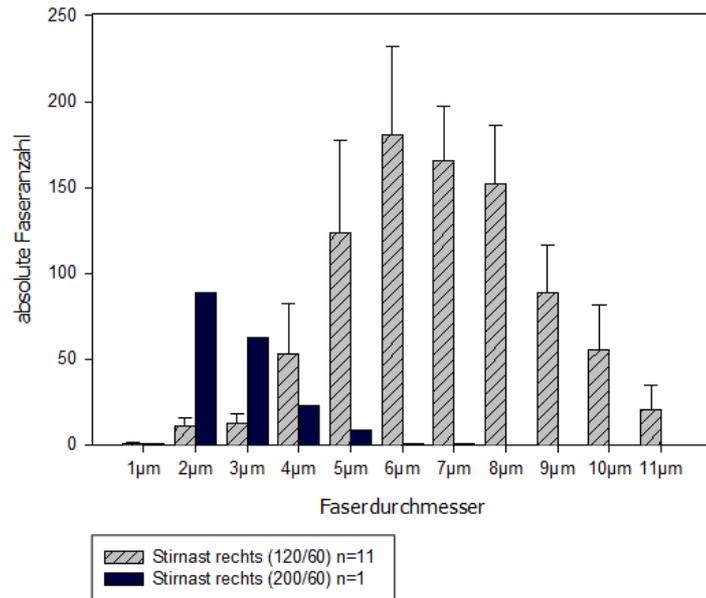


Abb. 31 Vergleich eines morphologisch auffälligen Stirnastes mit den morphologisch unauffälligen Stirnästen der rechten Seite [schraffiert = morphologisch unauffällig, dunkelblau = morphologisch auffällig; angegeben sind MW und SD, in Klammern angefügt DD/DS]

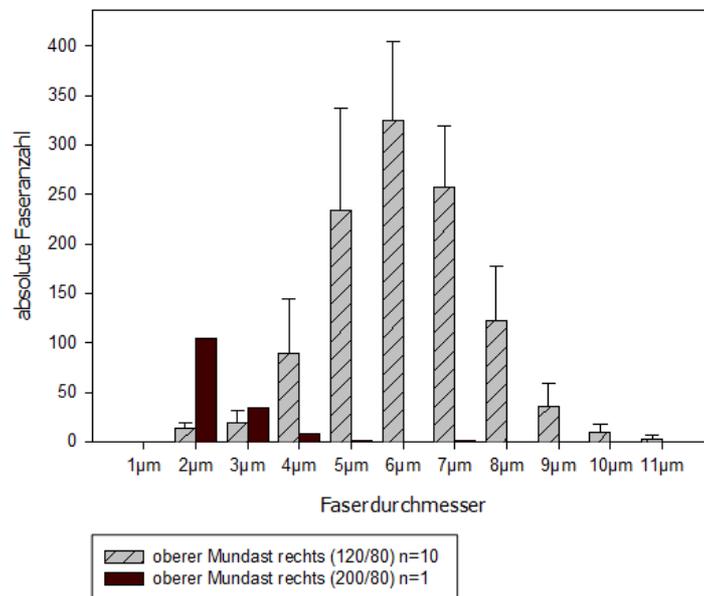


Abb. 32 Vergleich eines morphologisch auffälligen Mundastes mit den morphologisch unauffälligen Mundästen der rechten Seite [schraffiert = morphologisch unauffällig, braun = morphologisch auffällig; angegeben sind MW und SD, in Klammern angefügt DD/DS]

Die postoperative Fazialisparese ist nach wie vor eine der Hauptkomplikationen der Parotidektomie. Nach Literaturangaben liegt die Inzidenz einer vorübergehenden Gesichtsnervenlähmung zwischen minimal 27% (*Dulguerov et al., 1999*) und maximal 42,7% (*Gaillard et al., 2005*) bzw. 46,1% (*Mehle et al., 1993*), die einer permanenten Funktionseinschränkung bei 0% (*Gaillard et al., 2005*) bzw. etwa 4% (*Mehle et al., 1993; Dulguerov et al., 1999*). Aus diesem Grunde ist man auf der Suche nach neuen operativen Methoden bzw. Techniken, um diese Komplikation zu verringern.

Einen möglichen Vorteil gegenüber den konventionellen chirurgischen Schnittverfahren in der Ohrspeicheldrüsenchirurgie könnte die Wasserstrahltechnik bieten. Durch den Wasserstrahl ist es möglich, Gewebestrukturen unterschiedlicher Festigkeit und Elastizität selektiv zu durchtrennen. Durch diesen gewebe selektiven Effekt können somit je nach Erfordernis bestimmte Gewebestrukturen, beispielsweise Gefäße und Nerven, erhalten bleiben, während das in seiner Konsistenz weichere Parenchym ausgespült wird.

Nach zunächst breiter Anwendung der Wasserstrahltechnologie in der Industrie etabliert sich dieses Verfahren immer mehr auch in der operativen Medizin. Hier ist es besonders für den Bereich der Leberchirurgie modifiziert und weiterentwickelt worden (*Rau et al., 2001; Shekarriz et al., 2003*). Auch in anderen chirurgischen Fächern wie der Neurochirurgie (*Oertel et al., 2003; Oertel et al., 2004*), der Plastischen Chirurgie (*Frohberg, 1997*), der ophthalmologischen Chirurgie (*Lipshitz et al., 1996; Wilhelm et al., 1999*) sowie der Urologie (*Shekarriz et al., 1999; Shekarriz et al., 2000*) fand diese Methode ihren Einzug. Ebenfalls in der Kopf-Hals-Chirurgie (*Siegert et al., 1998; Magritz et al., 2001; Lorenz et al., 2005*) findet diese Operationstechnik mittlerweile ihre Anwendung.

Die Technik der Wasserstrahl-Dissektion wurde in einer vorangegangenen Studie an Hunden in der Parotischirurgie eingesetzt (*Magritz et al., 2001*). In dieser Studie sollte der Wasserstrahl-Dissektor -ein energiereicher Wasserstrahl- erstmalig für den Einsatz in der Ohrspeicheldrüsenchirurgie erprobt werden. Dies geschah am Tiermodell unter Verwendung einer permanenten intraoperativen, elektrophysiologischen Funktionskontrolle des Gesichtsnerven. Ziel dieser Studie war es, die charakteristische Gewebeselektivität des Wasserstrahls für eine sichere und schonende Fazialispräparation

zu analysieren und spezifische Wasserstrahleffekte im Parotisgewebe und am Nervus facialis klinisch, histologisch und elektrophysiologisch zu untersuchen. Hierbei konnte gezeigt werden, dass durch die Gewebeselektivität eines variabel einstellbaren Wasserstrahls eine blutungsarme Operation der Ohrspeicheldrüse mit sicherer und schonender Präparation des N. facialis möglich ist. Um jedoch den Einfluss der Wasserstrahlen auf die Nervenstruktur genauer zu erfassen und auftretende Veränderungen zu dokumentieren, waren weitere histomorphologische und -morphometrische Analysen notwendig.

Die Ergebnisse von *Magritz et al. (2001)* sowie der vorliegenden Arbeit führten zur Durchführung einer klinischen Studie, in der die Technik der Wasserstrahl-Dissektion in der Parotischirurgie am Menschen mit Erfolg angewandt wurde (*Siegert et al., 2000*).

Der Einfluss der Wasserstrahltechnik auf Nervengewebe ist bislang nur sehr unvollständig untersucht. In nur einer einzigen Studie wurde in diesem Zusammenhang der N. ischiadicus bei Ratten analysiert (*Kaduk et al., 1999*).

Des Weiteren existieren bisher nur wenige Arbeiten in der Literatur zu histomorphometrischen Analysen des N. facialis, im Sinne von qualitativen und quantitativen Untersuchungen. Meist handelt es sich um Falldarstellungen über Läsionen des Gesichtsnerven (*Braund et al., 1979; Podvinec et al., 1982; Sunderland, 1982; Kern et al., 1987; Braund et al., 1987; Wright, 1988*) oder um experimentelle Studien, in denen der N. facialis vorsätzlich geschädigt wurde (*Harada et al., 1982; Millet et al., 1982; Yamaguchi, 1982; Spector et al.; 1991; Spector et al., 1993*). In lediglich einer Arbeit wurden histomorphometrische Analysen des gesunden Gesichtsnerven des Hundes durchgeführt (*Braund et al. 1991*), wobei man sich auf den N. buccalis ventralis („unterer Mundast“) bei 5 Hunden beschränkte. Es existieren jedoch in der Literatur keine Daten zur Histomorphologie des Gesichtsnervenstammes und der drei daraus hervorgehenden Nervenäste beider Seiten.

Weitere histomorphologische Daten basieren auf Untersuchungen des menschlichen Gesichtsnerven. Alle Nervenpräparate wurden aus der tympano-mastoidalen Region entnommen (*Kullman et al., 1971; Podvinec et al., 1982; Asaoka et al., 1999*). In einer Studie wurden mit Hilfe von morphometrischen Untersuchungen gesunde Gesichtsnerven mit geschädigten Nerven verglichen. Die geschädigten Nerven wiesen entweder eine

idiopathische oder eine im Rahmen von Multipler Sklerose oder eines Herpes Zoster aufgetretenen Fazialisparesen auf (*Podvinec et al., 1982*).

Eine weitere Arbeit beinhaltete morphometrische Analysen des N. facialis distal des Genu externum im mastoidalen Anteil im Vergleich zum N. hypoglossus. Bei Auftreten einer Fazialisparese wurden beide Nerven anastomosiert und anschließend histomorphometrisch untersucht (*Asaoka et al., 1999*).

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden daher nun eingehende histomorphologische und morphometrische Untersuchungen am Gesichtsnerven des Hundes nach erfolgter Parotidektomie mit dem Waterjetdissektor durchgeführt.

4.1 Morphologisch unauffällige Nerven bei Anwendung der Düsendurchmesser 120/ 150µm

4.1.1 Einfluss der unterschiedlichen Düsendurchmesser 120 und 150µm

Die Ergebnisse zeigen keine signifikanten Unterschiede zwischen Fazialisästen der rechten (Düsendurchmesser 120µm) und der linken Seite (Düsendurchmesser 150µm). Wesentliche histomorphologische Veränderungen finden sich nicht. Die Nervenäste beider Seiten bieten ein ähnliches histologisches Bild. Beide weisen eine ähnliche Verteilung ihrer Nervenfasern bezogen auf die Faserdurchmesser auf (s. Pkt. 3.2.1 ff). Die Kurvenverläufe im Liniendiagramm der einzelnen Äste -bezogen auf ihre Faserdurchmesser- zeigen jeweils einen fast parallelen Verlauf, ungeachtet der Tatsache, dass bei der Präparation der rechten Seite ein Düsendurchmesser von 120µm, respektive 150µm an der linken Seite, angewandt wurde (s. Abb. 17, 18).

Hieraus lässt sich schlussfolgern, dass der Düsendurchmesser keinen Einfluss auf die Morphologie, die Morphometrie und auf die Funktion des Nerven hat. Demzufolge ist anzunehmen, dass sich die Operation sowohl mit einem Düsendurchmesser von 120µm als auch von 150µm mit gleichem Ergebnis durchführen lässt.

Braund et al. (1991) konnten anhand ihrer histomorphometrischen Analysen des N. buccalis ventralis („unterer Mundast“) des Hundes zeigen, dass der Hauptanteil der Fasern

dieses Nervenastes bei mittleren (3 bis 5µm) bis großen (5 bis 8µm) Durchmessern lag. Ungefähr 89% der Fasern hatten einen Durchmesser zwischen 3 und 6µm, weniger als 1% der Fasern wiesen einen solchen größer als 8µm auf. Die meisten Fasern in unserer Studie zeigten einen Durchmesser von 5 bis 7µm (re 74% vs.li 71%).

Sowohl bei *Braund et al.* als auch in unserer Studie zeigte sich eine unimodale Verteilung der Fasern bezogen auf ihre Faserdurchmesser im Histogramm. Der durchschnittliche Faserdurchmesser schien im Gegensatz zu unserer Arbeit jedoch geringer (re 3,82 ±SD 1,18 vs. 5,6 ±SD 0,26µm bzw. li 4,02 ±SD 1,18 vs. 5,65 ±SD 0,52µm) (s. Pkt. 3.2.1.4, Abb. 16). Ein möglicher Erklärungsansatz hierfür könnte zum einen die deutlich geringere Fallzahl (5 Mischlingshunde vs. 14 reinrassige Beagle), zum anderen die deutlich größere Standardabweichung (1,18µm vs. 0,26 bzw. 0,52µm) sein. Des weiteren zeigte sich in der Studie von *Braund et al.* eine größere Seitendifferenz der gemessenen durchschnittlichen Faserdurchmesser (0,2µm vs. 0,05µm). Daher scheint es recht unwahrscheinlich, dass die Ursache hierfür in der Präparationstechnik -konventionell chirurgisch versus Wasserstrahltechnik- zu suchen ist.

Die in der Literatur zu findenden Arbeiten (*Buskirk, 1945; Kullman et al., 1971; Asaoka et al., 1999*) zeigen ähnliche Ergebnisse wie die vorliegende Arbeit. Der mittlere Faserdurchmesser der Hauptstämme lag in unserer Studie bei 6,18 ±SD 0,43µm rechts sowie bei 6,13 ±SD 0,52µm links. Überwiegend lag die Faserverteilung (re 75% vs. li 76%) bei einem Durchmesser von 5 bis 8µm, wovon der Hauptanteil der Fasern (re 44% vs. li 46%) zwischen 6 und 7µm zu finden war (s. Pkt. 3.2.1.1, Abb. 13). Die in unserer Arbeit ermittelte Gesamtfaseranzahl des Nervenstammes betrug 7520 rechts, bzw. 7154 links (s. Pkt. 3.2.1.6, Tbl. 3). In der Studie von *Kullman et al. (1971)* zeigte sich nach Elimination der Fasern der Chorda tympani im mastoidalen Anteil des menschlichen N. facialis auch eine unimodale Nervenfaserverteilung bezogen auf ihre Durchmesser. Die Größe dieser Nervenfasern bei Erwachsenen lag hier zwischen 3 und 14µm, mit einem Hauptanteil zwischen 7 und 10µm.

Bei *Asaoka et al. (1999)* wies die Faserverteilung des mastoidalen Anteils des N. facialis distal des äußeren Knies eine Häufung zwischen 7 und 10µm Faserdurchmesser auf. Die Gesamtfaseranzahl des Gesichtsnerven lag hier bei 7228 ±SD 950 (von 5921 bis 9264).

Bei einer weiteren Arbeit von *Buskirk (1945)* wird die Faseranzahl des motorischen Anteils des N. facialis beim Menschen im Durchschnitt mit insgesamt 6999 angegeben. Für den Gesichtsnerven des Hundes distal des Ganglion geniculi wird eine Gesamtfaseranzahl von

durchschnittlich 12969 genannt, wobei nicht nach sensiblen oder motorischen Anteilen differenziert wird. Die motorische Komponente des N. facialis wies in dieser Studie Faserdurchmesser von 2 bis 15µm auf, mit einem Hauptfaseranteil zwischen 3 und 8µm. Hingegen ergaben in einer anderen Studie die Histogramme der Nervenfasern aus dem mastoidalen Anteil eines gesunden menschlichen N. facialis ein bimodales Verteilungsmuster mit Spitzen zwischen 4 und 6µm und zwischen 7 und 9µm (*Podvinec et al., 1982*). Der motorische Nervenanteil erbrachte eine ähnliche Verteilung mit Spitzen bei 8 und 10µm. Die Gesamtfaseranzahl betrug bei einem normalen Gesichtsnerven bei einem 55 jährigen 11038 myelinisierte Fasern, die des motorischen Anteils lag bei 7441.

4.1.2 Einfluss der unterschiedlichen Druckstärken (40/ 60/ 80bar) bei 120 bzw. 150µm Düsendurchmesser

Bei Vergleich der angewandten Druckstärken ungeachtet des Düsendurchmessers zeigte sich im Kurvenverlauf eine Linksverschiebung zu kleineren Durchmessern hin für die mit 80bar dargestellten Mundäste im Vergleich zu den mit 40bar präparierten Fazialisstämmen. Die mit einer Druckstärke von 60bar behandelten Stirnäste wiesen jedoch eine leichte Rechtsverschiebung der Kurve zu größeren Durchmessern hin auf. Fasste man die Faserdurchmesser der aus dem Hauptstamm abgehenden Terminaläste -Stirn- und beide Mundäste- zusammen, ergab sich weiterhin eine Linksverschiebung der Kurve zu kleineren Faserdurchmessern hin. Die Kurve deckte sich nicht mit dem Kurvenverlauf des Hauptstammes (40bar) (s.Pkt. 3.2.1.6, Abb. 19, 20, 21).

Da bei vorliegender Studie nur drei ausgesuchte Ausschnitte exemplarisch für einen Nerven ausgewählt und ausgezählt wurden, erfolgte zusätzlich die Auszählung der gesamten Nervenfasern aller Nervenäste eines Hundes, um einen potentiell methodischen Fehler auszuschließen. Dabei zeigte sich weiterhin eine Linksverschiebung der Kurve der Stirn- und Mundäste zusammen im Vergleich zum Kurvenverlauf der Hauptstämme. Entgegen der bisherigen Annahme in der Literatur, dass ein Axon über seine gesamte Länge den gleichen Durchmesser behält (*Junqueira und Carneiro, 1991*), fiel bei vorliegender Studie auf, dass sich die Faserdurchmesser der Fazialisstämme zu den Terminalästen hin verkleinern (s. Pkt. 3.2.1.6, Abb. 22).

Zählte man die Fasern der Stirn- und Mundäste zusammen, ergab sich eine leichte Abweichung im Vergleich zu der Gesamtzahl der Nervenfasern im Hauptstamm (re Stirnast und Mundäste=6836, Hauptstamm=7520, li Stirnast und Mundäste=7060,

Hauptstamm=7154) (s. Tbl. 3). Daraus lässt sich zunächst schließen, dass alle Fasern der abgehenden Äste auch im Hauptstamm vorhanden sind. Für die geringere Anzahl der Fasern in den Ästen im Vergleich zum Stamm gibt es zwei Erklärungsansätze: Zum einen gibt es wahrscheinlich präparationsbedingt nicht mit angeschnittene Nervenfaserbündel, die somit nicht gezählt wurden, zum anderen existieren noch weitere sehr kleine vom Nervenstamm abgehende Äste, die vor der Verzweigung der Terminaläste vom Nervenstamm abgehen.

Eine mögliche Erklärung für die im Nervenverlauf kleiner werdenden Faserdurchmesser könnte der unterschiedliche Einfluss der verschiedenen angewandten Druckstärken des Wasserjets auf die Nervenfasern sein. Vergleicht man jedoch die morphologisch und klinischen unauffälligen Nervenäste beider Seiten, so zeigt sich eine ähnliche Verteilung ihrer Nervenfasern bezogen auf ihren Faserdurchmesser. Die Kurvenverläufe im Liniendiagramm weisen jeweils einen fast parallelen Verlauf auf, ungeachtet der Tatsache, dass bei der Präparation der rechten Seite ein Düsendurchmesser von 120µm, respektive 150µm auf der linken Seite angewandt wurde. Histomorphologisch waren zudem alle Nervenpräparate als unauffällig einzustufen. Es ließen sich keine Läsionen im Sinne von degenerativen oder regenerativen Prozessen erkennen, die durch den Einfluss des Wasserstrahls entstanden wären. Ebenfalls ist es relativ unwahrscheinlich, dass der Wasserstrahl-Dissektor die Ursache für das Phänomen ist, dass es zu einer solch gleichmäßigen Verschiebung der Verteilung der Faserdurchmesser zu kleineren Durchmessern hin kommt. Wäre der Wasserstrahl ursächlich, würde man eine weitere Streuung bzw. eine größere Standardabweichung der Faserdurchmesser erwarten.

Nach den hier vorliegenden Ergebnissen scheint es eine Verjüngung von größeren Nervenfaserdurchmessern im Stamm zu kleineren in den Terminalnervenästen zu geben. Für eine weitergehende Klärung dieses Phänomens sind weitere histomorphologische Analysen, insbesondere an nicht mit dem Wasserstrahl präparierten Nervenästen des Gesichtsnerven, notwendig.

4.2 Morphologisch auffällige Nerven bei Anwendung der Düsendurchmesser 120/ 150µm

4.2.1 mit klinisch erhaltener Funktion

Alle 5 auffälligen Nerven der rechten Seite wurden mit einem Düsendurchmesser von 120µm präpariert. Es wurden zwei verschiedene Druckstärken angewandt: beim Stirnast eine Stärke von 60bar, bei den Mundästen eine Stärke von 80bar. Im Durchschnitt wurden die Nerven nach 28,6 Tagen entnommen.

Das morphologische Bild dieser fünf Nervenäste entspricht dem in der Literatur beschriebenen Bild eines nach fokaler Axotomesis in Regeneration befindlichen Nerven (s. Pkt. 3.2.2.1 ff, Abb. 8), bei der man zunächst einen Verlust an großen Axonen sieht, da diese anscheinend vulnerabler sind als jene mit kleinerem Durchmesser (*Braund et al., 1979; Millet et al., 1982; Vital und Vallat, 1987*). Weitere Phänomene einer nach Wallerschen Degeneration ablaufenden Regeneration sind die Häufung von Neuronen unterschiedlicher Größe in Gruppen, eine Abnahme der Faserpopulation mit Tendenz zu kleineren Faserdurchmessern und das durchschnittliche Ausdünnen der Myelinscheide (*Podvinec et al., 1982*). Je nach Schwere der Läsion und Nähe der ursprünglichen Nervenfasern [proximaler und distaler nicht geschädigter Nervenfaserteil] dauert es unterschiedlich lange, bis die Axone beginnen, sich zu regenerieren (*Sunderland, 1982*). So finden sich unterschiedliche Literaturangaben bezüglich der zeitlichen Angaben der Regenerationsvorgänge. Bei Axonotmesis dauern die regenerativen Prozesse etwa 3 bis 6 Monate (*Laskawi et al., 1985*) bzw. 3 Wochen bis 2 Monate (*May, 1986*).

Voraussetzung hierfür ist eine stattgehabte Schädigung mit zunächst in Gang gesetzten degenerativen Prozessen, die wiederum nach einer gewissen Zeit zu reparativen Vorgängen führen können. Am wahrscheinlichsten werden diese Vorgänge durch den mechanischen Einfluss des Wasserstrahls hervorgerufen. Jedoch muss der Verlust an Nervenfasern nicht zwangsweise zu einer Funktionseinbuße führen.

Zwei Stirnäste der linken Seite, die sich histologisch auffällig zeigten, wurden mit einem Düsendurchmesser von 150µm und einer Druckstärke von 60bar dargestellt. Beide Nervenäste wurden nach 14 Tagen entnommen.

Bei diesen beiden Nerven präsentierte sich das Bild eines durch starke fokale Schädigung in Degeneration befindlichen Nerven (s. Pkt. 3.2.2.1.4, Abb. 9), gekennzeichnet durch

zerfallende Axone und Myelinscheiden (s. Anhang Abb. 33). Da sich etwa ab dem 5.Tag nach Wallerscher Degeneration regenerierende axonale Sprossen zeigen, welche jedoch nur mit dem Elektronenmikroskop darstellbar sind (*Vital und Vallat, 1987*), wurden elektronenmikroskopische Untersuchungen durchgeführt. Es ließen sich so erste regenerierende Prozesse erkennen, wie die Bildung von dünn myelinisierten bzw. noch nicht myelinisierten Axonen in Cluster geordnet (s. Anhang Abb. 34). Lichtmikroskopisch hingegen sah man nur sehr vereinzelt kleine, dünn myelinisierte Axone, im Gegensatz zu den geschädigten Nervenästen der rechten Seite, die einen großen Anteil an regenerierenden Axonen aufzuweisen hatten.

So sahen wir bei beiden Nervenästen der linken Seite mehrheitlich degenerative, weniger regenerative Prozesse, welche durch eine fokale Schädigung hervorgerufen wurden. Auch hier sind die Schädigungen am ehesten durch die Präparation mit der Wasserstrahltechnik entstanden, welche jedoch wiederum nicht zu einem Verlust der klinischen Funktion führte.

Es zeigten sich somit bei insgesamt 7 von 102 Nervenästen unterschiedlich stark ausgeprägte Schädigungen. Fünf davon wurden mit einem Düsendurchmesser von 120µm, hiervon einer mit einer Druckstärke von 60bar und vier mit 80bar, präpariert. Zwei der Nerven wurden mit einem Düsendurchmesser von 150µm und einer Druckstärke von 60bar behandelt. In ihrer Faserverteilung, bezogen auf ihre Faserdurchmesser, kam es bei den Nervenästen der rechten Seite zu einer ausgeprägten Linksverschiebung zu kleineren Durchmessern hin. Bei den Ästen der Gegenseite hingegen fehlte diese Linksverschiebung der Faserdurchmesser. Es zeigte sich, wie auch bei den Nerven der rechten Seite, ein gravierender Verlust an Nervenfasern mit mittleren und größeren Faserdurchmessern.

Demnach geht bei Anwendung dieser Düsen- und Druckparameter eine relativ starke Schädigung nicht unbedingt mit einer klinischen Funktionseinbuße einher. Dabei zeigt sich im Vergleich zu den mit einem Düsendurchmesser von 150µm präparierten Nervenästen, dass mehr als die doppelte Anzahl an Nerven, die mit einem Düsendurchmesser von 120µm dargestellt wurden, histologische Veränderungen zu verzeichnen hatte. Hierfür verantwortlich könnte unter Umständen eine verlängerte Applikationszeit sein.

Diese Veränderungen traten bei der Präparation der Fazialisstämmen mit einer Druckstärke von 40bar, unabhängig ob ein Düsendurchmesser von 120 oder 150µm angewandt wurde, nicht auf. Es bleibt offen, ob hierfür der geringe Druck und/oder die geringere Vulnerabilität der Nervenstämmen aufgrund ihrer Größe bzw. Dicke in dieser Untersuchungsgruppe ursächlich waren.

4.2.2 mit klinisch nicht erhaltener Funktion

Ein Stirnast der linken Seite bot postoperativ eine komplette Parese. Die Präparation erfolgte mit einem Düsendurchmesser von 150µm und einer Druckstärke von 60bar. Es zeigte sich histologisch eine sehr stark zerstörte Nervenstruktur mit nur vereinzelt erhaltenen Nervenfasern. Auffällig war ein gravierender Nervenfaserverlust aller Durchmesser mit Ausnahme des Faserdurchmesser von 2µm.

Diese schwere, mit einer Funktionseinbuße verbundene Schädigung ist durch einen intraoperativen Präparationsfehler entstanden. Es kam bei punktförmiger und annähernd senkrechter Wasserstrahlführung zu einer nahezu vollständigen Durchtrennung dieses Nervenastes. (s. Pkt. 3.2.2.2.1, Abb. 10)

Somit lassen sich zusammenfassend auch deutliche Schädigungen, die durch die Präparation mit dem Wasserstrahl entstanden sind, nachweisen. Sehr wahrscheinlich kommt es zu einer direkten Druckschädigung mit darauf folgender reaktiver Mikrozirkulationsstörung. Je nach Entnahmezeitpunkt der Nervenäste zeigen sich unterschiedliche degenerative, bzw. regenerative Vorgänge, welche am ehesten durch die Schädigung durch den Wasserstrahl in Gang gesetzt wurden. Allgemein lässt sich jedoch sagen, dass bei Erhalt der Kontinuität der Nerven, insbesondere bei intaktem endoneuralem Bindegewebe, gute Voraussetzungen für eine Regeneration der geschädigten Nervenfasern gegeben sind.

Ob es zu einer Beeinträchtigung der Funktion kommt, hängt demnach sehr wahrscheinlich weniger von den applizierten unterschiedlichen Düsen- bzw. Druckstärken ab, als vielmehr von der angewandten Präparationstechnik. Insbesondere die sehr variablen Einfallswinkel, tangential vs. senkrecht zum Nervenverlauf gerichtete Schnitfführung, sowie die unterschiedlich lange Applikationszeit scheinen von großer Bedeutung zu sein. Bei direkt senkrechter Strahlführung scheint die Zeit jedoch bei bestimmten Druckstärken keinen Einfluss zu haben. Bei Untersuchungen von *Kaduk et al. (1999)* wurde jeweils ein Wasserstrahl mit einem Düsendurchmesser von 0,1mm, aber mit verschiedenen Druckstärken von 80 bis 90bar, direkt senkrecht auf den N. ischiadicus von Ratten angewandt. Postoperativ zeigte sich bei allen Tieren eine unterschiedlich stark ausgeprägte Parese, unabhängig von der Applikationszeit von 2 bis 10 Sekunden.

4.3 Morphologisch auffällige Nerven bei Anwendung des Düsendurchmessers 200µm

Der in unserer Studie angewandte Düsendurchmesser von 200µm scheint für die Nervenpräparation nicht geeignet zu sein. Auch wenn die hervorgerufene Schädigung nicht in allen Fällen zu einer postoperativen Parese führt, so kommt es dennoch regelmäßig zu ausgeprägten morphologischen Veränderungen und Schädigungen der innernervalen Strukturen. In ihrer Faserverteilung bezogen auf ihre Faserdurchmesser kommt es zu einer ausgeprägten Rechtsverschiebung der Fasern zu größeren Durchmessern hin. Am wahrscheinlichsten ist dieser Effekt auf eine direkte Einwirkung des Wasserstrahls zurückzuführen. Durch den Volumenstrom wird selbst das Endoneurium aufgelockert. Es entstehen Zwischenräume, und die Nervenfasern wirken aufgeschwemmt (s. Pkt. 3.2.3 ff., Abb. 11, 12).

Dies deckt sich mit den Ergebnissen von *Wanner et al. (2001)*, die die Einwirkung des Wasserstrahls auf Gewebe wie Fett und Haut untersuchten und feststellten, dass diese zu Wassereinlagerung und hiermit einhergehender Volumenzunahme führt.

4.4 Einfluss der Nervenfasernzahl auf die klinische Funktion

Der Einfluss der Nervenfasernzahl auf die klinische Funktion wird in der Literatur widersprüchlich diskutiert.

Wird bei Kaninchen der N. facialis kurz nach Austritt aus der Glandula parotidea geschädigt, bleibt die muskuläre Kraft erhalten, sofern etwa die Hälfte der Funikuli des Nerven, die den Muskel innervieren, intakt bleiben (*Yamaguchi, 1982*).

In einer weiteren Studie wurde bei Kaninchen der N. buccalis durchtrennt und mittels einer Silikonkammer überbrückt. Es zeigte sich, dass die Aktivität des M. quadratus labii superior nach fünf Wochen mit regenerierten myelinisierten Axone, die nur 12,5% der ursprünglichen Fasernzahl entsprachen, wiederhergestellt war (*Spector et al., 1991*).

In unserer Studie kam es durch die Wasserstrahltechnik zu einer Reihe von mehr oder minder stark ausgeprägten fokalen Läsionen in insgesamt 13 Nervenästen (sieben davon wurden mit einer 120µm bzw. 150µm-Düse, sechs mit einer 200µm-Düse präpariert) (s. Pkt. 3.2.2 ff., 3.2.3 ff.). Dies zeigte sich histologisch in einer zum Teil deutlich reduzierten Gesamtfasernzahl, führte jedoch zu keiner funktionellen Beeinträchtigung.

Um Vergleiche zu morphologisch gesunden Nerven ziehen zu können, wurde zunächst die Faseranzahl/mm² für jede Gruppe errechnet (s. Anhang Tbl. 10) und mit den Werten aus der Literatur verglichen.

Bei den in vorliegender Studie untersuchten Nervenfasern ergab sich ein Mittelwert der rechten Seite von 8595,35/ mm² ± 1215,32/ mm² SD im Gegensatz zur linken Seite von 8600,10/ mm² ± 1138,49/mm² SD.

In der Literatur findet man vergleichbare Angaben bezüglich der Faseranzahl für intakte periphere Nerven. Junge erwachsene Kaninchen zeigen in einem Oberlippenast des N. facialis eine Faseranzahl von 9269/mm² (*Yamaguchi, 1982*), beim Menschen im Alter von 55 Jahren liegt sie im motorischen Anteil des Fazialisnervs im Meatus acusticus internus bei 8800/mm² (*Podvinec et al., 1982*). Bei einjährigen Hunden beträgt die Faseranzahl des N. peroneus und des N. ulnaris ca. 10000/mm² (*Braund et al., 1982*). Im Durchschnitt sieht man bei jungen Erwachsenen eine Faseranzahl von 7000-10000/mm² in peripheren motorischen Nerven (*Vital und Vallat, 1987*).

Wie oben erwähnt, zeigten sich in 13 mit dem Wasserstrahl präparierten Fazialisästen unterschiedlich stark ausgeprägte Schädigungen ohne Funktionsverlust. Darunter waren vier Nervenäste, die in ihrer Faseranzahl/mm² nur eine leicht von den errechneten Mittelwerten abweichende Faseranzahl boten (s. Pkt. 3.2.2.1.2-3, 3.2.3.1).

Bei fünf Ästen präsentierte sich eine deutlich reduzierte Faseranzahl gegenüber den Normalwerten. Der Verlust lag zwischen 21% und 46%. Ergo war jeweils über die Hälfte der Nervenfasern intakt (s. Pkt. 3.2.2.1.1-3, 3.2.3.1).

Vier Nerven hatten ausgeprägtere Faserverluste zu verzeichnen. Bei diesen zeigten sich nur noch 22% bis 45% der normalen Nervenfasern erhalten. Zwei Stirnäste, welche mit einem Düsendurchmesser von 150µm präpariert wurden, wiesen nur 26% bzw. 39% der ursprünglich vorhandenen Fasern auf (s. Pkt. 3.2.2.1.4). Zwei weitere Fazialisnerven, untere Mundäste der linken Seite, wurden mit einem Düsendurchmesser von 200µm behandelt. Die Nervenstruktur erwies sich bei beiden Ästen als stark geschädigt, 55% bzw. 78% der originären Nervenfasern waren zerstört (s. Pkt. 3.2.3.1).

Bei vorliegender Studie ließ sich feststellen, dass knapp ein Viertel (22%) der ursprünglichen Nervenfasern eines unteren Mundastes ausreichen, um noch eine Funktion zu gewährleisten.

Im Gegensatz dazu reichten 22% erhaltene Nervenstruktur eines Stirnastes der rechten Seite -mit einer 200µm-Düse operiert- nicht aus, um funktionstüchtig zu sein (s. Pkt. 3.2.3.2, Abb. 12). Hierbei handelte es sich jedoch fast ausschließlich um in Regeneration

befindliche Nervenfasern, welche sehr klein und dünn myelinisiert in Cluster geordnet erschienen.

Anscheinend lassen sich normal dick myelinisierte Fasern nicht durch kleine, dünn myelinisierte ersetzen (*Kaduk et al., 1999*). Erst wenn diese Nervenfasern eine bestimmte Myelindicke sowie Axondurchmesser erreicht haben, kann eine Funktion wieder hergestellt werden (*Spector et al., 1991*).

Demnach kann keine abschließende Aussage getroffen werden, wie viel der intakten Nervenstruktur tatsächlich vorhanden sein muss, damit es gerade zu keiner Funktionseinbuße führt. Wichtig für eine motorische Funktion erscheint jedoch eine gewisse Anzahl an ausreichend myelinisierten Fasern zu sein, deren Axone einen Mindest-Durchmesser aufzuweisen haben.

4.5 Schlussfolgerung

Bezug nehmend auf die anfangs formulierten Fragestellungen lassen sich die Ergebnisse in folgenden Punkten zusammenfassen:

Es bestehen keine morphologischen Unterschiede bei Vergleich der nicht geschädigten Fazialisäste beider Seiten.

Bei Vergleich der Nervenstämme und der Terminaläste zeigt sich jedoch, dass sich die Nervenfaserdurchmesser der Terminaläste gegenüber zu jenen der Hauptstämme deutlich verkleinern. Die Axone verjüngen sich nach peripher, ohne dass hierfür der Wasserstrahl bzw. die unterschiedlich angewandten Düsen- und Druckstärken ursächlich sein könnten.

Es lassen sich morphologische Auffälligkeiten bei einigen Nervenästen finden, die mit dem Wasserstrahl präpariert wurden.

Je nach Entnahmezeitpunkt der Nerven ließen sich degenerative oder schon regenerative Prozesse erkennen, welche durch eine fokale Schädigung hervorgerufen wurden. Am wahrscheinlichsten ist diese Schädigung durch die Einwirkung des Waterjets entstanden.

Anscheinend sind jedoch nicht die Düsen- oder Druckstärken der ursächliche Faktor, sondern zum einen die Präparationstechnik und zum anderen wahrscheinlich die Applikationszeit. Wird jedoch ein großer Düsendurchmesser von 200µm angewandt, so kommt es regelmäßig zu einer unterschiedlich stark ausgeprägten Schädigung der Nervenfasern. Dies scheint unabhängig von der Präparationstechnik und der Applikationszeit aufzutreten.

In unserer Studie reichten bei einem durch den Wasserstrahl geschädigten Nerv 22% erhaltene Nervenfasern der ursprünglich vorhandenen Fasern aus, um noch eine normale Funktion aufrecht zu erhalten.

Fazialispareesen sind eine häufige Komplikation nach Operationen an der Ohrspeicheldrüse. Neben temporärer Funktionseinschränkung des Gesichtsnerven kann es auch zu permanenten Lähmungen kommen.

Water-Jet-Dissektoren sind sowohl in der Industrie als auch in verschiedenen medizinischen Bereichen, wie unter anderem der Leberchirurgie oder der renalen Chirurgie im Einsatz. Dieses Verfahren lässt sich auch in der Parotischirurgie anwenden. Unter Schonung des Nervus facialis wird das Parenchym der Ohrspeicheldrüse durch den Wasserstrahl heraus geschwemmt.

Um den Einfluss der Wasserstrahlen auf die Nervenstruktur genauer zu erfassen und auftretende Veränderungen festzustellen, haben wir umfassende histomorphologische und histomorphometrische Untersuchungen durchgeführt.

Insgesamt standen 106 mit dem Water-Jet präparierte Gesichtsnerven von 14 Hunden zur Verfügung. Nach einem festgelegten Schema wurden bei der Parotisoperation unterschiedliche Düsen- und Druckparameter angewendet. Im Anschluss an eine postoperative Nachbeobachtungszeit von durchschnittlich 21 Tagen wurden von beiden Seiten jeweils der Nervenstamm, der Stirnast und beide Mundäste gewonnen.

Die Gewebepräparation der Nervenresektate erfolgte nach einer Standardmethode für EM-Präparate. Durch das Einbetten der gewonnenen Resektate in Kunstharz bestand die Möglichkeit, sowohl licht- als auch elektronenmikroskopische Untersuchungen durchzuführen. Mit Hilfe des Photomikroskops „Axiophot“ wurden die Fazialispräparate im Photo festgehalten. Zur anschließenden morphometrischen Auswertung nutzten wir das „TGZ 3“-Gerät der Firma Zeiss. Es wurden die Nervenfaserdurchmesser inklusive ihrer Markscheide gemessen und quantitativ erfasst.

Bei Vergleich der morphologisch und klinisch intakten Fazialisäste zeigten sich im Seitenvergleich sowohl der Hauptstämme als auch der Stirnäste sowie beider Mundäste keine morphologischen oder morphometrischen Unterschiede.

Nach den hier vorliegenden Ergebnissen scheint es eine Verschiebung von größeren Nervenfaserdurchmessern im Stamm zu kleineren Durchmessern in den Terminalästen hin zu geben. Dieses Phänomen ist bislang in der Literatur noch nicht beschrieben. Es scheint jedoch nicht durch den Einfluss der Wasserstrahltechnik bedingt zu sein.

Die Mehrzahl der Nervenpräparate, die mit einem Düsendurchmesser von 120µm bzw. 150µm operiert wurden, boten eine unbeschädigte Morphologie. Es ließen sich allerdings bei 7 Nervenästen Auffälligkeiten nachweisen. Je nach Entnahmezeitpunkt der Nerven fanden sich entweder vermehrt degenerative oder regenerative Prozesse, die sehr wahrscheinlich durch die schädigende Einwirkung des Wasserstrahls entstanden sind. Es kommt hierbei anscheinend zu einer Mikrozirkulationsstörung. Ein Funktionsverlust war jedoch bei keinem dieser Fazialisäste zu verzeichnen. Ein Nervenast hingegen zeigte sich fast komplett zerstört. Dies war auf einen intraoperativen Präparationsfehler bei annähernd senkrechter Strahlenführung zurückzuführen. Im Vergleich zu den mit einem Düsendurchmesser von 150µm dargestellten Nerven waren mehr als die doppelte Anzahl an Nervenästen, welche mit einem Düsendurchmesser von 120µm präpariert wurden, von einer morphologischen Schädigung betroffen. Dies könnte auf eine verlängerte Applikationszeit zurückzuführen sein. Die Fazialisstämme hingegen waren alle als unauffällig einzustufen. Es kam zu keinen histologischen Veränderungen bei ihrer Präparation mit einer Druckstärke von 40bar, unabhängig ob eine 120- oder 150µm-Düse angewandt wurde. Ob der geringe Druck und/oder die geringere Vulnerabilität der Stämme aufgrund ihrer Größe bzw. Dicke die Ursache hierfür waren, bleibt offen.

Somit scheint weder der Düsendurchmesser (120 oder 150µm) noch die Druckstärke (40, 60 oder 80bar) eine entscheidende Rolle bei der Parotidektomie mittels Water-Jet-Dissektor zu spielen. Vielmehr scheinen zum einen die Präparationstechnik, nämlich eine tangentielle versus senkrechte Strahlenführung, sowie andererseits auch die unterschiedlich lange Applikationszeit für die nervalen Schädigungen verantwortlich zu sein.

Wird jedoch ein großer Düsendurchmesser von 200µm genommen, so kommt es -unabhängig von der angewandten Präparation und der Applikationszeit- regelmäßig zu einer unterschiedlich stark ausgeprägten Schädigung der Nervenfasern.

Eine eindeutige Klärung der Frage, wie viel prozentualer Anteil der intakten Nervenfasernstruktur nach einer Schädigung vorhanden sein muss, um noch eine Funktion zu gewährleisten, ließ sich nicht herbeiführen. In unserer Studie reichten bei einem durch den Wasserstrahl geschädigten Nerv 22% der ursprünglichen Nervenfasernzahl aus, um eine intakte Funktion aufrecht zu erhalten.

1. Alajmo E, Polli G, De Meester W: Total parotidectomy-a routine treatment for parotid gland swellings? *J Laryngol Otol* 103, 181-186 (1989)
2. Alam M, Gheriani H, Curran A, O'Donnell M: Acute facial paralysis due to primary squamous cell carcinoma of the parotid gland. *Ir Med J* 100, 568-569 (2007)
3. Ansorge A: Fluid jet principles and application. *Nontraditional Machining*, 35-41 (1986)
4. Asaoka K, Sawamura Y, Nagashima M, Fukushima T: Surgical anatomy for direct hypoglossal-facial nerve side-to-end "anastomosis". *J Neurosurg*, 91, 268-275 (1999)
5. Basting RF, Corvin S, Antwerpen C, Djakovic N, Schmidt D: Use of water jet resection in renal surgery: early clinical experiences. *Eur Urol* 38, 104-107 (2000)
6. Braund KG, Luttgren PJ, Sorjonen DC, Redding RW: Idiopathic facial paralysis in the dog. *Vet Rec* 105, 297-299 (1979)
7. Braund KG, McGuire JA, Lincoln CE: Age-related changes in peripheral nerves of the dog, II. A morphologic and morphometric study of cross-sectional nerve. *Vet Pathol* 19, 379-398 (1982)
8. Braund KG, Steiss JE, Amling KA, Toivio-Kinnucan M, Case LC, Kemppainen RJ, Coleman ES: Insulinoma and subclinical peripheral neuropathy in two dogs. *J Vet Intern Med* 1, 86-90 (1987)
9. Braund KG, Mehta JR, Amling KA, Toivio-Kinnucan M: Morphologic and morphometric study of the facial nerve in clinically normal adult dogs. *Am J Vet Res* 52, 1879-1882 (1991)
10. Buskirk C van: The seventh nerve complex. *J Comp Neurol* 82, 303-333 (1945)
11. Castrini G, Pappalardo G, Trentino P, Verdi A, Dionisio P: Surgical treatment of parotid gland tumors. *Ital J Surg Sci* 15, 239-242 (1985)

12. Cheong JH, Kim JM, Bak KH, Kim CH, Oh YH, Park DW: Bilateral vidian nerve schwannomas associated with facial palsy. Case report and review of the literature. *J Neurosurg* 104, 835-839 (2006)
13. Darrouzet V, Duclos JY, Liguoro D, Truilhe Y, De Bonfils C, Bebear JP: Management of facial paralysis resulting from temporal bone fractures: Our experience in 115 cases. *Otolaryngol Head Neck Surg* 125, 77-84 (2001)
14. Debets MH, Munting DK: Parotidectomy for parotid tumours: 19-year experience from the Netherlands. *Br J Surg* 79, 1159-1161 (1992)
15. Dorairajan N, Periyasamy S, Muthayya P, Manikandan R, Srinivasan T, Siddharth D: Salivary gland tumors: a 10-year retrospective study of survival in relation to size, histopathological examination of the tumor, and nodal status. *Int Surg* 89, 140-149 (2004)
16. Dulguerov P, Marchal F, Lehmann W: Postparotidectomy facial nerve paralysis: possible etiologic factors and results with routine facial nerve monitoring. *Laryngoscope* 109, 754-762 (1999)
17. Eiffert H, Karsten A, Schlott T, Ohlenbusch A, Laskawi R, Hoppert M, Christen HJ: Acute peripheral facial palsy in Lyme disease - a distal neuritis at the infection site. *Neuropediatrics* 35, 267-273 (2004)
18. Ellenberger W, Baum H: *Handbuch der vergleichenden Anatomie der Haustiere*. Berlin, Springer-Verlag, 18. Auflage, 945-951, 964 (1974)
19. Ferreria JL, Maurino N, Michael E, Ratinoff M, Rubio E: Surgery of the parotid region: a new approach. *J Oral Maxillofac Surg* 48, 803-807 (1990)
20. Froberg U: Hydrodissektion als alternative Präparationsmethode in der ästhetischen Gesichtschirurgie. *Technikbeitrag*. [Hydrodissection as an alternative method in esthetic facial surgery. Technical contribution]. *Mund Kiefer Gesichtschir* 1, 281-283 (1997)
21. Gaillard C, Perie S, Susini B, St Guily JL: Facial nerve dysfunction after parotidectomy: the role of local factors. *Laryngoscope* 115, 287-291 (2005)
22. Grose C, Bonthius D, Afifi AK: Chickenpox and the geniculate ganglion: facial nerve palsy, Ramsay Hunt syndrome and acyclovir treatment. *Pediatr Infect Dis J* 21, 615-617 (2002)

23. Gundersen HJG: Notes on the estimation of the numerical density of arbitrary profiles: the edge effect. *Jmicroscop* 111, 219 (1977)
24. Harada Y, Kurokawa M, Yajin K: Regeneration of the Facial Nerve: a Transmission Electron Microscopic Study. *Disorders of the Facial Nerve*, New York, Raven Press, 153-163 (1982)
25. Hubert J, Mourey E, Suty JM, Coissard A, Floquet J, Mangin P: Water-jet dissection in renal surgery: experimental study of a new device in the pig. *Urol Res* 24, 355-359 (1996)
26. Ishman SL, Friedland DR: Temporal bone fractures: traditional classification and clinical relevance. *Laryngoscope* 114, 1734-1741 (2004)
27. Jakob S, Kehler U, Reusche E, Friedrich HJ, Arnold H: Endoskopischer Einsatz des Water Jet Dissektors im Hirnkammersystem-eine experimentelle Studie. [Endoscopic use of the water jet dissector in the cerebral ventricle system-an experimental study]. *Zentralbl Neurochir* 61, 14-21 (2000)
28. Jesnitzer FE, Louis H, Schikorr AW: Cleaning, drilling and cutting by interrupted jets. *Int Symposium on Jet Cutting Technology* 55 (1980)
29. Junqueira LC, Carneiro J, *Histologie*. Berlin Heidelberg, Springer-Verlag, 3. Auflage, 251-252, 266-268, 273-277 (1991)
30. Kaduk WM, Stengel B, Pohl A, Nizze H, Gundlach KK: Hydro-jet cutting: a method for selective surgical dissection of nerve tissue. An experimental study on the sciatic nerve of rats. *J Craniomaxillofac Surg* 27, 327-330 (1999)
31. Kern TJ, Erb HN: Facial neuropathy in dogs and cats: 95 cases (1975-1985). *J Am Vet Med Assoc* 191, 1604-1609 (1987)
32. Kjossev KT, Losanoff JE: Surgery for deeply located hydatid cysts of the liver: a simple alternative. *HPB Surg* 11, 307-310 (2000)
33. Kullman GL, Dyck PJ, Cody DT: Anatomy of the mastoid portion of the facial nerve. *Arch Otolaryngol* 93, 29-33 (1971)
34. Labus TJ, Pilarski R: Fluid jet technology for industrial applications. *Nontraditional Machining* 23-33 (1986)

- 35.Laskawi R, Arold R, Schröder M, Prange H: Praktisch relevante Elektrodiagnostik bei Fazialis- und Recurrensparesen. *Laryng Rhinol Otol* 64, 499-505 (1985)
- 36.Liao ZF, Huang DS: Nozzel device for the self excited ascillation of a jet. *Int Symposium on Jet Cutting Technology* 195-201 (1986)
- 37.Lipshitz I, Bass R, Loewenstein A: Cutting the cornea with a waterjet keratome. *J Refract Surg* 12, 184-186 (1996)
- 38.Lorenz KJ, Kresz A, Maier H: Hydrodissection for tonsillectomy. Results of a pilot study-intraoperative blood loss, postoperative pain symptoms and risk of secondary hemorrhage. *HNO* 53, 423-427 (2005)
- 39.Lotric-Furlan S, Cimperman J, Maraspin V, Ruzic-Sabljić E, Logar M, Jurca T, Strle F: Lyme borreliosis and peripheral facial palsy. *Wien Klin Wochenschr* 111, 970-975 (1999)
- 40.Magritz R, Jurk V, Reusche E, Siegert R: Water-jet dissection in parotid surgery: an experimental study in dogs. *Laryngoscope* 111, 1579-1584 (2001)
- 41.Makeham TP, Croxson GR, Coulson S: Infective cause of facial nerve paralysis. *Otol Neurotol* 28, 100-103 (2007)
- 42.Marchesi M, Biffoni M, Trinchi S, Turriziani V, Campana FP: Facial nerve function after parotidectomy for neoplasms with deep localization. *Surg Today* 36, 308-311 (2006)
- 43.May M: The facial nerve. New York, Gerorg Thieme Verlag, 1. Auflage, 63-83 (1986)
- 44.McCormack L, Selzner M, Clavien PA: Radical pericystic resection of hydatid cysts of the liver using the water jet device: a novel approach. *J Am Coll Surg* 200, 976-978 (2005)
- 45.Mehle ME, Kraus DH, Wood BG, Benninger MS, Eliachar I, Levine HL, Tucker HM, Lavertu P: Facial nerve morbidity following parotid surgery for benign disease: the Cleveland Clinic Foundation experience. *Laryngoscope* 103, 386-388 (1993)
- 46.Miller ME: Anatomy of the dog. Philadelphia London, W.B. Saunders Company, 135-137, 558-563, 656-658 (1977)

47. Millet D, Seid AB, Mandybur T: Electroneuronography and Nerve Excitability Tests in Experimentally Induced Facial Nerve Paralysis. Disorders of the Facial Nerve, New York, Raven Press, 99-104 (1982)
48. Moinzadeh A, Hasan W, Spaliviero M, Finelli A, Kilciler M, Magi-Galluzzi C, El Gabry E, Desai M, Kaouk J, Gill IS: Water jet assisted laparoscopic partial nephrectomy without hilar clamping in the calf model. J Urol 174, 317-321 (2005)
49. Mra Z, Komisar A, Blaugrund SM: Functional facial nerve weakness after surgery for benign parotid tumors: a multivariate statistical analysis. Head Neck 15, 147-152 (1993)
50. Nickel R, Schummer A, Seiferle E: Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. Berlin Hamburg, Paul Parey-Verlag, 267-274 (1975)
51. Nishisaka T, Yaukava M: Development of the use of water jet. The Water Jet Technology of Japan, 55-61 (1984)
52. O'Brien CJ, Malka VB, Mijailovic M: Evaluation of 242 consecutive parotidectomies performed for benign and malignant disease. Aust N Z J Surg 63, 870-877 (1993)
53. Oertel J, Gaab MR, Warzok R, Piek J: Waterjet dissection in the brain: review of the experimental and clinical data with special reference to meningioma surgery. Neurosurg Rev 26, 168-174 (2003)
54. Oertel J, Wagner W, Piek J, Schroeder H, Gaab M: Waterjet dissection of gliomas -experience with 51 procedures. Minim Invasive Neurosurg 47, 154-159 (2004)
55. Papachristou DN, Barters R: Resection of the liver with a water jet. Br J Surg 69, 93-94 (1982)
56. Podvinec M, Ulrich J, Pfaltz CR: Neuropathologic Findings in Bell's Palsy. Disorders of the Facial Nerve, New York, Raven Press, 207-219 (1982)
57. Popovtzer A, Raveh E, Bahar G, Oestreicher-Kedem Y, Feinmesser R, Nageris BI: Facial palsy associated with acute otitis media. Otolaryngol Head Neck Surg 132, 327-329 (2005)

- 58.Rau HG, Wichmann MW, Schinkel S, Buttler E, Pickelmann S, Schauer R, Schildberg FW: Wasserstrahldissektion bei Leberresektion: Ultraschallaspirator versus Jet-Cutter - Eine prospektiv randomisierte Studie - [Surgical techniques in hepatic resections: Ultrasonic aspirator versus Jet-Cutter. A prospective randomized clinical trial]. Zentralbl Chir 126, 586-590 (2001)
- 59.Roob G, Fazekas F, Hartung HP: Peripheral facial palsy: Etiology, diagnosis and treatment. Eur Neurol 41, 3-9 (1999)
- 60.Roscic Z, Beck-Mannagetta J, Falkensammer G: Einfluss der operativen Technik auf die Entstehung der postoperativen Fazialispareesen und des aurikulotemporalen Syndroms in der Parotischirurgie. [Effect of operative technic on the development of postoperative facial paralysis and the auriculotemporal syndrome in parotid surgery]. Fortschr Kiefer Gesichtschir 4, 3061-3064 (1985)
- 61.Shekarriz B, Shekarriz H, Upadhyay J, Wood DP Jr, Bruch HP: Hydro-jet dissection for laparoscopic nephrectomy: a new technique. Urology 54, 964-967 (1999)
- 62.Shekarriz H, Shekarriz B, Upadhyay J, Burk C, Wood DP, Bruch HP: Hydro-jet assisted laparoscopic partial nephrectomy: initial experience in a porcine model. J Urol 163, 1005-1008 (2000)
- 63.Shekarriz H, Shekarriz B, Kujath P, Eckmann C, Burk C, Comman A, Bruch HP: Hydro-Jet-assisted laparoscopic cholecystectomy: a prospective randomized clinical study. Surgery 133, 635-640 (2003)
- 64.Siegert R, Danter J, Jurk V, Eggers R, Kruger S: Dermal microvasculature and tissue selective thinning techniques (ultrasound and water-jet) of short-time expanded skin in dogs. Eur Arch Otorhinolaryngol 255, 325-330 (1998)
- 65.Siegert R, Magritz R, Jurk V: [Water-jet dissection in parotid surgery--initial clinical results]. Laryngoscope 79, 780-784 (2000)
- 66.Spector JG, Lee P, Derby A, Roufa DG: Early stages of facial nerve regeneration through silicone chambers in the rabbit. Laryngoscope 101, 1109-1123 (1991)
- 67.Spector JG, Lee P, Derby A, Friedrich GE, Neises G, Roufa DG: Rabbit facial nerve regeneration in NGF-containing silastic tubes. Laryngoscope 103, 548-558 (1993)

68. Stennert E, Limberg CH, Frentrup KP: Parese- und Defektheilungsindex. HNO 25, 238-245 (1977)
69. Sunderland S: Basic Anatomical and Pathophysiological Changes in Facial Nerve Paralysis. Disorders of the Facial Nerve, New York, Raven Press, 67-73 (1982)
70. Terhaard C, Lubsen H, Tan B, Merckx T, van der Laan B, Baatenburg de Jong R, Manni H, Knegt P: Facial nerve function in carcinoma of the parotid gland. Eur J Cancer 42, 2744-2750 (2006)
71. Toth S, Vajda J, Pasztor E, Toth Z: Separation of the tumor and brain surface by "water jet" in cases of meningiomas. J Neurooncol 5, 117-124 (1987)
72. Ulku CH, Uyar Y, Acar O, Yaman H, Avunduk MC: Facial nerve schwannomas: a report of four cases and a review of the literature. Am J Otolaryngol 25, 426-431 (2004)
73. Varkarakis JM, McAllister M, Ong AM, Solomon SB, Allaf ME, Inagaki T, Bhayani SB, Trock B, Jarrett TW: Evaluation of water jet morcellation as an alternative to hand morcellation of renal tissue ablation during laparoscopic nephrectomy: an in vitro study. Urology 63, 796-799 (2004)
74. Vital C, Vallat JM: Ultrastructural Study of the human diseased peripheral Nerve. New York, Elsevier, 2. Auflage, 5-20, 23, 27-39 (1987)
75. Vyhnanek F, Denmark L, Duchac V: [Technical aspects of the liver resection procedure--options for combinations of individual methods]. Rozhl Chir 85, 239-243 (2006)
76. Walther LE, Prosowsky K, Walther A, Gudziol H: Herpes zoster oticus: symptom constellation and serological diagnosis. Laryngorhinootologie 83, 355-362 (2004)
77. Wanner M, Jakob S, Schwarzl F, Honigmann K, Oberholzer M, Pierer G: Water jet dissection in fatty tissue. Swiss Surg 7, 173-179 (2001)
78. Wennmo C, Spandow O, Emgard P, Krouthen B: Pleomorphic adenomas of the parotid gland: superficial parotidectomy or limited excision? J Laryngol Otol 102, 603-605 (1988)
79. Wiggins RH 3rd, Harnsberger HR, Salzman KL, Shelton C, Kertesz TR, Glastonbury CM: The many faces of facial nerve schwannoma. Am J Neuroradiol 27, 694-699 (2006)

80. Wilhelm F, Holtkamp A, Darman J, Hanschke R, Duncker G, Pein A: Was kann der Wasserstrahl in der Kataraktchirurgie? [Potential of the water jet in cataract surgery]. *Ophthalmologie* 95, 721-724 (1998)
81. Wilhelm F, Holtkamp A, Theurer A, Darman J, Duncker G, Wilhelm L: Untersuchungen zur Belastung der Linsenkapsel durch den Waterjet. [Examination of resistance of the lens capsule against the waterjet]. *Ophthalmologie* 96, 640-642 (1999)
82. Wilhelm F, Holtkamp A, Duncker GI, Darman J Jr, Knorrn M: [Phacoemulsification of human lens nucleus with a water jet] *Ophthalmologie* 99, 286-288 (2002)
83. Wright JA: Ultrastructural findings in idiopathic facial paralysis in the dog. *J Comp Pathol* 98, 111-115 (1988)
84. Yamaguchi R: Muscular Contractile Force after Experimental Injuries of the Facial Nerve. *Disorders of the Facial Nerve*, New York, Raven Press, 167-177 (1982)
85. Yetiser S, Tosun F, Kazkayasi M: Facial nerve paralysis due to chronic otitis media. *Otol Neurotol* 23, 580-588 (2002)

7.1

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
Bsp.	Beispiel
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
cm	Zentimeter
DD	Düsendurchmesser
d.h.	das heißt
Dr. med.	Doktor der Medizinischen Wissenschaft
DS	Druckstärke
EM	Elektronenmikroskop
et al.	und Mitarbeiter
etc.	et cetera
evtl.	eventuell
ggf.	gegebenenfalls
li	links
M.	Musculus
M	Molalität
max.	maximal
min.	minimal
Mm.	Musculi
mm	Millimeter
MW	Mittelwert
µm	Mikrometer
N.	Nervus
Nn.	Nervi
o.g.	oben genannt
Pkt.	Punkt
Priv.-Doz.	Privatdozent
Prof.	Professor

R.	Ramus
re	rechts
s.	siehe
s. a.	siehe auch
SD	Standardabweichung
s. u.	siehe unten
sog.	so genannt
Tbl.	Tabelle
vs.	versus
z. B.	zum Beispiel
z. T.	zum Teil

7.2

Tabellen

Zähl- werk Nr.	"lin"			
	normal		verkleinert	
	I.Gr.	I.M.	I.Gr.	I.M.
1	1,21	1,49	+0,40	+0,50
2	1,76	2,04	+0,59	+0,68
3	2,32	2,59	+0,77	+0,86
4	2,87	3,14	0,96	1,05
5	3,42	3,70	1,14	1,23
6	3,97	4,25	1,32	1,42
7	4,52	4,80	1,51	1,60
8	5,08	5,35	1,69	1,78
9	5,63	5,90	1,88	1,97
10	6,18	6,46	2,06	2,15
11	6,73	7,01	2,24	2,34
12	7,28	7,56	2,43	2,52
13	7,84	8,11	2,61	2,70
14	8,39	8,66	2,80	2,89
15	8,94	9,22	2,98	3,07
16	9,49	9,77	3,16	3,26
17	10,04	10,32	3,35	3,44
18	10,60	10,87	3,53	3,62
19	11,15	11,42	3,72	3,81
20	11,70	11,98	3,90	3,99
21	12,25	12,53	4,08	4,18
22	12,80	13,08	4,27	4,36
23	13,36	13,63	4,45	4,54
24	13,91	14,18	4,64	4,73
25	14,46	14,74	4,82	4,91
26	15,01	15,29	5,00	5,10
27	15,56	15,84	5,19	5,28
28	16,12	16,39	5,37	5,46
29	16,67	16,94	5,56	5,65
30	17,22	17,50	5,74	5,83
31	17,77	18,05	5,92	6,02
32	18,32	18,60	6,11	6,20
33	18,88	19,15	6,29	6,38
34	19,43	19,70	6,48	6,57
35	19,98	20,26	6,66	6,75
36	20,53	20,81	6,84	6,94
37	21,08	21,36	7,03	7,12
38	21,64	21,91	7,21	7,30
39	22,19	22,46	7,40	7,49

39	22,19	22,46	7,40	7,49
40	22,74	23,02	7,58	7,67
41	23,29	23,57	7,76	7,86
42	23,84	24,12	7,95	8,04
43	24,40	24,67	8,13	8,22
44	24,95	25,22	8,32	8,41
45	25,50	25,78	8,50	8,59
46	26,05	26,33	8,68	8,78
47	26,60	26,88	8,87	8,96
48	27,16	27,43	9,05	9,14
	27,71		9,24	

Tbl. 5 Intervall-Grenzen (I.Gr.) und –Mitten (I.M.) für den normalen und verkleinerten Meßbereich des TGZ 3

Nerv	MW Hd.6	MW Hd.7	MW Hd.8	MW Hd.9	MW Hd.10	MW Hd.11	MWHd.12
Stirnast re	7,09	7,19	5,88	5,56		6,48	6,10
Oberer Mundast re		6,55	5,75	4,91	5,22	6,20	5,57
Unterer Mundast re	5,69	5,80	5,55	5,39		5,66	5,35
Stamm re	6,10	6,72	6,24	6,02	5,92	6,60	5,69
MW rechts	6,29	6,56	5,86	5,47	5,57	6,23	5,68
Stirnast li	6,03	6,88	6,67		5,94	6,97	5,91
Oberer Mundast li	6,20	6,53	4,88	5,03	5,58	5,67	
Unterer Mundast li	5,73		5,32	5,93	5,63	6,11	4,86
Stamm li	6,18	6,94	6,22	5,73	6,31	6,77	5,75
MW links	6,03	6,79	5,77	5,56	5,87	6,38	5,51
Nerv	MW Hd.13	MW Hd.14	MW Hd.15	MW Hd.16	MW Hd.17	MW re	SD
Stirnast re	6,06	6,66	6,41	6,62	6,41	6,40	0,49
Oberer Mundast re	5,22		6,04	5,77	5,32	5,66	0,51
Unterer Mundast re	5,11		5,90	5,91	5,64	5,60	0,26
Stamm re	5,58	6,17	6,93	6,47	5,71	6,18	0,43
MW rechts	5,49	6,42	6,32	6,19	5,77	5,99	0,39
						MW li	SD
Stirnast li	5,78	7,07			6,67	6,44	0,51
Oberer Mundast li	5,23	5,52	6,06	5,85	5,99	5,69	0,51
Unterer Mundast li	4,90	6,05	6,61	5,60	5,46	5,65	0,52
Stamm li	5,25	6,38			5,75	6,13	0,52
MW links	5,29	6,25	6,34	5,72	5,97	5,96	0,43

Tbl. 6 Mittelwerte (MW) und Standardabweichungen (SD) aller morphologisch und klinisch intakter Fazialisäste, die mit einem Düsendurchmesser von 120 bzw. 150µm präpariert wurden, getrennt nach einzelnen Hunden (Hd.)

Nerv	MW Hd.4	MW Hd.5
Stirnast re		2,27
Oberer Mundast re		1,89
Unterer Mundast re		6,21
Stamm re		
MW rechts		
Stirnast li	6,93	7,39
Oberer Mundast li	6,56	
Unterer Mundast li	6,79	6,22
Stamm li	6,48	6,74
MW links	6,69	6,78

Tbl. 7 Mittelwerte (MW) aller Fazialisäste, die mit einem Düsendurchmesser von 200µm präpariert wurden, getrennt nach einzelnen Hunden (Hd.)

120/150-er Düse	Testwert	Testwert %
Stamm	0,06140	6,140
Stirnast	0,06616	6,616
alle Mundäste	0,05723	5,723
obere Mundäste	0,05789	5,789
Untere Mundäste	0,05659	5,659
200-er Düse		
Stamm	0,06224	6,224
Stirnast	0,06860	6,860
Mundast	0,08083	8,083

Tbl. 8 Errechnete Werte der einzelnen Fazialisäste nach dem Kolmogoroff-Smirnoff-Test

120/150µm Düse	1µm	2µm	3µm	4µm	5µm	6µm	7µm	8µm	9µm	10µm	11µm
Stamm re	0,05	1,50	3,50	9,73	24,00	45,89	68,20	84,63	93,05	98,12	100
Stirnast re	0,08	1,33	2,80	8,93	23,21	44,11	63,30	80,91	91,22	97,64	100
Oberer Mundast re	0,03	1,33	3,11	11,13	32,17	61,46	84,62	95,66	98,95	99,78	100
Unterer Mundast re	0,12	1,81	3,55	11,04	31,84	62,06	85,66	96,27	98,92	99,82	100
Stamm li	0,06	1,28	2,97	9,52	25,66	50,57	72,96	87,33	94,53	98,80	100
Stirnast li	0,16	1,77	3,63	9,59	23,00	41,52	61,36	79,42	90,68	98,08	100
Oberer Mundast li	0,04	1,73	3,44	10,83	30,76	59,55	83,32	95,16	98,68	99,78	100
Unterer Mundast li	0,04	1,85	3,53	11,61	32,01	60,76	83,79	95,20	98,56	99,71	100

200µm Düse	1µm	2µm	3µm	4µm	5µm	6µm	7µm	8µm	9µm	10µm	11µm
Stamm li n=2	0,00	1,88	4,38	10,41	20,99	36,23	57,45	75,60	87,09	95,85	100
Stirnast li n=2	0,27	3,68	6,75	7,89	14,98	28,83	44,08	61,27	76,12	88,16	100
Untere Mundast li n=2	0,00	4,61	10,41	15,55	20,16	32,28	50,33	73,25	87,75	95,14	100

Tbl. 9 Kumulierte Prozentwerte der einzelnen Fazialisäste unterteilt nach ihrem Faserdurchmesser

	rechte Seite	linke Seite
Stamm	7961,9 ±SD 1845,82	8765,64 ±SD 2221,71
Stirnast	7230,45 ±SD 922,99	6950,58 ±SD 1043,43
oberer Mundast	9302,86 ±SD 1158,1	9202,29 ±SD 1066,48
unterer Mundast	9886,17 ±SD 929,53	9481,87 ±SD 2845,67

Tbl. 10 Mittelwert der Nervenfasernzahl pro mm² ±Standardabweichung (SD) der morphologisch intakten Nervenäste beider Seiten



Abb. 33 Ausschnitt aus einem histologisch geschädigten, jedoch klinisch intaktem Stirnast links nach Präparation mit einem Düsendurchmesser von 150µm und einem Druck von 60bar mit degenerativen Prozessen: gekennzeichnet durch zerfallende Axone und Myelinscheiden (EM, Originalvergrößerung x 3000)



Abb. 34 Ausschnitt aus einem histologisch geschädigten, jedoch klinisch intaktem Stirnast links nach Präparation mit einem Düsendurchmesser von 150µm und einem Druck von 60bar mit ersten regenerierenden Prozessen: gekennzeichnet durch Bildung von dünn myelinisierten/ noch nicht myelinisierten Axonen in Cluster geordnet (EM, Originalvergrößerung x 7000)

Herrn Prof. Dr. med. Dr. med. dent. R. Siegert möchte ich für die Überlassung des Themas danken. Mein besonderer Dank gilt Herrn Dr. R. Eggers für die intensive Betreuung und die Unterstützung in allen anatomischen Belangen. Ebenso möchte ich mich ganz besonders bei Frau Priv. Doz. Dr. med. M. Andratschke, die die begonnene Arbeit von Herrn Prof. Siegert übernommen hat, bedanken. Ohne sie hätte ich die Arbeit nicht mehr zum Abschluss gebracht.

Frau G. Knebel aus dem anatomischen Institut bin ich zu großem Dank für Ihre Hilfe bezüglich der Präparation der Nervenäste verpflichtet.

Zu guter Letzt möchte ich meinen Eltern danken, die mir das Studium erst ermöglicht haben und meinem Ehemann für die stets tatkräftige Unterstützung und Motivation, die Promotion doch noch zu Ende zu bringen.

9 Lebenslauf

I. Angaben zur Person

Name: Jana Lörken, geb. Kula
Geburtsdatum: 06.02.1971
Geburtsort: Frankfurt am Main
Familienstand: verheiratet mit Dr. Gero Lörken,
zwei Söhne
Konfession: römisch-katholisch
Nationalität: deutsch

II. Schulausbildung

1977-1990 Integrierte Gesamtschule Obere Aar, Taunusstein
Abitur

III. Ausbildung

1991-1992 Ausbildung zur Krankenpflegehelferin, Rotes Kreuz
Krankenhaus Wiesbaden

IV. Hochschulausbildung

seit 10/93 Studium der Humanmedizin;
Medizinische Universität zu Lübeck
08/95 Ärztliche Vorprüfung
03/97 Erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
08/99 Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
11/00 Dritter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung

V. ärztliche Tätigkeit

03/01-11/02	Ärztin im Praktikum Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde, Universitätsklinikum Lübeck
01/03-06/06	Assistenzärztin Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde, Universitätsklinikum Lübeck
seit 09/06	Fachärztin für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde
04/07-03/09	Assistenzärztin Abteilung Phoniatrie und Pädaudiologie, Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde, Universitätsklinikum Lübeck
seit 01/11	Assistenzärztin Abteilung Phoniatrie und Pädaudiologie am Werner Otto Institut, Hamburg

M. Andratschke, J. Lörken, R. Eggers, R. Magritz, R. Siegert, B. Wollenberg: Tierexperimentelle Untersuchungen am Hund zum Einfluss des Wasserstrahldissektors auf die Morphologie des N. facialis in Abhängigkeit des verwendeten Düsendurchmessers und des eingesetzten Druckes. HNO (2011) eingereicht

M. Andratschke, J. Lörken, R. Eggers, R. Magritz, R. Siegert, B. Wollenberg: Einflüsse des Wasserstrahljets auf die Histomorphometrie und Funktion des N. facialis. HNO (2011) im Druck